

372-46

A 37 f



Ministerio de Cultura y
Educación de la Nación

fuentes

PARA LA
TRANSFORMACION
CURRICULAR

C i e n c i a s
N a t u r a l e s

República Argentina - 1996

AUTORIDADES

MINISTRA DE CULTURA Y EDUCACIÓN DE LA NACIÓN
Lic. Susana Beatriz Decibe

SECRETARIO DE PROGRAMACIÓN
Y EVALUACIÓN EDUCATIVA
Dr. Manuel G. García Solá

SUBSECRETARIA DE PROGRAMACIÓN EDUCATIVA
Lic. Inés Aguerrondo

SUBSECRETARIA DE EVALUACIÓN
DE LA CALIDAD EDUCATIVA
Lic. Hilda Lanza

SUBSECRETARIO DE GESTIÓN EDUCATIVA
Prof. Sergio España

DIRECTORA GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
Dra. Cecilia Braslavsky

REPÚBLICA ARGENTINA
1996



Ministerio de Cultura y
Educación de la Nación

fuentes

PARA LA
TRANSFORMACION
CURRICULAR

Ciencias Naturales

República Argentina - 1996

Primera edición, agosto de 1996

Fuentes para la Transformación Curricular. Ciencias Naturales

INDICE

Presentación / 7

Fuentes para la Transformación Curricular. Ciencias Naturales / 9

Sara Aldabe Bilmes / 11

Marcelo Cabada / 59

Carlos Della Védova / 87

Alberto Kornblihtt / 129

Héctor Luis Lacreu / 179

Mario Marconi y Diego Harari / 201

Walter Mulhall / 251

Héctor Ranea Sandoval / 295

Humberto Riccomi / 351

Rodolfo Ugalde / 389

PRESENTACION

A partir de 1993 comenzó un proceso inédito de Transformación Curricular Federal, acorde con lo previsto por la Ley Federal de Cultura y Educación. Dicha ley dispuso que el Consejo Federal de Cultura y Educación, presidido por el Ministro de Cultura y Educación de la Nación, aprobara Contenidos Básicos Comunes para todo el país. Hasta ese entonces, los procesos de cambio curricular se realizaban en forma heterogénea y no coordinada en los diferentes contextos provinciales, desperdiciándose esfuerzos y energías, que podrían redituarse en un más profundo y extendido mejoramiento de la calidad de la educación nacional.

El primer paso de este nuevo proceso consistió en acordar en el seno del Consejo Federal de Cultura y Educación una metodología de trabajo. De acuerdo con ella, el proceso de elaboración de los Contenidos Básicos Comunes (CBC) debía tomar en cuenta diferentes fuentes: las necesidades y demandas de la población, el estado de avance del conocimiento y las buenas prácticas docentes.

Para eso se propuso realizar una serie de actividades que, mediante la consulta a distintos sectores, permitieran recabar información adecuada y actualizada. Se llevaron a cabo encuestas y entrevistas a organizaciones no gubernamentales, a empresarios y trabajadores, a jóvenes, a las familias, a investigadores, a académicos y a docentes.

La colección *Fuentes para la Transformación Curricular* presenta una parte importante de los resultados de esas consultas.

Los primeros volúmenes recogen los aportes de especialistas de más de veinte disciplinas, que fueron definidas por el Consejo Federal de Cultura y Educación como columnas vertebrales para la selección de los contenidos. Los especialistas consultados representan diferentes enfoques de cada campo y trabajan en instituciones diversas de todo el país. Cada uno de ellos consultó, a su vez, con un número de colegas, a partir de cuyos aportes concretó la propuesta.

Los volúmenes siguientes recogen aportes de las consultas e investigaciones acerca de las demandas que diferentes sectores de la sociedad argentina esperan que la educación atienda.

Los materiales que se publican sirvieron de base para elaborar borradores de trabajo que, luego de un arduo proceso de compatibilización, se transformaron en los Contenidos Básicos Comunes aprobados en diciembre de 1994 y revisados por primera vez en agosto de 1995. Los borradores se nutrieron también de propuestas curriculares renovadas a partir de 1984 y vigentes en varias jurisdicciones, y de contenidos básicos y diseños curriculares de otros países del mundo. Aquellos fueron discutidos por cientos de docentes en seminarios federales, regionales y provinciales.

Pero, además de ser utilizados como fuentes para la selección y organización de los CBC, los planteos y sugerencias que se recogen en esta colección contienen precisiones, comentarios, orientaciones pedagógico-didácticas, reflexiones y bibliografía, que serán de gran utilidad a lo largo de todo el proceso de transformación curricular que establece la Ley 24.195.

En efecto, los CBC constituyen el eslabón fundamental del *primer nivel de especificación curricular*, el que corresponde a los acuerdos nacionales. Son un punto de llegada, pero son también un punto de partida para una nueva etapa en el mejoramiento de la calidad y la promoción de la equidad, la eficiencia y la participación en la educación argentina.

En esta nueva etapa cabe ahora proceder a la adecuación o elaboración de los diseños curriculares a nivel de cada jurisdicción educativa, es decir, de las provincias y de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires. Esta adecuación o elaboración constituye el *segundo nivel de especificación curricular*. La colección *Fuentes para la Transformación Curricular* constituirá, sin duda, un adecuado material de consulta para el trabajo de los docentes y equipos técnicos que lo lleven adelante.

Al mismo tiempo que se lleva a cabo la adecuación o elaboración de los diseños curriculares provinciales, las escuelas comienzan a trabajar en el *tercer nivel de especificación curricular*, al desarrollar sus propios Proyectos Educativos Institucionales (PEI).

Muchos equipos de trabajo, constituidos por docentes al frente de aula, directores, supervisores, etc., desearán conocer con más detalle los aportes que realizaron académicos, profesores, jóvenes, familias, empresarios, investigadores, organizaciones no gubernamentales, que se publican en esta colección. Contrastarán sus ideas con las de ellos. Podrán ampliar su espectro de bibliografía a consultar. A todos ellos, también, van destinados los volúmenes de *Fuentes para la Transformación Curricular*.

Lic. Susana B. Decibe
Ministra de Cultura y Educación de la Nación

Fuentes para la Transformación Curricular.
Ciencias Naturales

Sara Aldabe Bilmes, Química

Doctora en Química, Universidad Nacional de Buenos Aires;
Investigadora Adjunta del CONICET. Profesora Asociada Regular
del Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química
Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

SUMARIO

- I. Enfoques para el abordaje de contenidos básicos curriculares desde la química
- II. Propuesta de Contenidos Básicos Comunes
 - 1. Introducción
 - 2. Objetivos
 - 3. Bloques de contenidos
- III. La Educación Polimodal
- IV. Contenidos para la formación docente
- Bibliografía
- Anexo 1: Conceptos fundamentales de la disciplina
- Anexo 2: Ejemplo de una secuencia sistema-concepto posible
- Anexo 3: Nómina de colegas consultados

I. ENFOQUES PARA EL ABORDAJE DE CONTENIDOS BASICOS CURRICULARES DESDE LA QUIMICA

Hacia fines del siglo XVII la ciencia se estableció en la sociedad de un modo definitivo: había adquirido un prestigio enorme, tenía su organización en las sociedades científicas, había desarrollado una disciplina de experimentación y de cálculo, método que supuestamente permitía resolver cualquier problema. Se suponía que de ahí en más los fundamentos de la ciencia podían ser apuntalados o alterados pero el edificio levantado sobre ellos era estable y el método general de su construcción era conocido.¹ A partir de las ideas de Newton se había derribado el sistema aristotélico. La insistencia en las matemáticas permitió lograr grandes éxitos en astronomía y en mecánica mientras que aquellos aspectos de la experiencia que no podían ser reducidos a las matemáticas tendían a ser ignorados, razón por la cual hubo escasos progresos en química y en biología.

La química “moderna”, racional y cuantitativa es la mayor contribución científica del período de la revolución industrial. El rasgo principal de la ciencia de los siglos XVIII y XIX consistió en dar lugar a la química como disciplina racional del pensamiento y de la práctica. En un sentido estrictamente práctico la química era muy antigua pero hasta fines del siglo XVIII careció de un cuerpo axiomático. Fue necesaria la acumulación de gran número de experiencias acerca de propiedades y transformaciones de gran variedad de sustancias. Una de las exigencias previa a una imagen racional de la química era la eliminación de las creencias mágicas y de los aspectos astrológicos y místicos que acompañaron a la alquimia.

Lavoisier introdujo un principio fundamental: el de la conservación de la masa y demostró que el conjunto de fenómenos de la química podía ser ordenado según una ley de combinación de los elementos conocidos hasta entonces, iniciando un proceso de racionalización similar al llevado a cabo para la física a principios del

¹ J. D. Bernal, 1973, *Historia social de la ciencia*, Península, Barcelona.

siglo XVII. A partir de Lavoisier la química queda unida a la física y esta unión se refuerza cuando Dalton establece que todos los compuestos químicos están formados por átomos, extendiendo el principio de conservación de la masa para cada elemento, que es válido para todos los isótopos no radiactivos. Finalmente, a comienzos del siglo XIX Kekulé propone la noción de estructura molecular. A esta altura ya existían casi todos los pilares para desarrollar la química “clásica”. Sólo faltaba agregar la descripción de los aspectos energéticos de las transformaciones químicas: la termodinámica, a través del primer y del segundo principio y del concepto de calor. A fines del siglo XIX y comienzo del siglo XX los intentos por comprender la estructura atómica dieron lugar a la revolución más profunda que sufrió la física desde Newton. La revolución científica del siglo XX produjo un fuerte impacto en la química. Su integración a la física, a través de las herramientas teóricas y experimentales de esta disciplina, se volvió más notable, sin perder por ello su identidad. Con la elaboración de la teoría cuántica se pudo comenzar a describir los átomos y las moléculas como entidades con formas y tamaños propios, fue posible vincular la reactividad con la distribución de átomos y densidad de carga en el espacio y se pudieron comprender las propiedades macroscópicas de la materia a partir de su estructura microscópica. El cambio más significativo fue el asociado a la comprensión de la interacción de la radiación con la materia, que la química ha empleado para desarrollar métodos de exploración de moléculas y de reacciones químicas. Sobre estos fundamentos se levantó el edificio de la química, estrechamente vinculada a la física y fuertemente incentivada por la industria.

Desde un punto de vista conceptual, se podría considerar a la química como una rama de la física, dedicada al estudio de algunos sistemas materiales. El ámbito de la química abarca un intervalo restringido de temperaturas. Típicamente, la temperatura máxima de interés en química es aquella a la cual tiene validez el concepto de molécula: no va más allá de algunos miles de grados centígrados, y más usualmente temperaturas apreciablemente menores. Excepto en geoquímica y en algunos aspectos restringidos de la química inorgánica, rara vez los sistemas químicos están caracterizados por temperaturas superiores a los 1000 °C. El límite inferior de temperaturas es también difuso, pero las temperaturas muy próximas a 0 K (-273 °C) caracterizan a sistemas muy poco proclives al cambio químico, y la “química de bajas temperaturas” está esencialmente restringida a la resolución de estructuras de compuestos químicos.

Básicamente la química es la ciencia que estudia el cambio, las transformaciones en ciertos sistemas materiales. El cambio está presente en los fenómenos cotidianos, en los materiales que conforman el mundo que nos rodea, en los procesos vitales: la lluvia se transforma en nieve cuando baja la temperatura; el dióxido de carbono se transforma en glucosa en las plantas iluminadas; nos calefacciona-

mos con combustibles que se “queman” en presencia de oxígeno; se extraen compuestos de las plantas y de los animales que pueden emplearse como medicamentos; se producen materiales plásticos, materiales rígidos, materiales conductores de la electricidad, materiales magnéticos. Se transforman materiales incoloros en materiales coloreados,...

A. Einstein escribió con L. Infeld un famoso libro de divulgación de la física: *La física como aventura del pensamiento*. Sin duda esa aventura es válida para todas las ciencias naturales y por extensión podemos dar una primera aproximación a la química: la química es una *aventura del pensamiento*. Por supuesto que esto dista de ser una definición. Es más bien un recordatorio importante que debe guiar los criterios de enseñanza de esta ciencia: incentivar la curiosidad por la comprensión del mundo que nos rodea y la indagación sobre nuestra capacidad de racionalizar y sistematizar la descripción del comportamiento de la naturaleza. Estas consideraciones son válidas para las ciencias naturales en forma global. Dada la unidad conceptual que las vincula, la enseñanza de todas ellas debiera estar fuertemente interrelacionada. Es más, la motivación para el estudio de todas ellas debe ser la comprensión del mundo material, razón por la cual la enseñanza unificada debería ser una meta hacia la cual se debería tender.

La aventura del pensamiento generó el concepto de elemento químico y, como consecuencia inevitable de este concepto, la teoría atómica-molecular. También proporcionó la aplicación del cuerpo de la termodinámica a la predictibilidad y cuantificación de los procesos de cambio. El enfoque tradicional de la química, basado en estos conceptos tiene una limitación que comienza a ser reconocida en la segunda mitad del siglo XX: los fenómenos naturales no pueden ser explicados por la combinación o por la superposición de los modelos desarrollados para los sistemas simples.

Esta limitación tiende a ser superada cuando se toma en cuenta el “papel creativo del tiempo”,² la irreversibilidad y el concepto de entropía como función de orden-desorden. Clásicamente se asociaba el orden al equilibrio (los cristales) y el desorden al no-equilibrio (la turbulencia). Hoy sabemos que es inexacto: la turbulencia a veces es un fenómeno altamente estructurado en el cual millones y millones de partículas se insertan en un movimiento extremadamente coherente. Surge así una descripción posible para el universo que evoluciona: es el universo del no-equilibrio, un universo coherente. En este universo aparecen las inestabilidades, las bifurcaciones, cada una llevando a la aparición de nuevas estructuras, estructuras de no-equilibrio o estructuras disipativas. Los resultados son probabilís-

² I. Prigogine, 1992, *El nacimiento del tiempo*, Tusquets, Barcelona 1993, e I. Prigogine e I. Stengers, 1992, *Entre el tiempo y la eternidad*, Alianza, Buenos Aires.

ticos y no deterministas. Aparecen nuevos conceptos: atractores, atractores extraños, dimensiones fractales (no enteras) y, a diferencia de los siglos pasados, estos conceptos se difunden rápidamente a través de los medios de comunicación masiva.

Bernal³ refiriéndose al establecimiento de la ciencia en el siglo XVII basado en una disciplina de cálculo y de experimentación plantea que el desafío de la ciencia del siglo XX es derribar el sistema de Newton al igual que éste destruyó el sistema aristotélico. Sin duda, la idea del universo del no-equilibrio abre las puertas a concebir la posibilidad de no determinismo en los fenómenos naturales así como la imposibilidad de reducirlos a combinaciones de eventos sencillos. Este es el estado actual de la aventura del pensamiento que a su vez plantea preguntas para la enseñanza de la química y de las ciencias naturales en general. ¿Cómo transmitir estas ideas? ¿Hasta qué nivel de profundidad se debe insistir con la ciencia determinista de los siglos pasados?

El interés por la química proviene de la fascinación por el cambio, por la producción de transformaciones, por la búsqueda de nuevos compuestos: nuevos materiales, nuevos fármacos, nuevos procesos. Llegamos así a una segunda aproximación a la química: la química es la *ciencia del cambio*, de las transformaciones incesantes que sufre la materia en nuestro entorno en las condiciones del planeta Tierra. Pertenecen al ámbito de la química los procesos que condujeron a la formación de minerales, los procesos que permiten la existencia de la vida. Y estos temas son también motivadores: la transformación de minerales y la alfarería fueron probablemente las primeras prácticas químicas de la humanidad. Entender las bases moleculares de la vida, hasta el punto limitado que lo permite la ciencia actual, es una de las fronteras del conocimiento en las postrimerías del siglo XX.

La ciencia del cambio es tan vieja como la humanidad: el fuego es el primer cambio químico que el hombre empleó para mejorar su calidad de vida. Al fuego para calentarse y cocer los alimentos siguieron la alfarería, las metalurgias rudimentarias, así como la pólvora, como hitos que señalan la evolución cultural del hombre primitivo. Con esto llegamos a la tercera aproximación a la química: la química como *herramienta de transformación del mundo material* para satisfacer las necesidades materiales del ser humano. La revolución industrial y la actual sociedad posindustrial han generado un hombre inmerso en la química, que usa a la química para satisfacer sus requerimientos materiales siempre crecientes. En la actualidad, el hombre necesita tener una familiaridad adecuada con los materiales que la tecnología química ha ido generando: los polímeros sintéticos, los metales, los materiales biodegradables, los pesticidas, los antibióticos, etc.

³ Ob. cit.

Esta aproximación a la química presenta dos situaciones contrapuestas: la química para mejorar la calidad de vida y la química para la destrucción de la vida: el fuego y los antibióticos opuestos a la pólvora y a la contaminación. Dentro de esos extremos se encuentra una infinidad de grises: los pesticidas, los freones, los polímeros sintéticos, etc., para los cuales es necesario realizar un análisis crítico para establecer si contribuyen a mejorar la calidad de vida o a destruirla. En la actualidad, la química es la disciplina que se asocia a la imagen negativa de contaminación, desechos tóxicos, agujero de ozono, etc. Esta imagen negativa lleva incluso a oscurecer la imagen positiva de la química vinculada con la producción y conservación de alimentos, la producción de medicamentos, la elaboración de materias primas, la producción de materiales sintéticos. La aplicación masiva de antibióticos, pesticidas y fertilizantes ha permitido alargar notablemente la expectativa de vida y producir alimentos en cantidades inimaginables a comienzos del siglo. La química no es buena ni mala en sí; sus aplicaciones concretas están condicionadas por factores sociales y económicos que tienen consecuencias negativas de contaminación. Se conocen en la actualidad alternativas no contaminantes a procesos que no se llevan a la práctica por razones socioeconómicas.

La evolución posindustrial ha generado una vuelta de tuerca que nos lleva a una cuarta aproximación a la química: la química como *herramienta para la preservación de la vida*. Esta aproximación incluye tanto la limpieza y protección del aire, del agua y del suelo como el aprovechamiento inteligente de los demás recursos naturales: alimentos, combustibles, minerales, etc.

Estas dos últimas aproximaciones que hemos presentado se correlacionan con dos actitudes del hombre frente a la naturaleza, que han comenzado a debatirse en las postrimerías de este siglo: el hombre autoexcluido de la naturaleza, intentando dominarla; el hombre como parte de la naturaleza, procurando mejorar su calidad de vida. Este debate trasciende el marco de la química pero requerirá sin duda un conocimiento general de la disciplina por parte de la población para una participación consciente que repercutirá en las decisiones políticas y económicas de cada región.

En los párrafos anteriores hemos bosquejado cuatro aproximaciones a la química como ciencia natural relacionada con las estructuras socioeconómicas a través de la tecnología y de la elaboración de los recursos naturales:

- La química como aventura del pensamiento.
- La química como la ciencia que estudia los cambios en el mundo material.
- La química como herramienta de transformación del mundo material (desarrollo de tecnologías).
- La química como herramienta para la preservación de la vida (uso racional de los recursos naturales y protección del medio ambiente).

Sobre estos pilares que contienen una estrecha relación con las disciplinas que conforman tanto las ciencias naturales como las ciencias sociales, debiera encararse una parte de la formación de aptitudes en los futuros adultos del siglo XXI proveyéndoles los conocimientos y las actitudes necesarias para insertarse en un mundo dinámico y con gran acceso a la información a través de los medios de comunicación.

Como todas las disciplinas científicas, la química tiene un cuerpo de principios, leyes, conocimientos fácticos y metodologías experimentales que pueden en principio ser descritos mediante un cuerpo axiomático. Sin embargo, históricamente, el conocimiento no fue adquirido en forma lógica. Tampoco es aprehendido a partir de primeros principios. Más bien resulta de un proceso iterativo que parte de la curiosidad, o de la necesidad de conocer algún hecho, o de comprender un determinado fenómeno, para ir abriéndose en una secuencia de preguntas y respuestas aproximadas que sugieren nuevas preguntas y nuevas respuestas aproximadas, etc.

En este proceso iterativo la experimentación, como herramienta para indagar a la naturaleza, juega un papel fundamental. La química es una ciencia experimental; entendiendo por experimento al conjunto de procedimientos que permiten una exploración del mundo material. En la actualidad estos procedimientos abarcan a las viejas tradiciones alquimistas (destilación, filtración), los métodos de la física (espectroscopías, medición de propiedades de la materia) y técnicas de simulación numérica que han sido aportadas por el desarrollo de la informática. Como parte de las ciencias naturales, la química pretende describir el mundo material: la observación inteligente y la exploración del mundo material proveen, por lo tanto, el insumo que conduce a formular las preguntas y que permite evaluar críticamente las respuestas.

La industria química (petroquímica, farmacológica y procesamiento de alimentos) es la principal actividad económica de la humanidad actual. Los seres vivos pueden ser considerados como los más complejos reactores químicos existentes y todas sus transformaciones tienen una base a nivel molecular. La comprensión de las bases de los fenómenos químicos tienen, por lo tanto, importantes consecuencias económicas y sociales y es imprescindible para una correcta situación intelectual del hombre actual.

II. PROPUESTA DE CONTENIDOS BASICOS COMUNES

1. Introducción

Los bloques de contenidos que se describen en este capítulo para las etapas formativas correspondientes a la EGB y Polimodal se basan en la siguiente idea central:

La química es una ciencia que estudia las propiedades y procesos de la materia, y para una primera aproximación, los bloques de contenidos están constituidos por los *sistemas materiales* que se procura comprender y explicar a partir de la química, y no por los *conceptos* que ha ido desarrollando la disciplina para vertebrar una descripción del mundo material. Los conceptos surgen como una consecuencia lógica de la exploración de los sistemas.

A su vez, la articulación entre los diferentes bloques de contenidos se estructura a través de tres ejes: el procedimental, el actitudinal y el conceptual o cognitivo.

Este esquema, además de integrar los diversos aspectos que conforman un proceder en química, y en ciencias naturales en general, permite reforzar la apropiación por parte del estudiante del carácter inductivo del proceso científico, que parte de la observación y la experimentación para establecer o formalizar conceptos globales.

La selección de los bloques de contenidos se correlaciona con el desarrollo de las habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales de la disciplina a partir de las cuatro aproximaciones indicadas en la parte I. Los bloques ilustran las transformaciones y el devenir de los sistemas materiales; exploran el medio ambiente, los recursos naturales, y el uso —y abuso— de ellos por el hombre, y requieren de la aventura del pensamiento, implícita en la construcción de un edificio para una descripción del mundo material.

El agrupamiento de contenidos en bloques enmarcados en sistemas materiales resalta que la química no es abstrusa y que todo individuo posee un conocimiento previo de la disciplina. Tiene como meta estimular la curiosidad, el placer de comprender un hecho y la necesidad de una formalización de ese conocimiento previo para realizar predicciones sobre el comportamiento de cualquier sistema material. Este agrupamiento facilitaría la apropiación de estrategias para la inte-

rrogación a la naturaleza y un entrenamiento para realizar críticas a la validez de los modelos propuestos para la explicación de un fenómeno.

Sobre esta base, se propone abordar la química a partir de los bloques de contenidos definidos por los siguientes sistemas materiales:

1. El agua
2. El aire
3. La corteza terrestre
4. Los seres vivos
5. Los recursos naturales, su transformación y los nuevos materiales
6. El medio ambiente

Los sistemas materiales que definen cada bloque de contenidos son además motivadores por su impacto en el desarrollo y posterior evolución de la calidad de vida del hombre en la Tierra. En los primeros cuatro bloques se introducen los conceptos fundamentales pertenecientes al cuerpo básico de la fisicoquímica, la química inorgánica, la química orgánica y la química biológica. Los dos últimos bloques son conceptos integradores.

Los bloques no son autocontenidos. En la mayoría de los casos hay interconexiones entre ellos y con otras disciplinas del área, y no necesariamente deben ser entendidos como una propuesta secuencial. Además, una propuesta de bloques de contenidos basada en estos sistemas permitirá una integración directa con otras disciplinas, sean o no del área.

El proceso de conceptualización implica una serie de etapas que no necesariamente se dan en esta secuencia:

- Reconocimiento del evento: sistema o transformación que dispara una o varias preguntas.
- Exploración y búsqueda de información sobre el evento (bibliografía, consulta directa, experimentación)
- Elaboración de un modelo que representa al evento. La elaboración de un modelo suele surgir de la conexión entre las ideas provenientes de la información que se dispone sobre el evento.

En este marco, los modelos que se generan son fundamentalmente dinámicos: se modifican, se refinan o se reemplazan a medida que se adquiere mayor información. Esta actividad requiere del individuo la capacidad de conectar la información que va adquiriendo con los modelos previamente elaborados. En muchos casos es necesario destruir y reelaborar los modelos primitivos.

Cada bloque involucra una serie de conceptos. Algunos pueden ser trabajados en varias etapas de la EGB, partiendo del reconocimiento hasta la formalización. Otros permanecerán en el estadio de reconocimiento aun en la polimodal.

Como ya se mencionó, los bloques están vertebrados a través de ejes cada uno de los cuales está vinculado con los procedimientos empleados en la disciplina, con las actitudes que se espera reforzar a través de la disciplina y con los conceptos fundamentales de la disciplina.

El *eje procedimental* está relacionado con las formas de interrogación, de diálogo con la naturaleza. Tiene como objetivo reforzar el carácter de exploración constante que tiene la ciencia, en la que aprender a formular las preguntas es casi más importante que aprender a responderlas. Este eje se completa con el desarrollo de métodos y de técnicas experimentales, que sirvan para extraer las respuestas a las preguntas formuladas a la naturaleza.

El *eje actitudinal* está relacionado con el desarrollo de la curiosidad y la responsabilidad, con el placer de aventurarse en el conocimiento, y con la aceptación de las limitaciones que impone el mundo material a nuestros deseos. Estas actitudes no son específicas de la disciplina, más bien son globales y deberían trabajarse en todas las áreas con sus modalidades y particularidades propias. En el juego de interrogación a la naturaleza debe surgir la aceptación de la respuesta, como algo no susceptible de ser modificado en función de nuestros deseos y necesidades, así como el reconocimiento del sesgo personal que se imprime en la interpretación de las observaciones. Las implicancias de esta actitud son muy vastas y llevan, por ejemplo, a la valoración de nuestro propio trabajo, a la seguridad en la defensa de lo que consideramos correcto o verdadero. Este eje apunta a fortalecer un juicio ético contra la mentira y el engaño, y a valorar la dinámica del conocimiento, la crítica y la autocrítica.

El *eje cognitivo* es un conjunto de conceptos fundamentales de la disciplina (algunos lo son de las ciencias naturales en general). Estos conceptos surgen y se elaboran a lo largo de los bloques y están explícita o implícitamente incorporados dentro de cada bloque, dentro de cada descripción de un sistema material. Son los que permiten describir las magnitudes fundamentales del mundo material así como el comportamiento y organización del mismo:

1. Masa
2. Energía
3. Tiempo
4. Estructura
5. Transformación

a los que se agregan otros conceptos, de alguna forma subsidiarios de los anteriores:

6. Equilibrio
7. Evolución: reversibilidad e irreversibilidad
8. Interacciones (partícula-partícula y partícula-radiación, partícula-medio).

En el Anexo 1 se presenta una descripción detallada de estos conceptos.

En síntesis, los ejes que articulan a los bloques de contenidos representan una forma de transitar por el mundo que nos rodea que es propia de la disciplina y, por lo tanto, no son una mera definición “dictada en clase” sino que están presentes en cada instante del proceso de enseñanza. En este contexto, el lenguaje propio de la química, expresado por sus símbolos propios, pasa a ser una vía de comunicación efectiva, un código que no necesita ser explicitado *a priori*.

Obviamente, esta propuesta presupone su ejecución en ambientes apropiados (acceso a la experimentación, acceso a bibliografía de divulgación científica) y por docentes comprometidos con la educación integral de sus educandos, creativos y abiertos a nuevas ideas.

2. Objetivos

En un contexto muy amplio, los objetivos globales que se propone lograr a través de la disciplina y que no son exclusivos de la química, están fundamentalmente relacionados con la formación de una actitud general de:

- valoración del conocimiento (propio y de los demás);
- valoración de la interrogación y la duda;
- flexibilidad para adaptar y reelaborar los conocimientos;
- crítica y manejo responsable de la información;
- preservación del ser humano y del medio ambiente;
- rechazo absoluto al falseamiento de la información;
- curiosidad y tenacidad;
- seguridad y confianza en las habilidades propias;
- capacidad para tomar decisiones en situaciones problemáticas que incluyen variables interrelacionadas o no.

En cuanto a lo específico de la disciplina, los contenidos de los bloques articulados por los ejes apuntan a que, frente a cualquier sistema material, un individuo pueda:

- reconocer cuando ocurre una transformación;
- diseñar una estrategia exploratoria;

- buscar información en la bibliografía;
- extraer los puntos relevantes del material bibliográfico;
- describir una transformación;
- caracterizar los estados previo y posterior a una transformación;
- relacionar los estados previo y posterior de una transformación;
- identificar las variables que influyen sobre el carácter de una transformación;
- reconocer variables controlables y variables dependientes;
- estimar el orden de magnitud de una variable dependiente;
- identificar cuali y cuantitativamente la composición de los estados inicial y final;
- reconocer el intercambio de energía entre el sistema y el medio circundante;
- identificar la forma en que se libera o se consume energía durante una transformación;
- reconocer formas de degradación de energía;
- evaluar la escala de tiempo en que se produce la transformación;
- vincular la estructura de la materia con las transformaciones que puede experimentar;
- identificar hasta qué punto se produce la transformación;
- reconocer las condiciones en que puede revertirse una transformación;
- formular procedimientos para aislar componentes del sistema;
- realizar mediciones sencillas de algunas propiedades;
- estimar el error con que se realiza una medición;
- presentar los resultados de la exploración del sistema;
- interpretar gráficos y diagramas.

Por otra parte, el logro de estos objetivos lleva a una propuesta más amplia:

- elaborar modelos que interpreten observaciones realizadas;
- criticar modelos propuestos para la explicación de un evento;
- reconocer las limitaciones de un modelo;
- expresar las condiciones de contorno e hipótesis involucradas en un modelo;
- diseñar estrategias para confirmar o rechazar un modelo.

3. Bloque de contenidos

En función de todo lo antedicho, los bloques de contenidos están seleccionados para reforzar:

- 1) La información y los conocimientos que todos los alumnos poseen por su experiencia previa.

- 2) La generación de conceptos e ideas como un proceso natural para sistematizar y racionalizar (“comprender”) esa información.
- 3) La adquisición de las habilidades procesales en ciencia.

A continuación se detallan los contenidos de cada uno de los bloques y los objetivos que se propone alcanzar. Dentro de cada bloque se especifican aspectos descriptivos del sistema y los conceptos relacionados. En muchos casos los conceptos aparecen en más de un bloque, lo cual permite realizar análisis y modelos con distinto nivel de profundidad, contemplando las variables propias de cada sistema. Dentro de cada bloque es posible generar una secuencia contenido-concepto. Se propone un ejemplo en el Anexo 2.

BLOQUE 1: EL AGUA

Desde una perspectiva histórica, el agua es el primer sistema natural que despier- ta la curiosidad del hombre. Agua y aire están presentes y son indispensables pa- ra la vida sobre la Tierra tal como la concebimos actualmente. A diferencia del ai- re, el agua es un sistema observable directamente, “tangible”, que además ha jugado un papel fundamental en el origen de la vida sobre el planeta.

En este bloque de contenidos se incorporan los conceptos relacionados con so- luciones y con las propiedades fisicoquímicas tanto del solvente como de las solu- ciones ya que en la naturaleza el agua rara vez se encuentra como sustancia pura sino que contiene especies disueltas y especies en suspensión. La presencia de es- pecies disueltas aun en muy bajas proporciones altera las propiedades fisicoquí- micas del agua y esto, además de proveer explicaciones a numerosos hechos de la vida cotidiana (anticongelantes, cocción de alimentos), es un concepto generaliza- ble para cualquier solvente.

Tanto la descripción como el aprovechamiento de las propiedades de las solu- ciones acuosas requieren la definición de algunos de los conceptos propios de la química tales como solubilidad y acidez. Estos conceptos proveen herramientas muy poderosas para la comprensión de fenómenos naturales, de procesos tecno- lógicos y de estabilidad de materiales frente al agua. Particularmente, el concepto de acidez (pH) y su regulación resulta indispensable para la comprensión de los procesos biológicos debido a que los mismos siempre se desarrollan en medios acuosos de pH controlado por las especies presentes y una alteración en el pH tie- ne serias consecuencias en los fenómenos vitales.

La compartimentalización de soluciones por membranas permeables al agua está directamente relacionada con las reacciones químicas que ocurren dentro de la célula, con su consiguiente especificidad.

El origen de la vida así como las reacciones biológicas están íntimamente ligados al medio acuoso y a las reacciones de óxido-reducción (transferencia de carga entre especies disueltas) que ocurren en las soluciones acuosas. Este tipo de reacciones también pertenece al mundo inorgánico que nos rodea, especialmente cuando se observa el deterioro de materiales.

Las reacciones de óxido-reducción, conjuntamente con la propiedad de conducción de la corriente eléctrica de las soluciones iónicas permiten transformar energía química (almacenada en los enlaces moleculares) en energía eléctrica y viceversa, propiedad en la cual se fundamentan muchos procesos industriales (galvanoplastia) así como la fabricación de pilas y acumuladores.

Contenidos

- Los cursos de agua. Idea de soluciones y de suspensiones. Concepto de pH como variable para la construcción de una escala de acidez. Concepto de solubilidad. Concepto de reacciones redox.
- El agua en la naturaleza: vapor de agua, agua líquida, hielo. Sus interconversiones. Densidad de los líquidos. Concepto de fluidez (viscosidad). Ciclo del agua en la naturaleza. Conservación de la energía en ese ciclo. La hidroelectricidad.
- El concepto de solución. Ejemplos conocidos: el alcohol en agua, el azúcar o la sal en agua. Concepto de concentración. Aguas saladas, salobres y dulces. Concepto de solubilidad. Modificación de las propiedades fisicoquímicas de un solvente por la presencia de especies disueltas. Flujo de solvente a través de membranas semipermeables.
- Conducción de electricidad por el agua y las soluciones acuosas. Concepto de sales y de iones. Electrólisis.
- Soluciones ácidas: vinagre, jugo gástrico, jugo cítrico, ácidos minerales. Soluciones alcalinas: lavandina, amoníaco, hidróxido de sodio. Concepto de pH. Valores típicos de pH. Neutralización de soluciones ácidas con soluciones alcalinas. El pH de la sangre y su regulación. El pH del agua de mar y su regulación.
- Reacciones de oxidación en soluciones acuosas. Oxidación de materia orgánica. Respiración de microorganismos y peces. Oxidación de iones. Oxidación por oxidantes distintos al oxígeno. La reducción como el fenómeno inverso a la oxidación. La fotosíntesis. El agua en la “sopa primitiva”.

Objetivos

- reconocer la existencia de distintos estados de la materia;
- identificar los distintos estados de la materia por sus propiedades;

- reconocer la existencia de soluciones;
- reconocer e identificar solutos y solventes;
- reconocer la solubilidad de compuestos en solventes;
- reconocer reacciones químicas con transferencia de carga;
- describir consecuencias del movimiento de la transformación de carga;
- reconocer las variables que afectan a la solubilidad;
- identificar propiedades fisicoquímicas de soluciones acuosas (conductividad, punto de ebullición, punto de fusión, ósmosis, ácido-base);
- predecir modificaciones en el punto de ebullición y punto fusión de soluciones;
- reconocer la permeación del agua a través de membranas;
- identificar y estimar la acidez de una solución;
- identificar reacciones de oxidación.

El logro de estos objetivos permitirá realizar posteriormente un análisis crítico de sistemas naturales o de procesos que involucran sistemas acuosos:

- aguas naturales: ríos, mares, lluvia, nubes;
- potabilización;
- agua y enfermedades endémicas: (agregado de Flúor y Iodo para prevención de enfermedades);
- contaminación de agua por desechos industriales, agrícolas, humanos, etc.;
- agua para producir energía;
- productos de limpieza: jabones, detergentes, etc;
- anticongelantes;
- formación de sarro en cañerías.

BLOQUE 2: EL AIRE

La atmósfera es un sistema material de gran importancia por sus consecuencias en la evolución de la vida sobre la Tierra. A diferencia del agua, la atmósfera ha sufrido una evolución desde los orígenes del planeta hasta nuestros días siendo la atmósfera actual una consecuencia directa de la evolución de la vida sobre la Tierra.

Los gases son sistemas relativamente sencillos por la debilidad de las interacciones moleculares. Su “intangibilidad” suele dificultar su estudio pero, por otra parte, su sencillez permite la elaboración de modelos simples con cierto nivel de abstracción. Su descripción permite introducir los conceptos necesarios para la comprensión de los sistemas gaseosos, donde presión, volumen y temperatura son

variables relacionadas entre sí (para los otros estados de la materia, este vínculo no es significativo resultando ser prácticamente despreciable).

Las moléculas que componen los gases de la atmósfera son muy sencillas por lo cual es posible realizar una descripción microscópica simple y acertada de las mismas, con lo cual las moléculas se convierten en cuerpos geométricos con átomos distribuidos en el espacio. Esta noción de molécula puede ser luego extendida a moléculas más complejas, especialmente a las moléculas de interés biológico, y estudiar su estructura (como la doble hélice del ADN).

La noción de aire como una solución de gases compuesta por un gas muy poco reactivo como el nitrógeno y un gas muy reactivo como el oxígeno permite comprender la noción de reactividad y la necesidad de un espaciador entre puntos reactivos. La diversidad de reacciones en las que participa el oxígeno, tanto a nivel biológico como en el área de los materiales inorgánicos naturales y sintéticos puede resumirse mediante el concepto de reacciones de oxidación y de especies oxidantes. Como caso particular, la combustión permite explicar la transformación de energía química en energía térmica (calor) con sus consecuencias en la obtención de energía para realizar procesos industriales o metabólicos.

La interacción de la radiación electromagnética con la materia puede producir diversos fenómenos, desde la absorción de luz y su transformación en energía térmica hasta reacciones fotoquímicas. Los gases de la atmósfera son los sistemas más sencillos con los cuales pueden ejemplificarse estos procesos que permiten explicar, entre otros, la fotosíntesis, el efecto invernadero y las consecuencias del agujero de ozono.

Contenidos

- La atmósfera. Idea de gases. Idea de fotoquímica. Idea de combustión.
- Exploración de los hechos conocidos sobre la atmósfera. Concepto de densidad. Densidad de los gases. Concepto de presión. Concepto de temperatura. Leyes de los gases ideales: limitaciones del modelo. Los gases de la atmósfera. Noción de molécula como agrupación de átomos. Forma, volumen y masa de las moléculas de O_2 , N_2 , CO_2 , H_2O , NH_3 .
- Las reacciones químicas en las que participan los componentes de la atmósfera. Combustión; oxidación.
- El papel de la atmósfera en el intercambio de energía de la Tierra con el espacio exterior. La energía del sol. Concepto de radiación electromagnética, aprovechando las ideas que ya conocen: luz, radiación ultravioleta, radiación infrarroja, ondas de radio, microondas. El espectro de la luz visible y el espectro solar. La absorción de radiación por las moléculas. El calor. Las reacciones fotoquímicas: el ozono.

- Suspensiones de partículas sólidas y líquidas en gases. Su importancia como centros disparadores de reacciones químicas.

Objetivos

- reconocer la existencia del estado gaseoso;
- relacionar volumen, presión y temperatura para una masa de gas;
- identificar cambios de fase;
- reconocer la existencia de átomos y moléculas;
- describir los efectos de la interacción de la radiación electromagnética con la materia;
- reconocer reacciones de combustión;
- reconocer reacciones de oxidación;
- reconocer reacciones fotoquímicas.

El logro de estos objetivos permitirá realizar posteriores análisis críticos acerca de:

- el oxígeno y la vida;
- procesos de combustión;
- el agujero de ozono;
- el efecto invernadero;
- la fotosíntesis;
- la respiración.

BLOQUE 3: LA CORTEZA TERRESTRE

En este bloque se describe el mundo “sólido” que nos rodea. Indagando sobre rocas, suelos, etc., se presentan los conceptos más importantes relacionados con la estructura y las propiedades de los sólidos. La gran variedad de elementos químicos que aparecen en este bloque se usa para introducir la Tabla periódica y los conceptos más importantes de la química inorgánica (o química mineral, en sus orígenes). Este bloque también resume y organiza algunos de los contenidos mencionados a lo largo de los bloques anteriores.

A diferencia de los bloques anteriores que estaban centrados en unos pocos compuestos químicamente diferentes, el mundo de los sólidos permite introducir la diversidad dentro de los compuestos inorgánicos. Esta diversidad que surge de las combinaciones entre los elementos está a su vez relacionada con la estructura (en este caso estructura cristalina) de los compuestos la cual determina las propiedades de los materiales y por lo tanto sus posibles aplicaciones.

Contenidos

- La corteza terrestre. Idea de sólidos cristalinos. Cómo se explora la estructura de un sólido. Tendencias comunes de los elementos: la Tabla periódica. Elementos radiactivos; energía nuclear.
- Composición de la corteza terrestre. Formas de presentación de los elementos químicos en la corteza. Estructura de algunos sólidos típicos: cloruro de sodio, carbonato de calcio, sílice. Minerales, rocas, suelos, sedimentos. Yacimientos. Metales y aleaciones. Propiedades de los metales. Soluciones sólidas. Métodos para explorar la estructura de los sólidos: los rayos X. El interior de la Tierra; energía geotérmica.

Objetivos

- reconocer la existencia de átomos y moléculas;
- identificar fases ordenadas;
- reconocer interacciones entre átomos y moléculas;
- relacionar la solubilidad de una sal en agua con su estructura;
- identificar variables que influyen en la formación de fases ordenadas;
- predecir el comportamiento de soluciones sobresaturadas;
- relacionar la solubilidad de un sólido con la temperatura;
- reconocer la formación de óxidos metálicos;
- para los elementos más comunes, relacionar su ubicación en la Tabla periódica con su reactividad frente al oxígeno;
- describir propiedades de óxidos metálicos;
- relacionar la energía de los rayos X con su aplicación para explorar estructuras cristalinas;
- reconocer la existencia de núcleos inestables (radiactivos);
- asociar el decaimiento radiactivo con la producción de energía.

El logro de estos objetivos permitirá analizar críticamente sistemas relacionados con:

- rocas, minerales y arcillas;
- formación de yacimientos;
- contaminación de aguas naturales;
- usos de materiales sólidos de acuerdo con sus propiedades;
- centrales nucleares;
- beneficios y peligros de la radiactividad.

BLOQUE 4: LOS SERES VIVOS

Este bloque describe la química de los seres vivos para lo cual es necesario hacer una introducción a la química orgánica. En este caso particular, el bloque está pensado para una fuerte interrelación con la biología por lo cual debiera formar parte de un bloque integrado con esa disciplina. Se enfatiza la aplicabilidad de las leyes más generales (conservación de la energía, conservación de la masa), a la vez que ilustra el carácter de estructuras disipativas de los seres vivos.

La diversidad de compuestos que resultan de combinar unos pocos elementos se manifiesta a través de las diferentes propiedades, especialmente en cuanto a su reactividad. Este es un punto de partida para comprender el origen y la evolución de la vida. En este caso es particularmente importante reforzar las nociones de estructura molecular, es decir la noción de molécula con forma, ocupando un lugar en el espacio y con diferentes puntos reactivos de acuerdo con los grupos que contiene. Esto permite explicar la especificidad de las reacciones biológicas y por lo tanto de los compuestos sintéticos que se emplean especialmente en medicina y en agroquímicos.

Contenidos

- Composición química de los seres vivos. Los compuestos de carbono. Las cadenas de carbono, lineales y los ciclos. Moléculas pequeñas y macromoléculas. Algunos compuestos orgánicos importantes: alcoholes, ácidos carboxílicos, aminas. Hidratos de carbono, lípidos. Moléculas orgánicas combinadas con iones metálicos. Algunas moléculas complejas: clorofila, hemoglobina, DNA.
- Las reacciones químicas en los seres vivos: la energía puesta en juego en las reacciones metabólicas. Fermentación, descomposición de materia orgánica. La selectividad de las reacciones bioquímicas, las enzimas y la catálisis. Concepto de velocidad de reacción. Compartimentalización de las reacciones biológicas. Importancia de la estructura (primaria, secundaria y terciaria) de las moléculas y su relación con procesos vitales. Moléculas informacionales y moléculas autorreplicativas.

Objetivos

- reconocer funciones orgánicas sencillas;
- reconocer la formación de polímeros;
- identificar variables que afectan a la velocidad de una reacción;
- describir la influencia de un catalizador;
- identificar procesos de absorción; liberación y almacenamiento de energía;

- realizar balances energéticos;
- identificar estructuras disipativas;
- reconocer la participación de compuestos inorgánicos en procesos vitales.

Los dos bloques siguientes tienen como objetivo que, para cualquier bien de consumo producido por tecnologías basadas en procesos químicos, un individuo pueda realizar un balance entre el costo ambiental y el beneficio en la calidad de vida.

Ambos bloques presentan una larga lista de temas relacionados con el uso, la transformación y el costo ambiental de los recursos naturales. En estos bloques no se introducen conceptos nuevos sino que se refuerzan los desarrollados en los bloques anteriores, empleándolos para resolver situaciones diferentes a aquellas. Por supuesto, no se pretende que todos los temas sean tratados en los cursos de la Educación Básica y Polimodal más bien se espera que el docente realice una selección de contenidos en función de las motivaciones de los alumnos, el desarrollo de la región, o la coordinación e integración con otras disciplinas.

BLOQUE 5: LOS RECURSOS NATURALES, SU TRANSFORMACION Y LOS NUEVOS MATERIALES

Este bloque ilustra los procedimientos que ha empleado y emplea el hombre para transformar la materia, y a través de esa transformación lograr una mejor calidad de vida. La descripción volverá a llevarnos a los combustibles químicos, ya que en el marco de la sociedad actual, la disponibilidad de “quemar” energía define crucialmente el nivel de vida, pero nos llevará también a descubrir el origen, modos de modificación y de propiedades de los materiales que definen nuestro modo de vida: metales, plásticos, semiconductores, productos químicos y farmacéuticos, cerámicos, etc.

Contenidos

- Las tecnologías químicas. Metalurgias extractivas. Petroquímica. Productos farmacéuticos.
- Breve descripción de la evolución de la química en la historia de la humanidad. El fuego. Las edades de la prehistoria y los materiales: la piedra, el bronce, el hierro. La pólvora. El carbón. El petróleo como combustible y como materia prima para obtener otros materiales. Los materiales totalmente sintéticos.
- La metalurgia. Procedimientos para extraer los metales. Tipos de metales según la Tabla periódica. Soluciones sólidas: el acero y las aleaciones en general. Los

usos de los metales. Las propiedades de los metales: propiedades mecánicas, propiedades eléctricas, propiedades magnéticas.

- La energía en la extracción de los elementos metálicos. Ejemplo del aluminio. El fenómeno inverso: la corrosión. Pasividad de los metales. Cómo elegir qué metal o aleación es adecuada para cada uso.
- La industria petroquímica. Los combustibles. Los polímeros sintéticos.
- La industria farmacéutica. Tipos de medicamentos más importantes: analgésicos, antibióticos, corticoesteroides. Vitaminas. Vacunas. Materias primas.
- Los materiales. Metales. Plásticos. Materiales magnéticos. Cerámicos. Materiales de uso masivo: cemento, porcelana, loza, vidrio.
- Materiales avanzados: cristales líquidos, fibras ópticas, superconductores.

BLOQUE 6: EL MEDIO AMBIENTE

En este bloque se explorará en más detalle las consecuencias de la actividad descrita en el bloque 5, especialmente cuando el uso de la tecnología prioriza indiscriminadamente la generación de bienes por sobre su impacto ambiental.

Contenidos

- El hombre y el medio ambiente. Nociones de toxicidad y ecotoxicidad de compuestos químicos. Desbalances en el uso de recursos naturales. Tecnologías ecológicamente aceptables. Limpieza del medio ambiente.
- Contaminación del aire: orígenes y tipos. La lluvia ácida. El agujero de ozono.
- Contaminación del agua: metales pesados, materia orgánica. Contaminación bacteriana (el cólera). Insecticidas, herbicidas.
- Tóxicos y venenos. Ejemplos: el monóxido de carbono, el cianuro, la toxina botulínica. Modos de acción. La generación de esas sustancias por actividad humana.
- Envenenamientos crónicos: el mercurio y otros metales pesados. Qué es la ecotoxicología. Acumulación en la cadena trófica.
- Radiactividad: uso racional y descontrol.
- Cómo purificar el aire. Cómo purificar el agua. Cómo consumir alimentos seguros.

III. LA EDUCACION POLIMODAL

Para esta etapa educativa se propone trabajar con los mismos bloques de contenidos que para la anterior, manteniéndose la articulación a través de los ejes ya definidos. Ahora se trata de encarar la construcción de un cuerpo de conceptos formalizados mediante modelos expresables por ecuaciones.

En esta etapa se enfatizan los procedimientos de cálculo de magnitudes fisicoquímicas haciendo hincapié en el modelo empleado, en los supuestos: hipótesis y condiciones de contorno, implícitos en la predicción de valores de las magnitudes de un sistema.

Por otra parte, en esta etapa se enfatiza en la descripción microscópica de los eventos y esto necesariamente lleva a profundizar el trabajo con la noción de molécula. En la etapa anterior se reconoció la existencia de moléculas, ahora se trata de reconocer a éstas como entidades con forma, tamaño y zonas con diferente densidad de carga y, a partir de este reconocimiento, identificar centros reactivos (reactividad de grupos funcionales), interacciones entre moléculas (cristales, doble hélice del ADN).

También será necesario reconocer que los cálculos de magnitudes, obtenidos mediante la aplicación de modelos diseñados para sistemas simples y aislados no son directamente aplicables a sistemas complejos. Podremos estudiar y predecir el comportamiento de una solución de NaCl en agua pero no podemos reducir la descripción del agua de mar a la suma de una solución NaCl y soluciones de otros componentes. Esto apunta a afirmar el carácter no reduccionista de los fenómenos naturales y a preparar a las nuevas generaciones para un cambio en la concepción de la ciencia.

El conocimiento científico ha ganado un espacio dentro de la sociedad. Actualmente se reconoce que para mantener y mejorar la calidad de vida se requiere de la ciencia; paralelamente, al haber satisfecho ciertas necesidades básicas, el ser humano ha incrementado su preocupación por explicar los fenómenos naturales, la diversidad de transformaciones de la materia y encontrar los límites y orígenes

del universo y de la vida. Es común encontrar suplementos de divulgación científica en los periódicos. Esta valoración del conocimiento no debería quedar aislada de la enseñanza sino más bien la enseñanza debe apuntar, al menos, a la comprensión, discusión de las ideas contenidas en un artículo de divulgación y a rechazar explicaciones mágicas, místicas o esotéricas.

Los objetivos generales y particulares definidos para la EGB son retomados en esta etapa, agregándose los de:

- reconocer y describir moléculas como entidades en el espacio;
- asociar variables moleculares con la estructura de la materia;
- predecir cualitativamente interacciones entre grupos moleculares;
- reconocer condiciones de equilibrio;
- expresar relaciones entre variables para sistemas en equilibrio;
- reconocer procesos irreversibles y procesos reversibles;
- relacionar irreversibilidad con la posibilidad de producir trabajo;
- relacionar variables moleculares y reactividad;
- predecir cuali y cuantitativamente el grado de avance de una reacción.

A continuación se describen los objetivos específicos que se propone alcanzar en cada bloque:

BLOQUE 1: EL AGUA

Objetivos

- vincular los cambios de estado de materia con su estructura molecular;
- reconocer la aplicabilidad de los modelos de cálculo a sistemas en equilibrio;
- predecir cualitativamente la solubilidad de un sólido en un líquido; estimar la solubilidad de un gas o de un sólido;
- predecir cuantitativamente cambios en el punto de ebullición y punto de fusión de soluciones;
- predecir el sentido del flujo de un solvente a través de una membrana semipermeable;
- predecir cualitativamente las propiedades ácido base de una solución;
- estimar el pH de una solución acuosa;
- reconocer soluciones reguladoras de pH;
- describir el proceso de regulación de pH;
- estimar el pH de una solución reguladora;

- predecir la oxidación o la reducción de una molécula por otra;
- estimar la energía producida por un proceso redox;
- diseñar una pila;
- diseñar una celda electrolítica;
- describir la transformación de energía química en energía eléctrica y viceversa.

BLOQUE 2: EL AIRE

Objetivos

- describir y aplicar el modelo de gases ideales;
- verificar la aplicabilidad del modelo de gases ideales;
- describir reacciones de combustión;
- describir reacciones de oxidación;
- describir cualitativamente la absorción y emisión de radiación electromagnética;
- describir reacciones fotoquímicas.

BLOQUE 3: LA CORTEZA TERRESTRE

Objetivos

- describir interacciones entre molécula y su relación con la formación de fases ordenadas;
- predecir tendencias en las propiedades de sólidos inorgánicos;
- predecir cualitativamente la probabilidad de formación de un óxido por exposición del metal al aire;
- identificar variables que influyan en la formación de óxidos metálicos;
- relacionar la emisión radiactiva con las características de un nucleido;
- describir cualitativamente procesos de fusión y fisión nuclear;
- construir ciclos para expresar el intercambio de energía al cabo de una transformación;
- estimar la energía que se consume o se libera durante una transformación.

BLOQUE 4: LOS SERES VIVOS

Objetivos

- relacionar funciones orgánicas sencillas con su reactividad;

- reconocer interacciones en los grupos funcionales de una misma molécula y relacionarlas con la estructura;
- expresar la velocidad de una reacción química a partir de resultados experimentales;
- asociar grupos funcionales con la selectividad de las reacciones bioquímicas;
- expresar la velocidad de una reacción química a partir de resultados experimentales;
- relacionar velocidad de reacción y temperatura;
- reconocer isómeros estructurales y funcionales;
- relacionar la forma molecular (estereoquímica) con la selectividad de las reacciones enzimáticas;
- relacionar la estructura de las moléculas con su capacidad de contener información;
- relacionar la estructura molecular con las propiedades autorreplicativas.

IV. CONTENIDOS PARA LA FORMACION DOCENTE

La transmisión de los contenidos básicos propuestos en los capítulos anteriores requiere de docentes capacitados en la disciplina: en los contenidos y conceptos, pero también, y especialmente, entusiasmados por resolver y generar problemas. Con esta premisa, el currículo no quedaría definido por los contenidos; es delineado por cada docente a través de su interacción con los estudiantes y del uso conveniente del material didáctico.

La condición necesaria para lograr una buena educación en ciencias naturales es un docente capaz de transmitir aquellos valores que se pretenden de los alumnos: entusiasmo, curiosidad, rigurosidad, espíritu crítico, placer por el conocimiento y placer por el trabajo. Por este motivo, es esencial que el docente se sienta suficientemente seguro de sus conocimientos para permitirse una actitud abierta frente a la duda, a los cambios de ideas, al intercambio y a la confrontación de ideas.

En base a esto, los docentes a cargo de la transmisión de los conceptos básicos de la disciplina en el nivel correspondiente a la EGB deberán tener una sólida formación básica equivalente a la propuesta para la etapa polimodal y requerirán de una actualización permanente, preferentemente a cargo de especialistas y/o divulgadores, y de un acceso rápido a la información reciente. Un docente que pueda contar con publicaciones del tipo *Ciencia Hoy* o *Scientific American* (edición en castellano) en la biblioteca de su escuela podrá no sólo estar actualizado sino, a través de su ejemplo, motivar a sus alumnos a la lectura sistemática.

Los docentes a cargo de cursos de la etapa polimodal requieren de un manejo aún más fluido de la disciplina que les permita realizar debates mucho más profundos de los contenidos y sus vinculaciones con los fenómenos naturales o tecnológicos. Para una transmisión efectiva requieren además haber vivenciado el desafío de la generación de conocimiento. Por este motivo es aconsejable que los docentes a cargo de cursos en la etapa polimodal hayan adquirido, aunque sea parcialmente, una formación dentro del ámbito donde se investiga y se genera el conocimiento: la universidad. Estos docentes deberían formarse conjuntamente

con los futuros licenciados o doctores en química y adquirir los hábitos, conocimientos y metodologías que se alcanzan hacia mediados de la carrera de química de la universidades nacionales. La implementación de esta propuesta permitiría contar con docentes que han recibido la formación e información de “primera mano” y no a través de una cadena de transmisores de información que finalmente la distorsiona y la reduce a dogmas, definiciones formales cuya incorporación no genera ningún tipo de placer ni despierta curiosidad o entusiasmo.

Para estos docentes se propone entonces una formación equivalente a (tomando como base los de la Licenciatura en Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires) los cursos de:

- Química General e Inorgánica I
- Química General e Inorgánica II
- Química Orgánica I
- Química Orgánica II
- Química Analítica
- Química Biológica
- Análisis Matemático I
- Análisis Matemático II
- Cálculo numérico
- Física I
- Física II

La realización de estos cursos durante un lapso de aproximadamente 3 años, lleva a adquirir los fundamentos de la disciplina con un apropiado nivel de formalización y con la adquisición de las habilidades básicas de experimentación usualmente empleadas en química.

La formación de un docente para la enseñanza de química en la etapa polimodal debiera completarse con cursos informativos (porque no implican la adquisición de nuevos conceptos sino su utilización en problemas particulares) de química ambiental (química de sistemas acuosos naturales, química de suelos, química de la atmósfera) y de química tecnológica (procesos industriales de síntesis y extracción, su impacto económico y su impacto ambiental). Asimismo sería imprescindible que un docente para esta etapa educativa contara con una información pertinente sobre el desarrollo de las ideas científicas a lo largo de la historia de la humanidad. Por último, dado que lo que se pretende es que el docente sea capaz de transmitir actitudes propias de la investigación científica, sería altamente aconsejable que antes de iniciarse en la transmisión del conocimiento realizara una pasantía en algún laboratorio de investigación donde deba realizar, con la supervi-

sión apropiada, un pequeño trabajo de investigación que tenga por objeto la resolución de un problema y no la redacción de una monografía sobre la base de bibliografía.

Esta propuesta contiene implícitamente una valorización y una jerarquización de la función docente tanto en la EGB como en la etapa polimodal que debiera reflejarse tanto en las exigencias como en las remuneraciones a los docentes.

BIBLIOGRAFIA

Si bien existen en el país numerosos libros de química para la escuela secundaria y libros de ciencias naturales para la escuela primaria, los pocos que conozco no se adaptan al enfoque planteado para la disciplina. Un libro que, en mi opinión refleja parcialmente la concepción de la disciplina a nivel de la formación polimodal es el realizado por la American Chemical Society para la “*high school*” norteamericana: CHEMCOM, 1988, *Chemistry in the community*, Dubuque, Iowa, Kendall-Hunt Publ.

Para el nivel polimodal también es recomendable la sección “high school” del *Journal of Chemical Education*, editado mensualmente por la American Chemical Society.

Para la formación docente, en un primer nivel, se recomienda el manejo de libros básicos de química general tales como:

ATKINS, P. W., 1992, *Química General*, Addison Wesley Iberoamericana.
BARROW, G. M., 1968, *Química Comprensible*, Reverté.
BARROW, G. M., 1975, *Química General*, Reverté.
BRADY, J., G. Humiston, *Química básica. Principios y estructura*.
MORTIMER, *Química*, 1983, Grupo editor Iberoamericano.

Una visión más amplia de la química por parte de los docentes, especialmente de los responsables de la educación polimodal requiere la profundización de temas en libros más especializados, sin que por ello sean textos de difícil comprensión:

ATKINS, P. W., 1987, *Fisicoquímica*, Addison Wesley Iberoamericana.
BARROW, G. M., 1975, *Química física*, Reverté.
DAVIS, K, J. A. DAY, 1965, *Agua, espejo de la ciencia*, Buenos Aires, EUDEBA.
FESSENDEN, FESSENDEN, 1990, *Química orgánica*, Grupo editor iberoamericano.

GARRELS, C. CHRIST, 1965, *Solutions, minerals and equilibria*, Harper and Row.

LEHNINGER, *Química biológica*.

HERZ, W., 1966, *The Shape of carbon compounds*, Benjamin.

KING, E., 1966, *How Chemical reactions occur*, Benjamin.

MOORE, W., 1967, *Seven Solid States*, Benjamin Inc.

STUMM, W., R. Morgan, *Aquatic Chemistry*.

WAYNE, *Atmospheric Chemistry*.

ANEXO 1

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA DISCIPLINA

1. Masa

En física, la masa es un invariante del movimiento. La masa dista de ser un concepto trivial, pero para la química elemental basta con la idea operacional: la masa es lo que se mide con la balanza. El uso de la balanza marcó el nacimiento de la química como una ciencia moderna, a través de los experimentos de Lavoisier que demostraron que en una transformación química —la calcinación de las “cales”— la masa se conservaba, y que las “cales” eran la combinación de “la parte más pura del aire” —el oxígeno— con los metales —que hasta entonces habían sido considerados como la combinación de las cales con el flogisto—.

La teoría atómico-molecular de Dalton no hizo otra cosa que establecer que la ley de conservación de la masa se cumplía para cada elemento químico.

2. Energía

En la mecánica, la energía es también un invariante del movimiento. En química, el principio de conservación de la energía es tan fundamental como el principio de conservación de la masa. A diferencia de la masa, la energía sufre una degradación desde energía útil para realizar trabajo hacia energía asociada al movimiento térmico de las moléculas. Esa evolución marca la flecha del tiempo, e introduce el concepto de cambio irreversible en sistemas materiales.

3. Tiempo

A través de la degradación de la energía los sistemas materiales van cambiando con el tiempo. Los ritmos, las velocidades de cambio, son aspectos cruciales de los sistemas materiales complejos. Los sistemas químicos son sistemas eminentemente dinámicos, no estáticos, y los aspectos temporales definen la viabilidad de existencia de sistemas materiales organizados, como los seres vivos.

4. Estructura

La pregunta sobre la estructura de la materia se remonta a las primeras especulaciones filosóficas de la humanidad. La ciencia (y la química en especial) tiene una visión concreta de la estructura de la materia. Todos los compuestos químicos están constituidos por átomos (en una variedad de alrededor de 92) dispuestos en el espacio de manera de constituir estructuras perfectamente definidas. En muchos casos, la asociación de un número pequeño de átomos constituye una molécula, que es la unidad elemental. Las moléculas tienen masa, volumen y forma característica, distan de ser entidades de “lápiz y papel”, para constituir cuerpos geométricos definidos.

5. Transformación

El cambio químico, ya descrito en función de los ejes temáticos masa, energía y tiempo, puede ser descrito en términos de redistribución de átomos para formar moléculas diferentes a las originales. Este cambio tiene aspectos energéticos importantes, como generación o absorción de calor, y ocurre en la medida que respeta la “flecha del tiempo”.

Dentro de la estructura formal de la química, de estos conceptos fundamentales resultan tres conceptos subsidiarios:

6. Equilibrio

Para cada sistema material, la química define un estado particular, que es el de máxima estabilidad, y cuyas propiedades no varían con el tiempo. Ese estado es el estado de equilibrio. El concepto de equilibrio permite racionalizar una gran variedad de observaciones: los cambios de estado (por ejemplo la ebullición del agua); los equilibrios de solubilidad (por ejemplo la formación de sarro a partir de aguas duras); los equilibrios ácido-base (por ejemplo el concepto de pH); los equilibrios de óxido-reducción (por ejemplo el funcionamiento de pilas y baterías).

7. Evolución

En sistemas sencillos, los mismos evolucionan irreversiblemente hacia el equilibrio. En esa evolución la energía se degrada, disminuyendo la capacidad de realizar trabajo. La velocidad con que evolucionan los sistemas materiales al equilibrio determina el comportamiento de muchos sistemas materiales. Su importancia es tal que la misma existencia de los seres vivos depende de la regulación de esas ve-

locidades. En estos sistemas complejos, la evolución temporal es también compleja, y la misma dinámica del fenómeno determina la aparición de estructuras altamente organizadas.

8. Interacciones

El eje temático 4, *Estructura*, es explicado en la química a partir de las atracciones y repulsiones entre partículas. Por su propia naturaleza, las partículas interactúan electrostáticamente, resultando de esta interacción la existencia de sólidos, líquidos, gases, soluciones. Infinidad de las propiedades de los sistemas de interés resultan de la naturaleza de las interacciones: la dureza de algunos sólidos, la capacidad del agua para disolver sales, las propiedades magnéticas de los imanes, la conductividad eléctrica de los metales, etc.

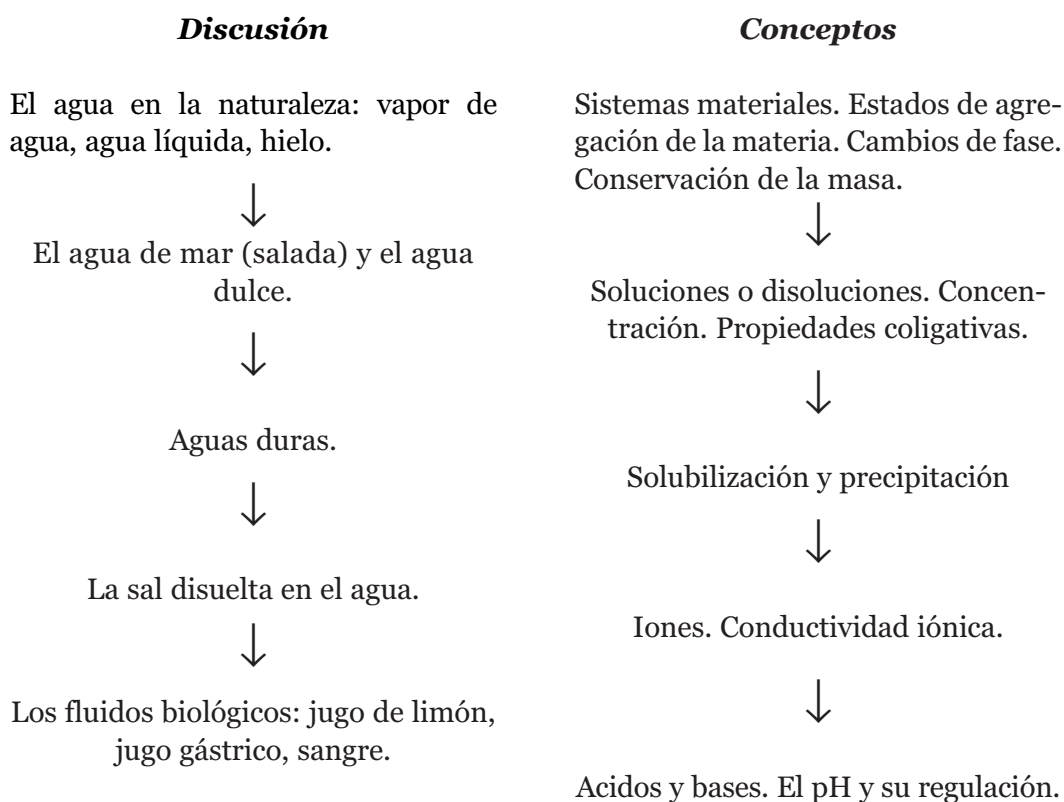
La radiación electromagnética también interactúa con la materia, y de esta interacción resulta una gran cantidad de fenómenos de importancia: la fotoquímica estudia las transformaciones químicas mediadas por la luz (como la generación de ozono en la atmósfera); la exploración del mundo material se realiza muy eficientemente con sondas que son ondas electromagnéticas (desde rayos X hasta microondas).

ANEXO 2

EJEMPLO DE UNA SECUENCIA SISTEMA-CONCEPTO POSIBLE

Para cada bloque de contenidos se puede hilvanar la siguiente secuencia de discusión, a la que se corresponde la introducción de la secuencia de conceptos indicados al costado.

Bloque temático 1: El agua



Discusión

La respiración en agua (peces, microorganismos).



Vegetales y animales en agua.



Ciclo hidrológico. Hidroelectricidad.

Conceptos

Reacciones de óxido-reducción. Solubilidad de gases.



Fotosíntesis. Osmosis.



Conservación y conversión de la energía.

Bloque temático 2: El aire

Discusión

La atmósfera.



Composición química.



El vapor de agua. La humedad.



Propiedades químicas del O_2 , N_2 , gases nobles, CO_2 . El ozono.

Conceptos

Gases, volumen, presión y temperatura. Leyes de los gases.



Átomos y moléculas: O_2 , N_2 , gases nobles, CO_2 , H_2O . Forma, volumen y masa. Enlace químico.



Cambios de fase. Fuerzas intermoleculares.



Reacciones químicas. Oxidación de metales. Combustión de materia orgánica. Respiración. Fijación de nitrógeno y de CO_2 .

Discusión

La radiación solar. Balance energético de la atmósfera.



Contaminación atmosférica. Contenido de CO₂ y de contaminantes. Reacciones químicas vinculadas con la lluvia ácida y el adelgazamiento de la capa de ozono.



La vida y la atmósfera.

Conceptos

Espectro de radiación solar. Región visible —UV—. Fotoquímica en la atmósfera. Región infrarroja. Disipación de calor en la atmósfera. Conservación de la energía en la atmósfera.



Cambios en la composición de la atmósfera (balances de masa). Cambios en el comportamiento de la atmósfera (balance energético).



Solubilidad de gases. Fotosíntesis y respiración.

Bloque temático 3: La corteza terrestre**Discusión**

Estructura de la Tierra. Métodos de exploración. Las ondas sísmicas.



La corteza terrestre. Composición química elemental. Compuestos químicos más importantes: óxidos, silicatos, aluminosilicatos, sulfuros, metales elementales.

Conceptos

Sólidos. Cristales y vidrios. Estructuras ordenadas. Difracción de rayos X.



Los elementos químicos y la Tabla Periódica. Relación entre estructura electrónica y propiedades químicas. Metales, no metales. Unión química iónica y covalente. Propiedades de los óxidos en función de la Tabla Periódica. Óxidos básicos y ácidos. Sales. Solubilidad de sólidos.

Discusión

Rocas, minerales, sedimentos, suelos. Procesos químicos que los originaron. Vulcanismo, meteorización, metamorfismo. Diferenciación química. Formación de yacimientos. Evolución de la corteza. Geocronología. El impacto de la actividad biológica.



Identificación de las fuentes de energía disponibles en el planeta Tierra: energía solar, energía nuclear, energía geotérmica (que puede ser nuclear), mareas. Los combustibles fósiles. El ciclo del carbono.



La energía solar. Balance global . Aprovechamiento de la energía solar: molinos de viento, hidroelectricidad, biomasa. Aprovechamiento directo: celdas fotovoltaicas.



Dispositivos para “almacenar” energía. Combustibles sintéticos: el hidrógeno. Pilas y baterías.



El ciclo global de la energía. El calentamiento de la tierra.

Conceptos

El equilibrio entre los óxidos metálicos y los metales elementales: equilibrio sólido-gas.



Energía radiante. Energía nuclear. Radioactividad. Equivalencia de masa y energía. Fusión y fisión. El Sol. Decaimiento radiactivo en la Tierra



Conservación de la energía. Degradación de la energía. Fuentes de energía no convencionales.



La energía en las reacciones químicas. Combustión. Reacciones de óxido-reducción. La energía como el resultado de un factor intensivo (potencial) y uno extensivo (carga).



Balance energético. Modelos de posible evolución.

Bloque temático 4: La biosfera, química orgánica y bioquímica***Discusión***

Los seres vivos como estructuras organizadas. Niveles de organización.



Bases químicas de la vida. Las moléculas biológicas. La forma molecular. Estereoquímica.



Bases químicas de la vida. Los procesos biológicos. La fotosíntesis y la respiración. Metabolismo. Fermentación alcohólica.



Bases químicas de la vida. La energía en las reacciones bioquímicas. Biosíntesis.



Bases químicas de la vida. Reconocimiento molecular. La velocidad de las reacciones químicas. Catálisis enzimáticos. Relación estructura-actividad.

Conceptos

Composición química de los seres vivos. Compartimentalización. Sistemas cerrados.



Los compuestos del carbono. Las cadenas lineales, los ciclos, los anillos. Moléculas, pequeñas y macromoléculas. Compuestos carboxílicos. Isómeros ópticos y estructurales. Alcoholes y aminas. Lípidos, hidratos de carbono, polímeros naturales, aminoácidos, proteínas, etc.



Algunas moléculas complejas: clorofila, hemoglobina y DNA. Estructura y función.



Liberación de calor y de energía en reacciones bioquímicas. La conservación de la energía y el acoplamiento de reacciones.



Selectividad de las reacciones bioquímicas. Nociones de estereoquímica y reconocimiento molecular. Concepto “llave-cerradura”. Nociones de velocidad de reacción. Las enzimas y la catálisis.

Discusión

Bases químicas de la vida. Polímeros informacionales: DNA y RNA. El flujo de la información hereditaria.



Bases químicas de la vida. Estructuras disipativas: creación de orden y disipación de energía.

Conceptos

Complementariedad de estructuras y autorreplicación. Evolución molecular.



Autocatálisis. Cinética de crecimiento poblacional. La estabilización de estructuras disipativas

Bloque temático 5: Los recursos naturales, su transformación y los nuevos materiales

Discusión

Los indicadores de desarrollo en países desarrollados y en vías de desarrollo. El consumo de energía por habitante. La generación de basura.



El fuego. La piedra, el bronce, el hierro. La pólvora, la brújula. La máquina de vapor.



Materiales para la generación de energía. El carbón, el petróleo, el gas natural.



Materiales para la conversión y el almacenamiento de la energía. Materia prima de pilas, baterías, calderas, transformadores.

Conceptos

Conservación y degradación de la energía.



Reacciones de combustión. Sólidos inorgánicos, metales. Propiedades de materiales. Reacciones exotérmicas. Conservación y disipación de la energía.



Reacciones de combustión. Los compuestos del carbono. Combustibles. Alconafta.



Conservación y almacenamiento de energía. Reacciones redox. Cerámicos. Irreversibilidad y equilibrio.

Discusión

Los metales y la metalurgia. Tipo de metalurgia. Los usos de los metales en función de sus propiedades. Degradación de los metales.



Los semiconductores. Propiedades y usos.



Polímeros. La industria petroquímica. La degradación de los plásticos: materiales biodegradables.



Los productos químicos y farmacéuticos. Detergentes, tensioactivos. Tipos de medicamentos más importantes. Agroquímicos: fertilizantes, pesticidas, fosforados. Fármacos: analgésicos, antibióticos, vitaminas, edulcorantes, ansiolíticos.



Los materiales de la construcción (cemento, cal, arena).

Conceptos

Tabla periódica. Propiedades mecánicas, eléctricas y magnéticas. Corrosión, reactividad, equilibrio.



Propiedades eléctricas y estructura.



Los compuestos del carbono. Polímeros. Catalizadores. Las propiedades de los polímeros como consecuencia de su estructura molecular. Reactividad.



Los compuestos del carbono: funcionalidad. Reacciones químicas. Producción sintética de productos naturales. Diseño y producción de nuevos productos.



Sólidos inorgánicos. Estructura y función. Reactividad.

Bloque Temático 6: El hombre y el medio ambiente

Discusión

Nociones de toxicidad y de ecotoxicidad.



Tóxicos y venenos. Ejemplos: el monóxido de carbono, el cianuro, la toxina botulínica. La producción de tóxicos y venenos por el hombre.



Envenenamientos crónicos. El mercurio; la arseniosis. Ecotoxicología. Acumulación en la cadena trófica.



Contaminación del aire: orígenes y tipos. La lluvia ácida; los freones. El adelgazamiento de la capa de ozono.



Contaminación del agua y el suelo. Metales Pesados. Contaminación biológica. Alteración de ecosistemas.



Contaminación radiactiva. Efectos nocivos de las radiaciones ionizantes y electromagnéticas. Modos de prevención.



Monitoreo del medio ambiente. El aire en las grandes ciudades. Los efluentes industriales gaseosos y líquidos. Los efluentes cloacales.

Conceptos

Los compuestos del carbono: funcionalidad.



Los compuestos del carbono. Equilibrio químico. Cinética de reacciones. Inhibidores.



Solubilidad. Equilibrio químico. Cinética.



Gases. Combustión. Reacciones fotoquímicas. Equilibrio ácido-base.



Solubilidad. Tabla periódica.



Interacción de radiación-materia. Fuentes de energía no convencionales. Tecnologías de bajo riesgo.



Gases. Solubilidad. Equilibrio ácido-base. Recuperación del medio contaminado. Tratamiento de efluentes.

ANEXO 3

NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

- ARAMENDÍA, Pedro, Investigador Adjunto del CONICET; Prof. Adjunto de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Fisicoquímica (fotoquímica).
- BALSELLS, Rosa, Investigadora Independiente del CONICET, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Química Orgánica.
- BLESA, Miguel, Investigador Principal del CONICET, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Química Inorgánica (sólidos inorgánicos y coloides).
- CALVO, Ernesto, Investigador Independiente del CONICET, Prof. Asociado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Fisicoquímica (electroquímica).
- CARNOTA, Raúl, Prof. Adjunto de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Inteligencia Artificial.
- CUKIERNIK, Fabio, Jefe de Trabajos Prácticos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Química Inorgánica (cristales líquidos).
- CHINO, María Laura, Prof. del área de Ciencias Naturales de la Escuela N° 11 de La Plata.
- FERNÁNDEZ PRINI, Roberto, Investigador Superior del CONICET, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Fisicoquímica (termodinámica).
- MENTABERRY, Alejandro, Investigador Independiente del CONICET, Investigador del INGEBI. Especialización en Química Biológica (ingeniería genética).
- NUDELMANN, Norma, Investigadora Independiente del CONICET, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Química Orgánica.
- OLABE IPARRAGUIRRE, J., Investigador Independiente del CONICET, Vicedecano y Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Especialización en Química Inorgánica (compuestos de coordinación).

Marcelo O. Cabada, Biología

Doctor en Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de La Plata; Investigador Independiente del CONICET. Profesor Titular Ordinario en el Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario.

SUMARIO

- I. Propuesta para el abordaje de los Contenidos Básicos Comunes de la materia Biología
- II. Propuesta para la Educación General Básica
 - 1. Introducción
 - 2. Bloques temáticos
- III. Propuesta de Contenidos Básicos Comunes de la Educación Polimodal
- IV. Propuestas para la formación docente
- Bibliografía
- Anexo: Nómina de colegas consultados

I. PROPUESTA PARA EL ABORDAJE DE LOS CONTENIDOS BASICOS COMUNES DE LA MATERIA BIOLOGIA

La presencia de la asignatura Biología en los planes de estudio tanto en la Educación General Básica como en la Educación Polimodal se justifica por los siguientes hechos:

a) Desde los primeros años de vida el niño intuitivamente toma contacto con los objetos que lo rodean, la mayor parte de ellos constituidos por seres vivos, o materiales que derivan de ellos. Esto obligadamente deriva en una búsqueda de explicaciones a los fenómenos biológicos. Esta búsqueda debería ser fomentada y guiada desde el comienzo de la educación formal.

b) Durante el período considerado, los estudiantes deberían adquirir un buen conocimiento del mundo vivo que lo rodea. Para ello los planes de estudio deberían, en términos generales, incluir el estudio de la anatomía y fisiología, tanto animal como vegetal. También deberían incluir el estudio del ordenamiento de los seres vivos, no como una mera enunciación o catálogo, sino como parte del estudio de la evolución de los mismos. En este sentido se incluirían tópicos como reproducción, desarrollo, metabolismo energético, etc.

c) Todos estos conocimientos deberían estar insertados dentro de un contexto ecológico donde deberían resaltarse los resultados de la interrelación de los seres vivos entre sí y con el medio circundante. Especialmente en la responsabilidad del Hombre como factor protector y/o desestabilizante de este equilibrio.

d) El estudio de los temas biológicos debería estar ligado al estudio de temas de física, química, etc., a fin de evitar que las distintas disciplinas sean consideradas como compartimientos estancos, lo que hace mas difícil su estudio. Ello por otra parte enriquecería el estudio de distintos temas desde un punto de vista interdisciplinario.

e) Es innegable la importancia de la biología como disciplina de interés práctico en el mundo de hoy, tanto por las consecuencias de la disminución de la biodiversidad, como de los beneficios que acarrea la utilización inteligente y cuidadosa

de los recursos biológicos disponibles mediante técnicas de Biología Molecular e Ingeniería Genética. Los alumnos al terminar el ciclo de Educación Polimodal deberían tener un conocimiento claro de las posibilidades que brindan la utilización de estas técnicas y metodologías, como así también de los potenciales peligros de la manipulación génica y las precauciones que deberán tenerse en cuenta.

II. PROPUESTA PARA LA EDUCACION GENERAL BASICA

1. Introducción

En el desarrollo del presente trabajo se ha proyectado que los estudiantes en cada una de las etapas del aprendizaje adquieran un conocimiento claro de los distintos temas de Biología. Es preferible impartir un cuerpo básico de conocimientos que resulten claramente asimilados, que abundar en detalles, lo que dificultaría la comprensión de los mismos, resultando casi indefectiblemente en el aburrimiento de los alumnos.

Los conocimientos de Biología correspondientes a la Educación General Básica, están orientados a que el alumno al finalizar dicho ciclo posea un buen conocimiento de los seres vivos que lo rodean, la diversidad de formas con que los mismos se presentan, las interacciones entre ellos y con el medio ambiente, etc. Todo esto en un marco de respeto hacia los demás seres vivos, aunque las manifestaciones de su condición de vivos sean distintas a las que él mismo presenta. Este respeto no debe confundirse con sensiblería.

Durante todo el desarrollo de la enseñanza se deberá intentar una aproximación experimental, que involucre procedimientos tales como: la observación, la descripción, la comparación y el intento de clasificación. A medida que avancen en el estudio se propondrá la formulación previa de hipótesis y/o anticipaciones, así como la elaboración de conclusiones y eventualmente generalizaciones.

Dado que la Educación General Básica comienza a los seis años de edad, la primera aproximación de los niños con un estudio formal de la biología debe comenzar a través del contacto con los seres vivos que lo rodean o bien de los productos que ellos producen o estén relacionados con los mismos.

El estudio de los temas biológicos deberá coordinarse lo más estrechamente posible con las otras asignaturas de la currícula. Como ejemplo, al estudiar la composición de los seres vivos debería hacerse en coordinación con los temas de Química; el estudio del movimiento de los seres vivos, debería complementarse con temas de Física como palanca, inercia, gravedad, etc.

El estudio de la Biología debe comenzar, en lo posible, por el estudio de los seres vivos en su hábitat natural, luego el ser vivo aislado de su contexto (en el aula) y finalmente en una etapa experimental.

2. Bloques temáticos

1. CONOCIMIENTO DEL MUNDO VIVO

Este bloque servirá de introducción al estudio de la Biología. Dada la edad de los alumnos es conveniente que el estudio comience más como un juego, que como una actividad que tenga visos de una seriedad que pueda atemorizarlos más que motivarlos.

Durante los primeros años de estudio, el alumno deberá familiarizarse con la mayor cantidad de animales, plantas y ejemplares pertenecientes a otros reinos, a los cuales pueda acceder sin necesidad de equipamientos especiales, salvo una lupa simple de mano. Es importante que en esta etapa la participación del alumno sea lo más activa posible, especialmente en lo que se refiere a la provisión de materiales para su estudio. En este sentido deberá desarrollarse el sentido de respeto al material y de no alterar el entorno del que lo toman. Los alumnos deberán identificar una gran cantidad de seres vivos en el aula, el patio de la escuela, sus casas, el campo, tanto como personajes de sus lecturas como de sus experiencias previas, resaltando el ambiente donde viven (agua, tierra, aire o más de uno de ellos). Deberán además comprobar experimentalmente la presencia de vida aun cuando ésta no pueda ser visualizada. Esta etapa que aparentemente puede parecer desordenada debería realizarse dando un orden de clasificación de los materiales observados: así pueden separarse a los animales de los vegetales, hongos, etc., y dentro de los vegetales a aquellos que tienen flores de los que no las tienen, dentro de los animales a los de sangre caliente (homeotermos) de los de sangre fría (poiquilotermos), los que tienen un esqueleto interno (ratas, aves, etc.) de los que tienen esqueleto externo (insectos, etc.) o bien carecen de esqueleto (gusanos, etc.). También deberían diferenciar a los que nacen de un huevo de los que se desarrollan en el cuerpo de la madre. El sentido de esta propuesta es que a través del análisis de las características de distintos ejemplares, los alumnos vayan adquiriendo un conocimiento claro de la diversidad biológica y una tendencia, aunque sea imperfecta, a clasificarlos a través de, al menos, sus características morfológicas observables. Este ordenamiento de los seres vivos en grupos de características comunes, comparándolos con otros gru-

pos con distintas características debería realizarse con un criterio de comenzar la fundamentación y comprensión de la evolución de las especies.

Estas observaciones de los seres vivos deben realizarse teniendo en cuenta el hábitat donde viven, y los requerimientos y adaptaciones de cada uno de ellos en este sentido.

Otro aspecto a desarrollar en esta etapa es el contacto con formas de vida que podríamos denominar “en latencia”, entre ellas la germinación de semillas. A través de estas observaciones debería quedar establecido que la vida tiene distintas formas de manifestarse.

En todo momento se estimulará el interés por la observación, actitudes de respeto y cuidado de los seres vivos, así como responsabilidad en el cuidado de los mismos.

Una vez que el alumno ha tomado contacto sistematizado con el mundo vivo que lo rodea, tendría que estar lo suficientemente motivado como para abordar el capítulo siguiente, o sea el análisis metódico de los seres vivos.

2. DESCRIPCIONES ANATOMICAS Y FUNCIONALES. PLAN GENERAL DE ORGANIZACION DE SERES VIVOS

En una segunda etapa se propone el desarrollo de los temas siguientes.

A fin de comprender a los seres vivos, es necesario conocer sus *funciones*, las que deben ser ubicadas en las *estructuras* que las cumplen. Este conocimiento debe ser tanto de los animales como de los vegetales, no por ser los únicos seres vivos, sino por ser los más accesibles a la edad que estamos considerando. En cada paso del desarrollo de los temas que se tratarán posteriormente debe hacerse referencia al hombre, pues su conocimiento permitirá acceder al desarrollo de otras temáticas como higiene, educación sexual, etc.

Tanto para organismos vegetales como animales debería explicarse el concepto de *sistemas de órganos* partiendo de las actividades que desarrolla un ser vivo “complejo”. De allí los alumnos deberían concluir que éstos se encuentran organizados en sistemas de órganos. Por ejemplo: un sistema circulatorio que transporta sustancias en el cuerpo; un sistema nutritivo que permite la transformación de sustancias (alimentos) para poder utilizar la energía almacenada en ellos; un sistema secretor que permite desechar sustancias no útiles y/o dañinas. En este aspecto, y especialmente para organismos animales, es necesario buscar modelos para el estudio de los temas propuestos, dado que es imposible abarcar en forma completa ni siquiera los grupos más importantes de animales. El modelo a utilizar será variable de acuerdo con el lugar donde se halla ubicada la escuela, y, por lo

tanto, de la disponibilidad de material, si se decide trabajar con animales vivos, o bien si se dispone de los modelos correspondientes. Los modelos de vegetales son más accesibles en cualquier parte.

Una vez elegido el modelo de animal a estudiar, se deberá establecer claramente lo que significa elegir un modelo. Este puede no corresponder al animal más representativo del ambiente o el más evolucionado que se pueda conseguir.

Para el estudio, lo primero que debería hacerse es presentar los distintos sistemas de órganos que posee el animal. Nosotros tomaremos como ejemplo a la rat, pero podría ser un sapo, conejo y aun algún invertebrado.

Una vez presentados a los alumnos los sistemas nervioso, sensorial, endocrino, de locomoción, nutritivo, respiratorio, circulatorio, excretor, reproductor e inmunitario, sería conveniente que los alumnos elijan por cuál quieren comenzar el estudio.

Una vez elegido el sistema, que en nuestro ejemplo puede ser el circulatorio, se comenzará por el estudio de las funciones del mismo, es decir el transporte de la sangre a través del organismo, para lo cual hacen falta los vasos y la bomba impulsora (corazón) del líquido que circula (sangre). Para ello deberán establecer la necesidad de la circulación del líquido que lleva sustancias necesarias a distintas partes del cuerpo (nutrientes, oxígeno, etc.), ya que las mismas no podrían llegar por simple difusión como en el caso de las esponjas de mar, por ejemplo. A la inversa se explicaría la necesidad de eliminar las sustancias de desecho del organismo. En este punto podrá establecerse una comparación con el sistema circulatorio de los vegetales superiores, donde existe un sistema conductor, pero no una bomba impulsora. Un estudio más detallado de la circulación en estos vegetales se realizará más adelante.

La descripción del sistema deberá hacerse tanto desde el punto de vista anatómico como fisiológico. Una alternativa de explicación podrá ser seguir la dirección de la sangre desde el corazón hasta los órganos, observando la disminución del calibre de las arterias, hasta llegar a la capilarización en los órganos, donde deberá enfatizarse en la función de cada uno de ellos, y su relación con la circulación sanguínea. Debería en este punto aclararse que cada órgano será estudiado en detalle posteriormente. Deberá quedar claro que el sistema circulatorio se trata de un sistema cerrado anatómicamente, pero abierto desde un punto de vista funcional, por el intercambio de sustancias a nivel capilar.

Lo mismo deberá hacerse al estudiar el retorno de la sangre hacia el corazón por medio de las venas. Acá se remarcarán las diferencias entre la sangre arterial y venosa.

En la circulación pulmonar deberá quedar claro el distinto sentido fisiológico comparado con la circulación general.

Este es un tema interesante para introducir en la etapa final del aprendizaje, algunos conceptos comparativos entre la estructura del corazón de peces, anfibios,

reptiles y aves, y mamíferos, sin entrar en detalles que pueden resultar abrumadores. Esta comparación deberá hacerse con un sentido evolutivo, resaltando cómo la mayor complejidad anatómica está relacionada con el grado de evolución de estos animales.

Deberán darse conceptos acerca del sistema de circulación linfático, remarcando las diferencias (estructura de vasos, impulsión de la linfa, distintas funciones) y similitudes (sistema de circulación que abarca todo el organismo) con la circulación sanguínea.

Con respecto a los demás sistemas de órganos deberá seguirse un criterio similar, enfatizándose en todos los casos la relación entre estructura y función y, de ser posible, introducir conceptos evolutivos que serán desarrollados con mayor detalle más adelante

Los sistemas a estudiar deberán ser:

Sistema de locomoción y sostén (óseo-muscular).

Sistema nutritivo. En este caso se remarcará que el mismo es un sistema abierto en ambos extremos (boca y ano), por donde transcurren sustancias que se modifican para ser asimiladas. En ese proceso intervienen aspectos mecánicos (masticación, movimientos peristálticos) y procesos químicos en los que intervienen sustancias (enzimas) que son aportadas por el organismo (glándulas como salivares, páncreas, intestino, etc.) a distintas alturas del sistema.

Sistema respiratorio: es importante remarcar el lugar y las características de los intercambios gaseosos con el ambiente acuático y aéreo.

Sistema circulatorio

Sistema excretor

Sistema reproductor. Se recalcará la separación entre los sistemas nutritivo, reproductor y excretor, especialmente en las partes más caudales de los mismos en distintas especies, también en este caso con un sentido evolutivo. Se remarcará las distintas maneras de encuentro entre las gametas (reproducción externa e interna). Al estudiar las gametas femenina y los huevos que de ella se forman, se enfatizará por un lado la relación con el tipo de desarrollo que poseen (ovíparo, vivíparo y ovovivíparo), y la aparición de los anexos embrionarios (amnios, corion y alantoides), esto último con sentido evolutivo.

Sistema nervioso (con sistema sensorial)

Sistema endocrino

Al finalizar este estudio deberán quedar claramente establecidas las distintas estructuras de los animales que les permitieron ocupar distintos hábitats (tierra, agua, aire).

En cada uno de los sistemas deberá realizarse la extensión al estudio del ser humano. En el estudio del sistema reproductor se dará un comienzo de enseñanza de

educación sexual, aunque este tema deberá ser tratado más integralmente en otro contexto y no sólo desde el punto de vista biológico.

Con respecto a los vegetales, deberán describirse los distintos tipos que existen: musgos, helechos, gimnospermas, angiospermas, etc. La presentación de los mismos deberá hacerse con un sentido evolucionista.

Como en el caso de los animales, debería tomarse un vegetal como modelo para la descripción de su estructura, anatomía y fisiología.

Las partes que deberían describirse son: raíz, tallo, hoja, flor y fruto, siempre relacionando forma, estructura y función, y las ventajas adaptativas de cada una de las estructuras, en relación con las especies que no las poseen. En cada caso deberán mencionarse diversas formas de presentación de esos órganos en los distintos vegetales.

Deberán describirse los sistemas de conducción y nutrición (introduciendo el concepto de fotosíntesis, sitio de su realización e importancia, comparando con los animales). En este punto sería conveniente comenzar el estudio de las modificaciones del medio ambiente por los animales y vegetales.

La reproducción debería estudiarse enfatizando la diversidad con que se presenta (agámica y mediante gametas) y las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Existen algunos aspectos que deberán estudiarse con más detalle, como por ejemplo la flor como órgano reproductor (deberá relacionarse con los órganos reproductores animales en cuanto a su función), fecundación, el fruto y la semilla. Acá deberán incluirse temas tales como germinación, desarrollo y crecimiento (con conceptos de la regulación de los mismos mediante hormonas), foto y geotropismo (relacionados con la respuesta a estímulos).

También en este caso deberá enfatizarse en la responsabilidad en el cuidado de los seres vivos.

3. CITOLOGIA

En una tercera etapa, los alumnos estudiarán la célula como unidad de formación de los seres vivos.

A la edad considerada, el alumno ya está en condiciones de entender estructuras que no puede “ver” sino que deben, de alguna manera, ser el producto de una abstracción.

Por otra parte, una vez que el alumno ha estudiado el organismo, está en condiciones de estudiar la unidad de manifestación de la vida, o sea la célula. Este estudio fundamentará muchos aspectos ya estudiados.

Como introducción al estudio de la célula, y como una continuación de los temas anteriores, será conveniente presentar el concepto de tejido, como parte de la

descripción de los órganos. A partir de este concepto, y una vez definida la célula, se puede comenzar el estudio de la misma.

Deberá comenzarse con la presentación de distintos tipos de células: procariotas y eucariotas, entre éstas las de organismos unicelulares, animales y vegetales, indicando las similitudes y las diferencias entre ellas. Dentro de cada tipo de células se presentarán las distintas formas: vibrión, espiroqueta, ameba, neurona, fibra muscular, etc. En este punto es conveniente introducir el concepto de diferenciación celular.

Descripción de una célula animal:

Membrana plasmática: como el límite de la célula. En este punto, y al explicar la estructura y composición de la membrana, se introducirán a los lípidos como compuestos químicos presentes en los seres vivos. En este aspecto deberá enfatizarse especialmente la naturaleza hidrofóbica de la mayor parte de los lípidos, y la presencia de algunos que presentan partes hidrofílicas e hidrofóbicas en su composición, mediante esquemas, a fin de explicar la estructura de las membranas biológicas. También en este punto conviene introducir el concepto de proteína. Esto podría ser trabajado a partir de las nociones de monómero y polímero, el que será utilizado más adelante al hablar de otros compuestos químicos.

Deberá quedar en claro que el concepto de membrana biológica es el mismo para todas las membranas y no sólo para la membrana plasmática.

Es importante dejar establecido que la membrana no es una estructura meramente limitante sino por el contrario es una parte que cumple una serie de funciones relacionadas con el transporte de sustancias que permiten la vida, la presencia de enzimas en ella con importantes funciones, y el reconocimiento entre células.

Citoplasma. Es importante definirlo como una solución de distintas sustancias que contiene estructuras complejas (citosol).

Al hablar de solución es oportuno introducir a las sales como componentes del citoplasma, con ejemplos.

En este punto deberá enseñarse también que existen otros componentes como glúcidos, proteínas y ácidos nucleicos (ARN y ADN).

A estas moléculas deberán definir las principalmente por sus funciones y no por su estructura química. Sería importante asignarles símbolos simples para identificar cada una de ellas.

Acá nuevamente deberá enfatizarse en el concepto de polímero biológico, para el almidón y celulosa, polímeros de glucosa, proteínas como polímeros de aminoácidos y ADN como polímero de nucleótidos.

Cuando se estudien las proteínas además de las funciones estructurales, de defensa, etc., deberá dedicarse especial atención al rol como catalizadores biológicos (enzimas), lo que es además sencillo de documentar experimentalmente.

El ARN debería ser estudiado como un conjunto de moléculas químicamente muy relacionadas, pero con distintas funciones, casi todas asociadas a la síntesis de proteínas.

En el estudio de las funciones del citosol deberá resaltarse las de síntesis de proteínas y metabolismo de sustancias propias de las células e importadas desde el exterior.

El estudio de los orgánoides citoplasmáticos abarcará:

Mitocondrias. Se estudiará la estructura de las mismas, y su asociación con la función metabólica (aprovechamiento de la energía provista por los alimentos, y transferida a una molécula que es utilizada en cualquier parte de la célula con facilidad (ATP)). En este punto deberá introducirse el concepto de energía, las distintas formas de la misma y su interconvertibilidad.

Es conveniente presentar a las mitocondrias como microorganismos (procariotas) que se integran en una célula eucariota, constituyendo un paso fundamental en la evolución.

Retículo endoplásmico.

a) Rugoso: al estudiar la morfología debe quedar claro que se trata de membranas similares a la plasmática y ribosomas iguales a los citoplasmáticos, con similitudes y diferencias en las funciones de los componentes.

b) Liso: morfología y funciones, en relación con los componentes químicos en cuya síntesis interviene.

Sistema de Golgi. Estudio de su morfología y función, en relación con, por una parte, el retículo endoplásmico y, por otra, con los lisosomas y vesículas de secreción.

Lisosomas. Se estudiará el origen, estructura y funciones, se deberá enfatizar en el origen de las sustancias que metabolizan las enzimas lisosomales. Esto deberá relacionarse también con la forma en que esas sustancias que ingresan a la célula llegan a las inmediaciones de la misma, de donde son tomadas (absorción por el sistema nutritivo, transporte por el circulatorio, etc.).

Citoesqueleto. Deberá incluir cilias y flagelos. Este organoide deberá estudiarse desde el punto de vista de los movimientos de las células y de los movimientos internos; su relación con las localizaciones citoplasmáticas, etc.

Núcleo. Descripción morfológica como delimitado por una doble membrana con conexiones con el citoplasma (poros nucleares). Descripción del núcleo: nucleoplasma, cromatina y nucleolo.

Al describir la cromatina introducir al ácido desoxirribonucleico (ADN) como polímero de nucleótidos, diferenciándolo del ácido ribonucleico (ARN) en su composición química y funciones. Deberá quedar claramente establecido el rol del ADN como molécula depositaria de la información génica, la que es expresada en la propia célula, y transmitida a la descendencia gracias a su capacidad de replicarse.

Acá se deberán introducir los conceptos de gen, cromosoma, genoma, cromatina, célula haploide y diploide.

La descripción de célula vegetal se realizará sobre la base de lo estudiado para célula animal, agregando los conceptos de pared celular, plástidos en general y cloroplastos en particular (incluyendo estructura y funciones) y vacuolas.

4. CICLO CELULAR

Entre los 13 y 15 años de edad de los estudiantes.

Una vez estudiada la célula en sus estructuras y funciones, el alumno está en condiciones de entender fundamentalmente el transcurso de la vida, a partir de lo que sucede con una célula. Por otra parte este capítulo servirá también de introducción para el estudio de la reproducción del organismo como tal.

Deberán describirse las fases del mismo indicando las funciones que cumple la célula en cada una de ellas, enfatizando en las estructuras que intervienen en cada caso.

Respecto de la fase M se enseñarán los acontecimientos con que la célula eucariota se prepara para una división. Más que la parte mecánica en sí, será importante que los alumnos entiendan lo conceptual de la duplicación de la molécula de ADN, como un procedimiento que le permite obtener una réplica exacta de la molécula original, con las consecuencias biológicas que ello acarrea. Un aspecto importante a enfatizar es la compactación del ADN para formar un cromosoma, tal como se observa durante la interfase, y la consecuencia de esta compactación en el resto de las actividades del cromosoma y en la posibilidad de un reparto simétrico de la información a las células hijas.

El estudio de la *mitosis* deberá realizarse teniendo en cuenta que las células hijas resultantes son exactamente iguales a la progenitora. Este aspecto es más importante que el estudio de las figuras mitóticas.

En cuanto al estudio de la *meiosis*, y dada la complejidad estructural de la misma, será conveniente que los alumnos comprendan lo conceptual del proceso: a) intercambio de información génica entre los cromosomas paternos y ma-

ternos y b) separación al azar, en las distintas células hijas, de los cromosomas aportados por el padre y la madre; c) importancia del proceso en el establecimiento de nuevos rasgos positivos o no, pero diferentes en los individuos; d) aparición de células haploides.

5. GENETICA

Los temas de genética permitirán al alumno entender hechos fundamentales tales como la herencia de caracteres de los individuos de una especie y las reglas que rigen este fenómeno.

Como una continuación temática del capítulo anterior, este tema deberá comenzar con una idea de *gen*, asociándolo a la posibilidad de heredarlo y la expresión del mismo. Este es un buen momento para introducir el concepto de *mutación* como variación en la información genética, indicando con claridad que puede ser beneficiosa o perjudicial.

Se introducirán las leyes de Mendel, indicando la forma de planteo de los experimentos, y el análisis de los resultados y los conceptos de herencia materna y herencia ligada al sexo.

6. EVOLUCION

El estudio de este tema en la Educación General Básica tiene el sentido del conocimiento de una de las teorías más aceptadas dentro de la Biología, que permite el estudio lógico y fundamentado de la diversidad de seres vivos, de la cronología de su presencia en la Tierra, y la ubicación de la especie humana en este contexto.

Este estudio deberá encararse a partir del concepto de mutación desarrollado en el punto anterior.

Es imposible entrar en detalles de la evolución e inclusive deberá resignarse la enseñanza de algunos hechos importantes en el proceso evolutivo. Deberá quedar claro la magnitud de los tiempos geológicos en los que ocurrieron los grandes cambios evolutivos. Será conveniente establecer la aparición de los primeros seres vivos (procariotas) y la de los principales grupos de vegetales. Por otra parte, y aclarando que a manera de ejemplo, deberá enseñarse la evolución de los principales grupos de vertebrados: peces, anfibios, aves y mamíferos. En este último estudio se deberá dejar establecido al menos los principales hechos anatómicos que han variado desde un grupo de animales a otro.

Un aspecto a dejar establecido es que no siempre el camino evolutivo consiste en mejoras tangibles; es decir que los alumnos no tomen el concepto de que un mamífero es mejor que un reptil porque es más evolucionado. En contraposición con lo anterior cabría el ejemplo de que el sistema respiratorio de los peces (branquias) es más eficiente que el de las aves (pulmones con circulación de aire) y éste que el de los mamíferos (sacos ciegos).

Deberán enseñarse las distintas teorías que sobre este tema han sido presentadas históricamente, como la de Lamarck y, especialmente, la teoría de la selección natural de Darwin-Wallace.

Esto proporcionará al alumno puntos de referencia para la ubicación del ser humano en el contexto de los seres vivos.

Es importante enseñar cuáles son las pautas que se toman en cuenta para el estudio de la evolución de las especies: anatomía comparada, embriología, bioquímica comparada, registro fósil, etc.

Será importante que el alumno tenga, como resultado del estudio de este capítulo, una idea clara de la ubicación de la especie humana en el contexto de la evolución de las especies, y la presencia del hombre en la Tierra como resultado de la evolución de otras especies.

7. ECOLOGIA

Este es un capítulo que un alumno que termina la Educación General Básica no puede ignorar, por su importancia en la estructuración del conocimiento de la Biología, y, desde el punto de vista práctico, por las posibles consecuencias de una alteración del orden ecológico de manera persistente y negativa.

Deberá comenzarse con el estudio del concepto de ecosistema como conjunto de seres vivos y no vivos que interaccionan entre sí en un lugar determinado. Luego se estudiará la estructura del ecosistema, y distinguir entre factores bióticos y abióticos, y las relaciones que existen entre ellos. Se introducirán los conceptos de cadenas alimentarias y redes tróficas. Luego o simultáneamente se analizará la dinámica de los ecosistemas, señalando la circulación de la materia y el flujo de energía. En este momento se señalarán las relaciones de los ecosistemas con su entorno.

Se introducirá el concepto de nicho ecológico y se diferenciará claramente este concepto del de hábitat. Al señalar el concepto de nicho se incorporará el concepto de competencia y desarrollo de la diversidad (o riqueza) específica.

Se volverá al concepto de población y se analizarán las relaciones entre poblaciones, competencia y mutualismo (simbiosis) y comensalismo; relaciones de de-

pendencia: fitofagia, depredación y parasitismo. Se señalará la importancia de estas relaciones en la delimitación de los nichos y en la integración biocenótica.

Deberán analizarse la regulación y homeostasis de los ecosistemas y la importancia de la diversidad en el equilibrio ecológico y los sistemas de regulación por retroalimentación negativa y positiva (círculos viciosos).

Se hará mención de aspectos tales como:

a) Comunidad biótica, biosfera, distintos tipos de ecosistemas (marinos, dulcia-cuicolas y terrestres), los biomas terrestres: el bosque, la sabana, el pastizal, el desierto (biomas circumpolares), las principales regiones argentinas.

b) Dinámica de la Biota. Sucesión y regeneración después de los disturbios. Desarrollo de la biodiversidad.

c) Utilización y conservación de los recursos. Perturbación y regeneración. Contaminación y depuración ambiental. El calentamiento global: sus causas y consecuencias.

Un punto importante a mencionar es el del futuro de la biosfera como explosión demográfica y disponibilidad de alimento y tamaño de la población.

En relación con el mantenimiento del equilibrio ecológico deberá estudiarse el equilibrio y autorregulación del ecosistema, contaminación ambiental como lluvia ácida, disminución de la capa de ozono, contaminación química, etc.

Se buscará el desarrollo de actitudes de defensa del medio ambiente.

III. PROPUESTA DE CONTENIDOS BASICOS COMUNES DE LA EDUCACION POLIMODAL

Durante este período se desarrollarán temas que por su importancia conviene que un alumno que egresa del colegio secundario conozca. Abarca una serie de temas que por un lado necesitan para su estudio de una serie de conocimientos que adquirieron durante el ciclo anterior.

Por otra parte los temas elegidos son temas que pueden variar más fácilmente que los temas de la primer parte. Esta variación puede ser desde la inclusión o sacado de alguno de ellos, hasta cambiar drásticamente los contenidos que se dictan o la profundidad de los mismos. Esta sería la parte más variable del dictado de Biología en la escuela secundaria.

8. ESTRUCTURA Y FUNCION DEL ACIDO DESOXIRRIBONUCLEICO (ADN)

Este es uno de los temas que mayor desarrollo ha tenido en biología en los últimos años. El mismo es importante por las implicancia que llega a tener en la vida cotidiana a través de lecturas, del cine, la televisión, etc. Por otra parte, una visión fundamentada del mismo le permitirá al alumno que egresa del colegio secundario una comprensión de innumerables informaciones que diariamente le llegan o le llegarán.

En primer lugar deberán estudiar la estructura del ADN, la doble hélice, no en su estructura química sino como modelos para armar en los cuales los nucleótidos sean tratados como letras, y la complementariedad de las bases. Deberán tener noción de la relación de esta molécula con otras (proteínas), que le permiten cumplir con el ciclo de su perpetuación (histonas, polimerasas) y la expresión de la información que llevan (polimerasas, reguladores, etc.).

Aspectos importantes a destacar son, por una parte, la necesaria constancia del ADN, lo que implica la fidelidad de su copiado en moléculas hijas, lo que permite la constancia de la especie a través del tiempo. Por otra parte deberá establecerse que las diferencias entre especies se debe a diferencias en su ADN, y las diferen-

cias entre individuos de una misma especie también se debe a variaciones del ADN, pero de un orden distinto del anterior.

Finalmente otro aspecto a resaltar en este estudio es que la variación de la composición del ADN lleva a una variación en la calidad de la información génica (mutación), y que la misma es la base de la evolución de los seres vivos.

La expresión de la información codificada en el ADN podrá ser estudiada como un ejercicio de formación del ARN, luego de la explicación de las diferencias moleculares entre el ADN y el ARN, y el cambio entre T y U. Será esencial el aprendizaje de las distintas funciones que cumplen el ADN y los distintos ARN: el mensajero como portador de la información génica cuando ésta va a ser expresada finalmente como proteína; el ribosómico como el lugar donde se produce esta traducción del lenguaje de ácido nucleico (nucleótidos) al de proteínas (aminoácidos); y el de transferencia como las moléculas encargadas de realizar esta traducción.

En este punto debe estudiarse el código genético como la manera de los seres vivos de implementar el cambio de lenguaje (tres nucleótidos corresponden a un aminoácido).

Deberán quedar establecidos algunos conceptos importantes:

- a) la identidad de la información génica en las distintas células de un mismo individuo;
- b) el grado de similitud que tiene dicha información entre individuos de una misma especie;
- c) las diferencias y similitudes entre la información que poseen individuos de distintas especies;
- d) la universalidad del modo de almacenamiento, transmisión y expresión de la información génica, a lo largo de todos los reinos. Este concepto deberá ser desarrollado como apoyo a la teoría de la evolución.

9. DIFERENCIACION Y DESARROLLO EMBRIONARIO

El tema de diferenciación celular y su regulación es uno de los temas de mayor desarrollo en la biología en los últimos años. Su conocimiento abre perspectivas para el estudio y comprensión de hechos biológicos en el futuro. El desarrollo embrionario a la vez que sirve como modelo para el estudio de la diferenciación celular, es desde el punto de vista conceptual lo que completaría el ciclo de conocimiento desde la división celular hasta la organización de un nuevo ser vivo.

Una vez establecida la constancia de la información génica en un individuo, la presencia de una gran diversidad en la presentación de los distintos tipos celula-

res deberá encararse desde el punto de vista de la regulación de la expresión génica. Sin entrar en el mecanismo molecular del problema, se deberá enfatizar en que las diferencias de funciones que se observan entre las células se debe a que hay restricciones en el flujo de esta información.

El desarrollo embrionario puede ser estudiado desde dos puntos de vista. Por una parte, como una explicación a la aparición de la diversidad de tipos celulares y tejidos, para la cual es un excelente modelo. Por otra, cómo a partir de la fecundación, y para completar el ciclo de vida, se estructura un organismo adulto desde una sola célula.

Deberá quedar la noción de, por un lado, la rápida proliferación celular que implica el desarrollo embrionario, y por otro, de la diversidad de células que van siendo evidentes durante el proceso, hasta llegar al esbozo de los órganos.

10. INGENIERIA GENETICA

Por el importante desarrollo logrado en biología mediante la utilización de las técnicas de ingeniería genética, y las futuras posibilidades de las mismas es conveniente que un alumno conozca los rudimentos de la manipulación génica.

A partir de los conceptos estudiados en el punto anterior, se darán los fundamentos de la expresión de genes heterólogos por células procariotas y eucariotas. Esta presentación deberá hacerse teniendo en cuenta no sólo la importancia desde el punto de vista del adelanto científico que ellas implican, sino también desde el punto de vista económico y médico.

Deberá también explicarse los riesgos de una incorrecta utilización de esta tecnología. Ello no debe implicar una descalificación en las posibles utilidades de estas técnicas, sino que las mismas deben ser utilizadas responsablemente, con los recaudos y precauciones que corresponden.

11. CLASIFICACION DE LOS SERES VIVOS

La clasificación de los seres vivos, desde un punto de vista de la evolución de las especies, sería la culminación sistemática de una cantidad de conocimientos que el alumno tomó durante todo lo estudiado hasta ahora.

Este capítulo debería ser enseñado desde un punto de vista evolutivo, tomando en cuenta la aparición de los principales grupos por una parte, y el fenómeno de extinción por otra.

Acá deberá utilizarse el concepto de la evolución de los vertebrados como ejemplo. Por otra parte deberán reafirmarse los conceptos de conservación de los recursos naturales y la biosfera.

IV. PROPUESTAS PARA LA FORMACION DOCENTE

El éxito de la implementación de las propuestas realizadas para Biología dependerá fuertemente de la motivación que encuentre el cuerpo docente que deberá implementarlas. Esta motivación estará ligada a la confianza que tengan los docentes en poder llevar a cabo la tarea. De allí la importancia de una preparación previa acerca de los contenidos que deberán desarrollar durante los diferentes cursos. Para ello, en una primera etapa deberá informarse con detalle al cuerpo docente de los fines y ventajas que presentan las modificaciones propuestas.

En una segunda etapa debería realizarse una encuesta entre los docentes que aplicarán las nuevas propuestas a fin de detectar la o las áreas temáticas que presentan dificultades en cuanto a los conocimientos que poseen los docentes o bien en la forma de implementar los temas. En este sentido se deberá pedir a los docentes la mayor sinceridad en las respuestas, y que no consideren esta encuesta como una manera de evaluar sus conocimientos específicos, sino que la nueva propuesta *obligatoriamente* implica una actualización en los contenidos y métodos de estudio.

Considero que al comenzar la aplicación de los nuevos contenidos es cuando se van a producir los mayores desfases entre los conocimientos que tienen los docentes y los que se van a dictar. A fin de tender al éxito de la implementación de la propuesta deberá tomarse un tiempo de preparación de los docentes. En una primera etapa podrá proveerse guías de enseñanza que contemplen los contenidos y métodos que deberán utilizarse, y que accedan a la bibliografía original. El mecanismo del desarrollo de esta etapa deberá contemplar el retorno, por parte de los docentes, de las críticas, sugerencias y observaciones, conjuntamente con las dificultades que tienen de falta de los conocimientos actualizados, de comprensión de los textos y/o de los fundamentos de la propuesta, etc.

En la redacción de las guías de enseñanza, las mismas deberán ser confeccionadas teniendo en cuenta especialmente:

- a) La inclusión de nuevos contenidos.

- b) Modificaciones de los contenidos anteriores.
- c) Nuevos criterios para la enseñanza tanto de los contenidos anteriores como de los nuevos contenidos.
- d) Posibilidades de enseñanza experimental en los distintos ítems dentro de los programas, sugiriendo los experimentos tipo.

Otro aspecto que deberá tenerse en cuenta es la realización de cursos para reafirmar conocimientos o bien presentar los nuevos conocimientos o las nuevas maneras de implementarlos. Estos cursos deberán estar a cargo de personal especializado. Los mismos podrán dictarse en un determinado lugar a los que deberían trasladarse los docentes o bien las personas que dictan los cursos podrían trasladarse a distintos lugares.

Es importante que en estos cursos no se dicten sólo contenidos teóricos, sino que también se den ideas acerca de la realización de trabajos de campo, experimentos, etc.

En los años superiores, y especialmente en el ciclo polimodal, es conveniente que en la preparación de los profesores intervengan docentes universitarios, a fin de que colaboren tanto en impartir los nuevos conocimientos, como en las posibilidades de realizar experimentos en los distintos temas. Los mismos deberán ser previamente instruidos en el sentido que se quiere impartir a la enseñanza, a fin de que adecuen el nivel de enseñanza, como la forma de los mismos.

Es lógico que esta propuesta presente serias dificultades prácticas para su implementación porque por un lado no todas las escuelas tienen en las inmediaciones una universidad con unidades académicas que enseñen Biología, y cuando se encuentre que puedan dictar los tópicos que se necesiten. Por otra parte ello demandará una tarea extra por parte de los docentes universitarios que no todos están en condiciones o dispuestos a realizar.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERTS, B., D. BRAY, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS y J. D. WATSON, 1992, *Biología molecular de la célula*, 2ª ed., Barcelona, Omega.
- PUERTAS, M. J., 1992, *Genética. Fundamentos y perspectivas*, Madrid, Interamericana-Mc Graw Hill.
- RAVEN, P. H. y G. B. JOHNSON, 1989, *Biology*, St. Louis, Times Mirror/Mosby College Publishing.
- CURTIS, H. y N. S. BARNES, 1993, *Biología*, 5ª ed., Buenos Aires, Médica Panamericana.
- DARNELL, J. H., LODISH y D. BALTIMORE, 1990, *Molecular Cell Biology*, 2ª ed., Nueva York, W. H. Freeman and Co.

ANEXO
NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

ARRANZ, Silvia, Jefe de Trabajos Prácticos de la Universidad Nacional de Rosario. Especialización en Biología del Desarrollo.

CASTAGNINO, Valeria, Jefe de Trabajos Prácticos de la Universidad Nacional de Rosario.

CUNIO, Rita W. de, Prof. Titular de la Universidad Nacional de Tucumán. Especialización en Chagas.

GATTUSO, Marta, Prof. Asociada de la Universidad Nacional de Rosario.

JUAN, Silvia M., Prof. Asociada de la Universidad Nacional de Rosario. Especialización en Reproducción.

LEWIS, Juan P., Prof. Titular de la Universidad Nacional de Rosario.

Mc CARGO, Jorge, Prof. Adjunto de la Universidad Nacional de Rosario. Especialización en Botánica.

MICELI, D., Prof. Titular de la Facultad de Bioquímica de la Universidad Nacional de Tucumán. Especialización en Reproducción.

ORELLANO, Elena, Prof. Adjunta de la Universidad Nacional de Rosario. Especialización en Biología Molecular.

ROMERO, Mario, Jefe del Dpto. de Ciencias Humanas y Naturales del Instituto Politécnico de la Universidad Nacional de Rosario.

VIALE, Alejandro, Prof. Asociado de la Universidad Nacional de Rosario.

Carlos Omar Della Védova, Química

Doctor en Ciencias Naturales, Universidad del Ruhr, Bochum, Alemania; Doctor en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de La Plata. Programa QUINOR y el Laboratorio de Servicios a la Industria y al Sistema Científico (UNLP - CONICET - CIC), y como docente en el Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.

SUMARIO

- I. Enfoque para el abordaje de los Contenidos Básicos Comunes desde la Química
 - II. Propuesta de Contenidos Básicos Comunes de la Educación General Básica
 - III. Propuesta de Contenidos Básicos Comunes de la Educación Polimodal
 - IV. Contenidos para la Formación Docente
- Bibliografía
- Anexo. Nómina de colegas consultados

I. ENFOQUE PARA EL ABORDAJE DE LOS CONTENIDOS BASICOS COMUNES DESDE LA QUIMICA

Si los pueblos no se ilustran, si no se vulgarizan sus derechos; si no se les dice lo que valen, lo que pueden y lo que se les debe; nuevas ilusiones sucederán a las antiguas y después de caminar algún tiempo entre mil incertidumbres, será tal vez su suerte mudar de tirano, sin destruir la tiranía.

Mariano Moreno, durante los albores de la Patria

El estímulo de la ciencia es sin duda uno de los pilares del desarrollo de cualquier sociedad. Su veneración significa para una nación un progreso intelectual de interés no sólo local sino para toda la humanidad. Sus efectos directos e indirectos son de fácil interpretación.

No sólo la sociedad podrá entonces exigir a sus científicos las condiciones necesarias tendientes a mejorar su calidad de vida, sino que se generará un abanico de opiniones relativizando mensajes “únicos” y absolutos. Se debe tender a que cada ciudadano reconozca el valor de la ciencia. Esto no debe interpretarse como el mero hecho de toda una sociedad trabajando en ciencia. Sería más bien una orientación y formación tal que permitiera a cada ciudadano una evaluación con espíritu crítico de las distintas realidades a las que constantemente se encuentra expuesto.

A través de la ciencia puede aumentarse la capacidad de los individuos y éstos deben actuar posteriormente como puntos de reflejo colectivo que permitan un mejor desarrollo de la sociedad en su conjunto.

Un enfoque, o más bien una componente de enfoque en este sentido, es muy simple. El análisis, el cuestionamiento, el espíritu crítico, la creatividad: ese arte de imitar sólo la originalidad, que se libera de la imposición de los modelos prefabricados y prefijados, la libertad para expresar ideas, aun discutibles y hasta “malas”, el inculcar a aquellos que atesoran y no comparten sus ideas que en realidad están bajo el temor de no volver a tener otras, el hecho de que las discusiones enriquecen las verdades; todo esto y otras consideraciones que se podrían realizar en este sentido constituyen bases de sustento para una educación científica con proyección social.

La química es una disciplina científica de origen milenario. En los albores de la humanidad aparece su primera manifestación: el fuego. Sus implicancias son conocidas. El fuego genera otras transformaciones: la cocción de los alimentos, el

calentamiento del barro y de la arcilla; funde metales y minerales. Estos procesos resultan clave en la historia de la civilización. La metalurgia es la actividad que desempeñó un papel muy importante en la evolución de conocimientos y cuya posterior sistematización condujo a originar la química. En el final del período neolítico, cuatro milenios antes de Cristo, los trabajos en metales constituían un factor de progreso muy importante. Apareció claramente la vinculación entre metales y minerales. La fusión de un mineral y su posterior reacción con carbón fue un método utilizado en aquel entonces para obtener metales y todavía constituye el método general actual de obtención.

El paso del tiempo, con nuevas técnicas, procedimientos de experimentación y una tarea ardua establecieron una serie de conocimientos, no gobernados por el azar.

La articulación posterior de estos conocimientos culminó en el siglo XIX, cuando Mendeleiev elaboró la clasificación periódica de los elementos. Así surge la química como disciplina científica. Sus límites son los elementos y sus transformaciones. Estos límites se superponen con el de otras disciplinas. También los métodos de estudio encuentran una universalidad apreciable.

La química es autogeneradora, la esencia de un nuevo concepto provoca nuevos interrogantes y estimula nuevas búsquedas y experimentaciones que a su vez retroalimentan al sistema. Está en pleno crecimiento y resulta aplicable independientemente de las épocas.

Como ya se esbozara brevemente, su método de estudio no difiere mucho del que quizás utilizaría un zoólogo interesado en determinar cómo influye en el comportamiento de los leones el hecho de escuchar música clásica continuamente. Un ejemplo permitirá aclarar más esta cuestión.

Un caso difundido y propagandizado es el de los dinosaurios, quienes dominaron la vida de nuestro planeta millones de años. En determinado momento desaparecieron. ¿Por qué? En la etapa de observación y de colección de datos, los científicos (paleontólogos) estudiaron fósiles y esqueletos depositados en rocas de diversas capas de la corteza terrestre. Así se elaboraron mapas tendientes a saber dónde y en qué períodos existieron las distintas especies sobre la Tierra. Un dato resultó evidente. Las rocas formadas hace 65 millones de años no presentan restos de dinosaurios. Su extinción data desde ese entonces.

¿Qué aconteció? Una hipótesis sería pensar en alteraciones de la cadena celular de alimentación. Otra, en cambios debidos a erupciones volcánicas. Se trataron de sistematizar las pruebas, pero finalmente no se llegó a ningún resultado coherente.

En 1977 un grupo de científicos encontró un alto contenido del elemento iridio en distintos sedimentos localizados sobre arcillas, que databan de tiempos inmediatamente después de la desaparición de los dinosaurios. El iridio es poco abundante en la corteza terrestre pero muy abundante en los asteroides.

El armado del rompecabezas condujo a los científicos a establecer la siguiente hipótesis. Un gran asteroide impactó la Tierra hace aproximadamente 65 millones de años. Este impacto debió ser tan grande que hubo evaporación de rocas, suelo y otros objetos de la corteza terrestre. El polvo denso así formado flotó en el aire e impidió el paso de la luz solar por meses o quizás años. Comenzó a faltar luz en grandes regiones del planeta y los vegetales no podían crecer ya que el proceso fotosintético se veía interrumpido. Una prueba adicional establece que muchas plantas desaparecieron durante esa época. Muchos animales que se alimentaban de plantas murieron y causaron problemas a los animales carnívoros en el esquema de alimentación. Obviamente los animales más grandes fueron los que más sufrieron este impacto ya que necesitaban mayor cantidad de alimentos para sobrevivir.

Esta hipótesis debe ser sometida a futuras comprobaciones. No sólo murieron los dinosaurios, otras especies grandes también perecieron. Muchos de los científicos hablan de la Teoría de la extinción de los dinosaurios apoyados por estas evidencias.

Este ejemplo demuestra una estrategia general de trabajo. Se definió el problema: ¿Qué pasó con los dinosaurios? Luego se realizaron observaciones, algunas no conducentes y otras sistematizables y conformables. Se planteó una hipótesis posteriormente sujeta a nuevas evidencias. Se duda, se cuestiona. Los datos posteriores confirman la hipótesis previa. Se puede establecer una teoría bastante audaz para generar una explicación plausible.

En este mismo ejemplo es también posible apreciar cuán amplia y profunda puede ser la superposición de la química con otras disciplinas. La determinación de las cantidades de iridio en la corteza terrestre permitió relacionar los valores y compararlos con los existentes en los asteroides.

Un químico puede desarrollar sus actividades en un laboratorio, ésta es la imagen usual, pero puede preparar medicamentos, agroquímicos, estudiar las velocidades con que se producen las reacciones, las formas y tamaños de las moléculas, sus interacciones con la luz. Puede haber procesos biológicos involucrados. Otros químicos utilizan la computadora o equipos sofisticados para analizar las señales o los mensajes que las moléculas nos envían y cuya correcta interpretación es su función. Así se puede establecer qué sustancias tóxicas están contenidas en el medio ambiente como productos de contaminación industriales o de fábricas.

En la actualidad no hay ningún trabajo científico que no pueda tener algún nexo con la química. Las incógnitas en medicina y biología son estudiadas actualmente a nivel molecular. Esta creciente interacción y esta búsqueda permanente es expresada por el dos veces galardonado con el premio Nobel, Linus Pauling, el cultor de la vitamina C en la dieta humana. Pauling expresa que si la gente pudiera evaluar lo poco que saben de química los médicos trataría de consultarlos lo menos posible. Esto indica una tendencia, un alerta, una direccionalidad.

Procesos en principio alejados unos de otros, tales como la síntesis de un compuesto, la ruptura de una cadena carbonada por calor, la desaparición de grandes cantidades de ozono en la estratosfera, los superconductores de alta temperatura, el proceso biológico de obturación dental, los láseres, la fotografía, pueden relacionarse estrechamente a través de la química, una ciencia interdisciplinaria.

Como en cualquier otra disciplina, se requiere para aprenderla y manejarla una correcta utilización del vocabulario químico. Su correcta formulación favorecerá el empleo dirigido al entendimiento de sistemas distintos.

La pasión por la investigación es el nexo de los científicos con el laboratorio. Sólo el ejemplo, la inquietud, el dinamismo, pueden favorecer las actitudes de los educandos. Esto nos revela un problema central. El conjunto docente-educandos.

Se debería realizar un esfuerzo intelectual muy grande para imaginarse una situación real esbozada en el Art. 15, parte a), de la Ley Federal de Educación. Sin embargo, su tendencia, la de igualdad de calidad y logros de aprendizaje, tiene un correlato manifiesto con la capacitación y motivación docente necesarias. Todo sistema tiene un cuello de botella. En este caso si no se logra la posibilidad de transmitir adecuadamente los que pueden ser los conocimientos mejores, se cae en una repetida frustración. El atender los males coyunturales y estructurales es el desafío actual, quizás primordial, para que los resultados deseados por todos puedan ser materializados a la mayor brevedad posible.

La posterior evaluación de los progresos logrados debería ser también una condición importante de este proceso. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que los tiempos históricos pueden ser dilatados. Hoy se acepta que la progresiva degradación del sistema educativo ha llegado a límites alarmantes. Esta degradación tiene sus orígenes en décadas pasadas y repercute en la actualidad. La reversión de este proceso demanda también tiempo. La meta final deseada se alcanzaría cuando la generación que se eduque bajo este marco de referencia hubiere alcanzado la formación y pudiere a su vez formar a una nueva generación bajo esta nueva orientación.

El maestro debe ser situado en el centro de la mira de la sociedad. Atiende, contribuye y ejerce influencia en la educación, la salud física y mental, la evolución, las características sociales y de relación de nuestros hijos. Para tantas responsabilidades deben existir recompensas no sólo materiales, sino también en el reconocimiento de la sociedad.

Ya en los umbrales del siglo XXI podemos avizorar claramente algunas de las cuestiones que resultarán de vital importancia. Los estudios de agua, los relacionados con la capa de ozono y el medio ambiente demandarán respuestas concretas por parte de la comunidad.

En otro sentido la química extenderá aún más sus raíces y penetrará en la in-

terdisciplina. Los métodos espectroscópicos permitirán la obtención de soluciones de distintos procesos tendientes a aclarar la química de la vida y los orígenes de la misma.

El basamento actual deber ser reforzado y la química de preparación de sustratos orgánicos complejos es sin duda una materia de futuro.

La computación, la informática y la cibernética cobrarán cada vez más significado. Sin embargo, no debe perderse de vista que el aprendizaje de la química necesita un basamento eminentemente experimental. Los procesos en donde las transformaciones químicas se producen nunca transcurren en sistemas virtuales, son siempre “experimentales”.

Esto indica la necesidad de dotar a los establecimientos de materiales necesarios para la formulación de una serie de experiencias que enriquezcan otras que puedan desarrollarse con materiales menos sofisticados.

Dentro de este contexto se formularán propuestas de contenidos básicos comunes, es decir, qué conocimientos relacionados a la disciplina química deberían ser manejados por el ciudadano del siglo XXI. Para ello es necesario demostrarle en forma clara y simple cómo influye la química en cada rama de la ciencia y, por lo tanto, en todos los aspectos de la vida.

Esta visión tendrá que dirigirse también a un aspecto esencial de superación individual con alcances sociales. Por otra parte, el ciudadano estará mejor preparado para defenderse del constante avance de productos sintéticos y desarrollos varios que no siempre son los más adecuados.

Por último el vínculo entre ciencia (la química como ejemplo de una disciplina) y la tecnología es indisoluble. Bajo este marco sería también deseable establecer una proyección temprana orientativa a fomentar la cultura de la producción.

II. PROPUESTA DE CONTENIDOS BASICOS COMUNES DE LA EDUCACION GENERAL BASICA

Introducción

¿Qué debe saber de química un ciudadano en el siglo XXI?

Para contestar esta pregunta se debe tener en cuenta que la química es una disciplina central ya que provee los elementos necesarios para tratar muchas de las necesidades sociales actuales.

Ese ciudadano debe poseer todas las herramientas usuales, es decir, manejar los fundamentos clásicos y a partir de allí, en forma general, se puede abocar al estudio de los diversos conceptos que actualmente surgen y que están en relación directa con la química.

El control de la población, nuevas formas de energía, las vestimentas y, en general, la mejora de la salud y el retardo de la muerte, los problemas de alimentación y la protección de nuestro medio ambiente son todos temas que poseen como común denominador a la química.

Otra parte enunciable es la actividad económica con todos sus matices, que hace de la química un importante factor para ser considerado, pues además de la parte estrictamente de producción se le debe sumar la cantidad de empleos que se originan a través de ella.

Ya en este punto es posible asegurar que no puede haber otra área que ofrezca más matices que la química en el desarrollo de la sociedad del futuro. Inclusive es previsible, tal cual como ha ocurrido en el pasado, que problemas aún desconocidos puedan ser resueltos en el futuro con ayuda de la química.

Contribución de la química a la sociedad

La química ofrece una racionalización necesaria para tratar muchas necesidades sociales, incluyendo aquellas que determinan directamente la calidad de vida de

la población. A continuación se enumerarán algunos tópicos, los que luego se sugiere que sean ampliados convenientemente en la Educación Polimodal.

El criterio a emplearse puede ser que en una primera etapa, es decir en la correspondiente a la EGB, el abordaje de los temas sea sólo *descriptivo*; mientras que en la etapa correspondiente a la Educación Polimodal la enseñanza pueda plasmarse con la *formulación* apropiada.

Los temas a desarrollarse son: nuevos procesos, energía, nuevos materiales, alimentación, salud, biotecnología y medio ambiente.

Nuevos procesos

Mediante una manera descriptiva se puede introducir la importancia de nuevos procesos (ver parte III). Todo proceso actualmente utilizado fue nuevo en su momento. La constante evolución observable en la sociedad reconoce la búsqueda continua de nuevos procesos, cuya manifestación es la producción de nuevas sustancias o de sustancias conocidas, mejorando los métodos de obtención.

Energía

Gran parte de la energía que se consume actualmente está basada en tecnología química. Ese hecho se mantendrá inclusive en los próximos años. La protección del medio ambiente surge como una cuestión inherente a este hecho, por utilización de mejores controles en la producción y pretratamiento de los combustibles de generación energética que provocan contaminación. Por lo tanto debe atenderse la manera de minimizar este hecho. La racionalización del consumo energético y de los bienes que actualmente se consumen y que necesitan de dosis elevadas de energía para su producción debe ser también considerada.

Nuevos Materiales

Seguramente los nuevos materiales transformarán en parte nuestros hábitos actuales tanto en nuestras vestimentas, condiciones de vida en general y transportes. La química es esencial también en este campo interdisciplinario ya que posibilita la utilización de polímeros y otras nuevas sustancias que reemplazan a materiales tradicionales utilizados, sea por ventajas de calidad o porque éstos ya resultan escasos.

Alimentación

El incremento de la cantidad, la calidad, el control y la preservación de los alimentos y el uso de la fotosíntesis son temas relacionados con la química.

Salud

La química desempeña también un papel central en la clarificación del proceso biológico del ciclo de la vida.

Los procesos de la vida, nacimiento, crecimiento, reproducción, envejecimiento y muerte son manifestaciones de cambios químicos. La química actualmente contribuye a la clarificación de los procesos biológicos complejos a nivel molecular.

Hace importantes contribuciones tanto a la fisiología como a la medicina elaborando medicamentos desarrollados estratégicamente, a través de la síntesis de nuevos compuestos que mejoran la salud y alivian algunos padecimientos como aterosclerosis, hipertensión, mal de Parkinson, cáncer y desórdenes en el sistema nervioso central e inmunosistema.

Biotechnología

En los últimos años, biólogos moleculares y bioquímicos produjeron progresos remarcables en ingeniería genética, partiendo de principios químicos y relaciones entre las estructuras químicas y funcionales entre moléculas y supermoléculas (proteínas, DNA) dentro de sistemas biológicos. El adelanto en este campo dependerá fuertemente del entendimiento de los procesos a nivel molecular. Nuevamente aparece entonces la química como contribuyente a este progreso para conseguir el objetivo deseado.

Medio ambiente

La química contribuye efectivamente con técnicas analíticas para monitorear el comportamiento del ambiente, reconoce sus orígenes, puede ayudar a asesorar en la utilización de vías alternativas y procesos que minimicen efectos indeseados.

Se necesita saber qué es el medio ambiente, por qué es importante y adónde nos dirigimos sin un adecuado control.

El crecimiento no controlado de la población, su impacto en el hábitat y el medio ambiente requieren de estrategias que no deben ser dejadas al azar. La química ayuda también a resolver este tipo de cuestiones tratando los balances involucrados en el problema.

Los temas tratados, seleccionados en base a distintos desarrollos donde la química no está ajena, nos conducen a preguntarnos qué partes de la química contribuirán prioritariamente para la solución o tratamiento de los ítems mencionados. Por otra parte, es importante realizar una evaluación de la prospectiva de la química. Los resultados a que se llega surgen naturalmente desde este análisis.

III. PROPUESTA DE CONTENIDOS BASICOS COMUNES DE LA EDUCACION POLIMODAL

A continuación se enumerarán una serie de tópicos resumidos que posteriormente serán ampliados y que resultan y serán de importancia para la educación del ciudadano a partir de los umbrales del siglo XXI .

Algunas herramientas de importancia, es decir conocimientos básicos importantes que resultan de interés en relación a los temas tratados son: cinética química, química teórica, catálisis, estudios de materiales, síntesis, química de la vida y finalmente técnicas de laboratorio.

Cinética química

Gracias a la disponibilidad experimental actual, este concepto es importante ya que sirve para clarificar los factores que gobiernan en el tiempo aspectos del cambio que se produce en la materia.

Química teórica

Acompañada de la vertiginosa evolución de las computadoras, esta disciplina es muy importante para ser entendida. Este tipo de cálculo sirve para racionalizar muchos aspectos de la química que por su naturaleza no pueden ser elucidados experimentalmente. En otros casos predicen comportamientos y tendencias. Por ejemplo, potencialidad curativa de ciertos medicamentos, eficiencia de un catalizador, etc.

Catálisis

La posibilidad actual de “ver” las superficies gracias al equipamiento actualmente a disposición permite determinar cómo reaccionan las sustancias sobre las superficies catalíticas (aquellas que aceleran o desaceleran la velocidad con que una

reacción se lleva a cabo). Estos conceptos se asocian a avances que tendrán gran interés económico y tecnológico.

Materiales

Vidrios, cerámicas, polímeros, aleaciones, materiales refractarios son elementos continuamente investigados en relación con su importancia tecnológica, científica y económica. El descubrimiento de sustancias que poseen cada vez mayores temperaturas superconductoras es un desafío contemporáneo en el campo actual de los materiales. De continuar con la presente tendencia, nos encontraremos con aplicaciones aún insospechadas originadas desde este campo.

Una interdisciplina donde la química desempeña un papel central es la derivada de la producción de circuitos eléctricos y memoria a escala molecular. Otro desafío en la ciencia de los materiales donde la química realiza sus aportes sistemáticos.

Síntesis

Para ejemplificar adecuadamente el progreso de esta parte de la química que se ocupa del estudio de los caminos de reacción, de reacciones y de nuevos compuestos sintéticos podemos decir que el aumento de nuevos compuestos sigue una ley que es más rápida que un crecimiento exponencial! Este hecho indica la importancia del dominio de las estrategias inorgánicas y orgánicas en la síntesis de compuestos que van desde los más simples hasta complejas estructuras de cadenas carbonadas. Más aún, existe un punto de contacto entre las separaciones más bien arbitrarias recientemente esbozadas. Constituye todo el grupo de los denominados compuestos organometálicos.

Química de la vida

El avance de la biología y la bioquímica en todos los procesos relacionados a la química de la vida y sus orígenes desemboca para su profundización en el estudio de los procesos químicos básicos a nivel molecular, sus interacciones y sus arreglos conformacionales, es decir las posiciones favorecidas de los átomos de una determinada molécula en el espacio.

Estos estudios arrojarán mejores resultados en el entendimiento de los procesos vitales, en el mejoramiento y en la preservación de la vida.

Técnicas de laboratorio

Todos estos avances y estudios son y serán posibles gracias a la utilización de materiales, métodos y equipamiento que distan mucho de la idea que aún hoy persis-

te en la que se identifica al químico mezclando soluciones contenidas en sendos tubos de ensayo y calentando la mezcla con un mechero apropiado.

El conocimiento del funcionamiento de estas técnicas usuales en el mundo contemporáneo permite entender desde complejos mecanismos moleculares hasta el monitoreo apropiado del medio ambiente.

A continuación se profundizan los conceptos ya utilizados en la parte II. El manejo de estos conceptos debe tender en esta etapa a ser formulada convenientemente.

Nuevos procesos

La pregunta de por qué es necesario entender la importancia de una reacción química y su control puede ser contestada lógicamente cuando se observa que existe la tendencia de convertir sustancias abundantes en sustancias útiles. Si esta operación puede ser llevada a cabo a escala industrial se está en presencia de un “Proceso químico”.

Un papel muy importante en la búsqueda de nuevos procesos y en el mejoramiento de otros lo tienen los catalizadores, aquellas sustancias que no toman parte en la reacción pero que pueden aumentar la velocidad de la misma en 10 órdenes de magnitud.

Un catalizador selectivo puede presentar el mismo efecto pero afectando sólo una reacción competitiva (esto ocurre cuando hay más de una reacción que puede tener lugar).

Un catalizador estereoselectivo no sólo controla la composición, sino también favorece una determinada disposición espacial de los átomos componentes de una molécula. A menudo esta conformación particular tiene un efecto determinado sobre propiedades físicas (plasticidad, propiedad de tensidad) y biológicas (activando o directamente provocando actividad biológica a las sustancias). Por ejemplo, los átomos dispuestos de una determinada forma en el espacio pueden no presentar propiedades observables; sin embargo, esos mismos átomos en otra disposición espacial (manteniendo sus ligaduras) pueden ser origen de interesantes perfumes, dada su fragancia, o compuestos de actividad medicinal.

Para graficar aproximadamente sobre la constitución y propiedades de un catalizador podemos mencionar que muchos procesos requieren la presencia de sustancias de gran valor como pueden ser Pt (platino) o Rh (rodio). La utilización de los elementos como tales traería enorme encarecimiento en el precio de los procesos. Sin embargo, es posible recubrir otras sustancias con una fina capa de estos catalizadores, en forma semejante a la piel de los seres vivos, y aumentar así la efi-

ciencia en su uso. Eso indica que sólo la superficie del catalizador es importante para la producción de un determinado proceso. Por ejemplo, cuando una molécula de metanol se deposita sobre una superficie que contiene Rh es adsorbida. La posterior llegada de una molécula de CO (monóxido de carbono) provoca la reacción química con formación de ácido acético. Sin la presencia de Rh como catalizador, el metanol y el CO no reaccionan en la fase gaseosa, aun cuando están en contacto por días. Este proceso descrito es la base actual de obtención de ácido acético a nivel mundial.

De acuerdo a la naturaleza física y química de los catalizadores empleados podemos dividir a la catálisis en las siguientes categorías:

Catálisis heterogénea: la reacción se produce sobre la superficie de un catalizador (metal, óxido metálico u otro sólido) con reactantes líquidos o gaseosos.

Catálisis homogénea: la reacción se desarrolla en la fase líquida o gaseosa en la cual el catalizador y los reactivos están disueltos.

Electrocatalisis: la reacción se produce en la superficie de un electrodo en contacto con una solución asistida por un determinado flujo de corriente.

Fotocatalisis: la reacción puede transcurrir en una interface (incluyendo un electrodo) o en una solución homogénea. La energía de la reacción es provista por absorción de luz.

Catálisis enzimática: presenta características similares a las catálisis homo y heterogénea. En este tipo de catálisis se consideran estructuras moleculares relativamente grandes. Una parte de la molécula reaccionante puede ser “inmovilizada” como en la catálisis heterogénea, mientras que la otra parte tiene un entorno químico adecuado como para que la reacción transcurra favorablemente.

Energía

La palabra energía contiene en sí misma una noción clara de su importancia en cualquier tipo de desarrollo. La química está íntimamente ligada a su producción. En forma concomitante existe una disminución de los combustibles líquidos y un continuo incremento de la protección del medio ambiente. Estos hechos conducen a la búsqueda de energías alternativas para el futuro. Sin duda este es un tema crucial y su asociación a la química debería ser comprendida por la sociedad. En ese caso habría una idea más clara sobre la elaboración de políticas energéticas, de su importancia actual y futura para las nuevas generaciones.

Las fuentes energéticas relacionadas a la química pueden ser clasificadas en derivadas de: 1) petróleo, 2) gas natural, 3) carbón, lignito, hulla, 4) aceites, 5) biomasa, 6) energía solar, 7) energía nuclear o fisión, 8) fusión nuclear.

1) *Petróleo*. La importancia del petróleo en nuestros días puede entenderse fácilmente cuando se consideran las cifras de consumo mundial. Entre 1969 y 1979 se consumió aproximadamente tanto petróleo como desde el inicio de su explotación hasta el año 1969. Esta aceleración del consumo, hecho equivalente a la creciente utilización energética de la sociedad actual y a la necesidad de la utilización de los derivados indica la tendencia actual y futura. Si bien la disponibilidad actual de petróleo es todavía mucha (se estiman unos 3.800 millones de barriles), la mayor parte no resulta de extracción directa con los métodos actualmente disponibles. Estos métodos son los que utilizan la presión natural y, de manera más sofisticada, el que necesita de la inyección de agua o gas mediante un sistema a presión adecuado.

A nivel mundial existe más petróleo que por su localización no puede ser extraído por los métodos anteriormente mencionados. Esto implica que otros métodos con ayuda de conocidos fenómenos químicos deben ser empleados para su extracción. Es así que detergentes o polímeros pueden ser preferentemente utilizados para disminuir la tensión superficial entre el aceite y el agua reduciendo la presión capilar.

La ayuda de la química también se extiende al tratamiento de los diversos tipos de petróleo; por ejemplo aquellos con más contenido de azufre (como el existente primariamente en Venezuela), con constituyentes de mayores pesos moleculares y con constituyentes que envenenen los catalizadores (con vanadio, níquel, etc.).

Vale la pena destacar que el petróleo no sólo es importante para convertirlo en energía, sino que también puede ser usado selectivamente en forma más sofisticada. Sin duda, la estrategia de utilizar al petróleo para fines de obtención de sus derivados incluyendo presuntos nuevos derivados sería el más inteligente de los usos.

2) *Gas natural*. El gas natural está compuesto por una mezcla de hidrocarburos de peso molecular bajo, principalmente metano, etano, propano y butano. Normalmente, el gas de mayor proporción resulta ser el metano.

El etano y el propano pueden ser convertidos catalíticamente a etileno, propileno y acetileno, todos ellos precursores de interés en nuestra sociedad.

3) *Carbón*. El carbón constituye la fuente de energía más abundante. Se calcula que hay aproximadamente 30 veces más reservas energéticas asociadas al carbón que al petróleo.

Se lo puede usar también en forma más sofisticada que para la producción de energía, es decir, la simple combustión. Se puede conseguir el gas de agua, pro-

ducto de la mezcla de vapor de agua a presión sobre carbón. A partir del mismo se puede obtener, variando el catalizador utilizado, glicoles, metanol, metano, hidrocarburos ramificados de alto y bajo peso molecular, etilenglicol, etc.

Todos los procesos mencionados necesitan de catalizadores. Es de esperar que nuevos catalizadores ayuden a continuar desarrollando esta área de tanto interés.

4) *Aceites*. En general, estas fracciones líquidas tienen una alta relación de H/C. Sin embargo, pueden contener impurezas no deseadas, como arsénico, compuestos orgánicos nitrogenados y azufrados. La química resulta de utilidad y ayuda a resolver y hacer eficiente la utilización de estas fracciones.

5) *Biomasa*. La acción de bacterias en la atmósfera en ausencia de oxígeno produce estimadamente ¡hasta 800 millones de toneladas de metano! Resulta obvio que la utilización de este potencial constituye un desafío actual para la producción de energía.

Es sabido que el dióxido de carbono se incrementa continuamente debido a la combustión, principalmente de combustibles derivados del petróleo. Esta sustancia es transparente a la luz visible, pero absorbe en el espectro infrarrojo. Esto significa que permite la entrada de radiación solar pero intercepta la radiación infrarroja producto del calentamiento de la atmósfera, por ejemplo, por combustión de combustibles fósiles. Por lo tanto, el dióxido de carbono no deja escapar el “calor” producido en los procesos que ocurren en nuestro planeta, produciendo un gradual aumento de la temperatura.

Como dato a ser tenido en cuenta, puede mencionarse que un aumento de la temperatura de alrededor de 5° C provocaría la fusión del hielo de los casquetes polares. Las consecuencias de este fenómeno son impredecibles en la actualidad.

Aunque la combustión del metano producido por la biomasa produzca dióxido de carbono, en la producción de aquel fue necesaria la extracción del dióxido de carbono. Es así que en el balance neto no hay aparición de nuevas cantidades del gas que produce el efecto invernadero.

6) *Energía solar*. La fotosíntesis es el proceso más importante donde se utiliza la energía solar. Es el maravilloso proceso en el cual las plantas verdes aprovechan la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos a partir del dióxido de carbono y agua ¡con la producción de oxígeno!

Otra interesante utilización de la energía solar la constituye su conversión directa a energía química o eléctrica con ayuda de desarrollos electroquímicos. Actualmente algunos países presentan en el mercado oferta de ventas de automóviles propulsados con baterías solares. Estos prototipos son especialmente útiles

para ciudades, dado sus tamaños reducidos y el poco índice de contaminación que generan. Países o regiones con características atmosféricas favorables podrán utilizar este recurso, que aún necesita ser desarrollado, pero que contiene ventajas comparativas importantes. El problema más importante a resolver es el aumento de la eficiencia en la conversión de la energía solar a energía eléctrica. Progresos continuos permiten ser optimistas en este campo.

7) *Energía nuclear o fisión*. Quizás la más conocida de las “aplicaciones” de la energía nuclear sean las bombas atómicas que EE.UU. dejó caer sobre ciudades japonesas. Los testimonios de la época permiten reconstruir la existencia de un verdadero infierno en la faz de la Tierra.

Esta capacidad casi ilimitada de destrucción puede ser utilizada de otra manera con fines de producción de energía. Sin embargo, a la temprana euforia sobre la utilización de esta energía le siguió toda una serie de problemas que van surgiendo paulatinamente y que son de difícil solución. La no atención de los problemas inherentes a esta tecnología puede traer resultados nefastos. Un ejemplo límite lo constituye lo ocurrido en la central atómica de Chernobyl. Otras usinas nucleares en la ex República Federal de Alemania estaban en condiciones calamitosas y por un hecho quizás fortuito las cosas no pasaron a mayores percances. Otro problema de este complicado circuito lo constituye la eliminación de los residuos, que a diferencia de los domiciliarios, son nucleares.

La química desempeña un papel muy importante en todo este problema. Si se admite que la energía nuclear continuará siendo producida, deberán encontrarse nuevas fuentes de uranio, el que deberá ser tratado para concentrar al isótopo (“clase de uranio”) de mayor utilidad. El tratamiento de la basura radiactiva es también responsabilidad de los químicos y geoquímicos (si los desechos serán alojados en el subsuelo). Este es un punto importante a ser entendido. De todos los desechos nucleares hay algunos productos que son mucho más nocivos para la salud que otros y que pueden tener un promedio de vida activa (y destructiva ya que permanecen radiactivos) de varios cientos de años como aquellos de la familia de los actínidos. Estos deberán ser cuidadosamente separados y acondicionados para evitar problemas posteriores.

8) *Energía de fusión*. La fusión es un proceso mucho menos desarrollado, en lo que se refiere a fines pacíficos, que la fisión. En su desarrollo es importante la química ya que están involucrados componentes del reactor, reacciones de altas temperaturas, comportamiento del plasma generado a altas temperaturas y los efectos de estos fenómenos en el medio ambiente en general y, en particular, en las cercanías del reactor.

Conclusiones

Es evidente que el entendimiento de la importancia de la energía, de su aprovechamiento y de las consecuencias que el mismo acarrea está íntimamente ligado a la química. La sociedad actual evoluciona con rapidez y cada día parece más ávida en energía. ¿Cuánto cuesta en petróleo o equivalentes de energía y a qué carga se somete al ambiente con cada uno de nuestros consumos? Un balance apropiado de cada uno de ellos nos ayudará a racionalizar y a comprender las verdaderas necesidades del mundo contemporáneo. Pareciera ser que no se quiere prestar atención a este tema y que el hecho de ignorarlo produjera una solución en sí mismo. Sin embargo, se sabe que no es así. Esta temática contribuirá sustancialmente al entendimiento del ciudadano de distintos problemas, por ejemplo sobre la evaluación de construcciones de usinas hidroeléctricas, centrales nucleares o térmicas, entre preferir autopistas sobre líneas ferroviarias, sobre el valor correcto de los consumos que actualmente invaden nuestra sociedad.

Aquí el papel de la química y de la ciencia es central. La elección de la utilización de distintas clases de energías esta cargada de cuestiones económicas, políticas y emocionales. Es importante discutir entonces los verdaderos alcances, riesgos y beneficios, para que la elección se haga sobre las bases más sólidas y fundamentadas posibles.

Nuevos materiales

En forma intuitiva podemos incluir bajo la denominación de material una amplia gama de sustancias que involucran partes de autos, aviones, lapiceras, computadoras, puentes, edificios, puertas, casas, radios, zapatos, camisas, paredes y ventanas. Las aplicaciones de los materiales que constituyen los objetos mencionados y tantos otros es la razón de la eterna búsqueda de nuevos materiales y sus nuevas aplicaciones. La correcta estrategia para la formulación de un nuevo material permitirá muchas veces al científico acercarse a las propiedades deseadas para una determinada función.

Otras disciplinas favorecen conjuntamente el desarrollo de los semiconductores y superconductores. Este es un gran ejemplo de interdisciplina, donde la química, física e ingeniería contribuyen a alcanzar las metas propuestas.

Se detallará a continuación algunos materiales importantes que están presentes en nuestras vidas, aun cuando no tengamos conciencia de ello.

Plásticos y polímeros. Dos materiales poliméricos naturales están presentes en las proteínas y la celulosa. Gran parte del desarrollo de este campo está asociado a la búsqueda de la síntesis del caucho.

Es tal la cantidad de polímeros desarrollados en el presente que resulta realmente difícil imaginarse nuestra vida sin su presencia.

A nivel mundial su utilización aumenta mucho más rápido que la del acero, sustituyéndolo en muchas de sus aplicaciones.

Las condiciones exactas de preparación de un determinado polímero fijan sus propiedades posteriores. Inclusive factores como la fotodegradación y la biodegradación pueden ser modelados, y su correcta utilización evitaría los problemas de acumulación de estos materiales. Por su inercia muchos de ellos presentan una vida excesivamente larga, de allí la importancia que adquiere el estudio de los procesos de degradación.

Un ejemplo de la aplicabilidad lo dan las cientos de empresas de aviación que utilizan para sus aviones partes fabricadas con un polímero orgánico resistente y liviano, el poli(parafenilen tereftalimida).

Otro ejemplo cercano es el de los automóviles. Las ventajas de la reducción del peso, la corrosión y el costo se aplican en la actualidad convenientemente.

Mucho se podría decir acerca de las propiedades de los materiales actualmente tratados. Sin embargo este tema está más allá del presente trabajo. Sólo se mencionarán algunos de los polímeros simples que reconocen un sinnúmero de aplicaciones cotidianas: polietileno (bolsas de plástico, recipientes, herramientas), politetrafluoruro de etileno (conocido como teflón, aislante, utensilios de cocina), polipropileno (decoraciones, recipientes), cloruro de polivinilo (rollos de plástico, cañerías), poliestireno (aislador, para modelar), poliacrilonitrilo (hilados), acetato de polivinilo (adhesivos, pinturas, textiles), cloruro de polivinilidino (rollos utilizados en alimentación), metacrilato de polimetilo (sustituto de vidrio, balones, pinturas).

Materiales ópticos novedosos. Así como el tubo de vacío ha sido reemplazado por transistores en la electrónica moderna, los alambres de cobre fueron reemplazados por fibras de sílica del tamaño de cabellos para transmitir por teléfono conversaciones y datos digitales desde un lugar a otro. En vez de pulsos electrónicos en el conductor, pulsos de luz son enviados a través de la fibra óptica para transportar un bit de información.

Esta tecnología es aplicada desde el momento en que se hizo posible la utilización del proceso llamado deposición química del vapor, mediante el cual la sílica, de diámetro diez veces menor que un cabello, es depositada sobre un vidrio apropiado.

Conductores eléctricos nuevos. Dentro de esta denominación se pueden incluir a los semiconductores, a los conductores orgánicos, a los superconductores y conductores iónicos de estado sólido. Los adelantos tecnológicos y las aplicaciones de estas clases de sustancias se incrementan constantemente.

Durante los años venideros habrá seguramente más cambios en los materiales con los que nos vestimos, con los que se construyen casas, autos, aviones, y en todo tipo de materiales cotidianos. La química está también en el centro de esta temática, muchas veces interdisciplinaria.

Alimentación

Hace aproximadamente 12.000 años cuando surgía la agricultura, los primeros signos del intento de los hombres de aumentar las oportunidades de supervivencia estaban siendo visibles. Se estima que durante aquella época la población alcanzaba los 15 millones de personas. 2.000 años después y gracias a la ayuda de la agricultura la población estimada era de 250 millones de personas. En el 1650 se había duplicado a 500 millones. Luego de 200 años, en 1850, nuevamente se había duplicado a 1.000 millones. En 1930, 80 años después, se superó el valor de 2.000 millones. Las estimaciones actuales indican que para el año 2015 la población mundial alcanzará los 10.000 millones de personas. Las estadísticas de crecimiento del lustro 1960-1965 comparadas con las del lustro 1975-1980 revelan que existe mundialmente una desaceleración del 9% en la velocidad de crecimiento de la población. Un 43% le corresponde a los países industrializados, a Asia un 33%, a Latinoamérica un 4% y a países en vías de desarrollo un 6%, mientras que en África aumentó la velocidad de crecimiento en un 16,9%! En 1983, casi un 0,5% de la población mundial murió de hambre, y un 12,5% estaba muy por debajo del umbral de nutrición. Patéticas escenas nos llegan casi a diario por medios gráficos y televisivos.

El planeamiento de una mejor distribución de los alimentos y la limitación voluntaria del crecimiento de la población ayudarían a resolver los problemas. En otro sentido, más que elemental, se podría decir que el hambre y la desnutrición son responsabilidad de aquellos que la padecen. Sin embargo, más que de aquellos resulta claro que la responsabilidad afecta a los que con su poder de decisión pueden alterar el curso de los eventos.

Una parte de estos cambios puede provenir de la ciencia, ayudando a la producción de mayores cantidades de alimentos y a la limitación voluntaria del crecimiento de la población.

Debe tenerse en cuenta que el incremento de las áreas cultivadas podría no resultar significativo en relación con otros progresos que se pueden realizar brindando mayores rendimientos a las áreas actualmente sembradas.

Cada expansión de las áreas a cultivar representa no sólo importantes inversiones económicas, sino también una afectación a la ecología y a la vida animal. Aun en nuestro país, con grandes extensiones disponibles, debe resolverse el dilema para hacer más eficiente el incremento de la provisión de alimentos. Además de las

obvias características políticas que presenta el problema debemos tener en cuenta que para un mejor suministro de alimentación se debe mejorar la producción, el almacenado, la conservación de los fertilizantes, agua y combustibles y mejorar la utilización de la energía solar a través de la fotosíntesis. La ciencia en general y la química en particular son aptas para colaborar en cada uno de estos pasos tendientes a clarificar los ciclos biológicos de la vida y a entender qué factores se deben controlar. Estos factores incluyen hormonas, feromonas, sustancias de elevada defensa y nutrientes. Al mismo tiempo se debe sopesar la eventual parte negativa de la introducción al suelo de los anteriores compuestos.

Actualmente se debe tener en cuenta que los agroquímicos sirven para controlar las plagas de insectos y no para exterminarlas. En el pasado se han tenido experiencias negativas surgidas por un desequilibrio biológico profundo. A continuación se sugieren algunos ejemplos que revelan la importancia de la química en esta problemática.

Reguladores del crecimiento. Son compuestos que en pequeñas concentraciones regulan la fisiología de plantas y animales. Incluyen compuestos naturales producidos dentro del organismo (sustancias endógenas) y además en algunos productos naturales provenientes del entorno (sustancias exógenas). Por otra parte, muchos compuestos similares han sido sintetizados y funcionan como reguladores del crecimiento. Son modelados según un prototipo natural. Muchos de ellos extraen la parte ponderable y evitan la parte no deseable de algún producto natural.

Las sustancias endógenas están presentes en plantas o animales, cuando ejercen actividades regulatorias se las denomina hormonas (hormonas de crecimiento, hormonas sexuales, etc.). Pueden ser consideradas como los mensajeros químicos entre las células. Sin embargo esta definición podría resultar incompleta a la luz de nuevos descubrimientos.

Algunos ejemplos de estos reguladores que poseen estructuras moleculares variadas son: ácido indolacético, ácido gibberélico, citocininas, ácido abscísico, etileno (se sugiere que el etileno puede actuar regulando el crecimiento de hormonas), estrigol, ácido lunulárico, glicinoeclepin A.

Hormonas en insectos y reguladores de crecimiento. El rendimiento de las cosechas está fuertemente limitado por la cantidad de insectos que utilizan también a las plantas como su alimentación. Si se entiende el funcionamiento, su naturaleza, y se controla a estos enemigos naturales, es posible aumentar cuantitativamente dicho rendimiento.

Al respecto, se conocen las hormonas que provocan el cambio de la piel de los insectos, aquellas que los mantienen en su estado juvenil, hormonas que actúan al

contrario que las anteriores (hormonas anti-juveniles), hormonas peptídicas, compuestos de defensa natural. Estas sustancias naturales son producidas por las plantas y utilizadas en su defensa contra insectos, bacterias, hongos y virus. Muchas interfieren en el proceso de alimentación. Posiblemente, la azadiractina es la sustancia más potente encontrada hasta el presente. Su estructura es conocida y muy compleja como para ser sintetizada. Sin embargo, puede ser extraída de un árbol medicinal en cantidades suficientes.

Feromonas en insectos. Son sustancias químicas relacionadas que atraen sexualmente a los insectos. Es decir que las produce un organismo que selectivamente induce la respuesta en otro organismo de la misma especie. Ya ha sido identificada la estructura de varias feromonas.

Pesticidas. Los pesticidas, que abarcan en general a los insecticidas, herbicidas y fungicidas, son fundamentales para conseguir mejoramiento en la alimentación, en la producción de cultivos y en el control de enfermedades transmitidas por insectos que afectan al ganado y al género humano. Actualmente el desafío se centra en producir sustancias que no supongan una carga nociva para el medio ambiente.

Insecticidas. Los insecticidas más potentes que se han descubierto son modelados desde productos naturales y actúan sobre el sistema nervioso. Abarcan la deltametrina y avermectina. Los efectos de los insecticidas han colaborado, por una parte, a controlar pestes, pero también han aumentado la resistencia de las mismas.

Herbicidas. Algunos funcionan controlando el crecimiento de la maleza, como los butilatos. Otros, como la atrazina, inhiben la fotosíntesis. Otros interfieren en la etapa de la germinación o pueden aun bloquear la formación de clorofila. Un problema que surge del uso de los herbicidas es el aumento de la resistencia al efecto de los mismos.

La investigación en genética apunta a mejorar las cosechas incorporando a los cultivos aquellos genes que hacen resistentes a la maleza contra los mismos herbicidas.

Fungicidas. Hay importantes avances sistemáticos en el control de hongos y bacterias patógenas por medio de fungicidas. Varios son los mecanismos por los que éstos actúan. Muchos de ellos tienen una alta selectividad.

Fijación de nitrógeno y fotosíntesis. Toda nuestra alimentación depende últimamente del crecimiento de las plantas. Es un aspecto fundamental entender el fun-

cionamiento de la química de las plantas. Dos aspectos surgen como muy importantes: 1) la fijación de nitrógeno y 2) la fotosíntesis.

1) El nitrógeno es un elemento crucial en la química de todos los seres vivos y es un agente limitante en la producción de alimentos. Su porcentaje alcanza el 78% del aire que respiramos. Sin embargo, se encuentra en su forma elemental. Pero las plantas han desarrollado estrategias para convertirlo en compuestos útiles. Ciertas bacterias y algas son capaces de reducir el nitrógeno a amoníaco, que puede ser convertido por las plantas en aminoácidos, proteínas y otros compuestos nitrogenados. Un amplio grupo de organismos tiene la capacidad de reducir nitrógeno. En adición a la asociación *Rhizobium-plantas leguminosas* hay más de 150 especies de plantas no leguminosas que fijan nitrógeno en asociación con actinomicetes en los nódulos de las raíces. Muchas bacterias también lo fijan.

Una posibilidad para la fijación de nitrógeno involucra una enzima compleja denominada nitrogenasa que consiste en dos proteínas con pesos moleculares de 220.000 y subunidades de 29.000, respectivamente.

2) Actualmente, la fotosíntesis es el único método práctico que fija la energía solar en escala adecuada. Mediante este proceso se almacenan compuestos orgánicos en las plantas verdes, algas y bacterias fotosintéticas que pueden proveer de energía a formas de vida no fotosintéticas. Sin embargo, existe un desequilibrio inquietante. Aunque se calcula que 10^{11} toneladas de dióxido de carbono son convertidas en compuestos orgánicos por fotosíntesis, en el balance general disminuye la energía almacenada en forma de hidrocarburos y aumenta la cantidad de dióxido de carbono, el gas que ayuda a la producción del efecto invernadero. El estudio de la fotosíntesis adquiere realce.

Se conoce que la clorofila es un agente esencial en los eventos primarios de la fotosíntesis natural. Mayoritariamente se utiliza para absorber energía lumínica (fotones). Esta es transferida por unas pocas moléculas de clorofila ligada a complejos proteicos. Como se puede deducir fácilmente, la ilustración química con modelos del mecanismo por el cual la energía del sol puede ser aprovechada, abriendo las posibilidades de vida en nuestro planeta, se convierte en más que interesante.

Fuentes de alimentación provenientes del mar. Países como la Argentina, que poseen una franja marítima más que extensa tienen un potencial interesante para la alimentación. El conocimiento de los ciclos de vida bioquímicos de las especies marinas puede transformarse en una toma de conciencia de tal potencial. Se estima que sólo el 2% de la alimentación global proviene de mares u océanos y, dada su extensión, más de dos terceras partes de la energía proveniente del sol y potencialmente apta para la fotosíntesis es absorbida por ellos.

La alimentación es una cuestión esencial para nuestra sociedad. Es importante el entendimiento de los principios básicos que gobiernan los procesos y que se traducen en aplicaciones prácticas. Las disciplinas tradicionales como química, biología, bioquímica, física, fisiología y medicina van perdiendo su identidad y se van entrelazando armoniosamente en el estudio de los procesos involucrados en la naturaleza de la vida. De todas ellas emerge la química con un papel fundamental, ya que ayuda a esclarecer los conceptos de estructuras, formas moleculares y reactividades que resultan de interés primario en el entendimiento del funcionamiento de las moléculas de importancia biológica.

Salud

La química ha ayudado a resolver muchos de los problemas relacionados con la salud y, sin dudas, lo seguirá haciendo. Todos los procesos vinculados con la vida tienen que ver con interacciones entre macromoléculas, incluyendo enzimas, ácidos nucleicos y receptores, con moléculas huéspedes de tipo estructural diverso, como hormonas, neurotransmisores, neuromoduladores y trazas de elementos. Para entender los mecanismos biológicos complejos debemos comprender a nivel molecular la química de dichos procesos. Allí la química puede entrelazarse con la fisiología y la medicina.

Ilustraremos a continuación la importancia de la química a través del mejoramiento de agentes terapéuticos ocurrido en los últimos años.

Muchos de los procesos han sido logrados gracias al entendimiento de determinadas enzimas. Estas son catalizadores específicos que aceleran procesos promoviendo transformaciones químicas relacionadas a la vida.

Antiguamente se descubrieron inhibidores de enzimas por azar. En este momento se modelan las moléculas apropiadamente como resultado de los avances en el entendimiento de la química involucrada en los procesos. Teniendo idea de las formas moleculares y de las conformaciones particulares, los químicos pueden delinear compuestos más eficaces sobre bases más seguras y menos al azar. Este conocimiento se relaciona también con el de la estructura terciaria de las proteínas.

Antibióticos. Antes de la Segunda Guerra Mundial, las sulfonamidas eran los únicos antibacterianos efectivos a disposición. Durante el conflicto armado, la investigación sobre antibióticos se incrementó. Es así que comenzó a utilizarse a la penicilina en gran escala y las cefalosporinas fueron descubiertas. En el período posterior, a partir de 1945, las tetraciclinas, el cloroanfenicol, la eritomicina y los aminoglicósidos son utilizados para el tratamiento de infecciones. Además de los antibióticos obtenidos por fermentación, se descubrieron también agentes sintéticos, tales como el ácido nalidíxico y los nitrofuranos.

Actualmente, un problema que está siendo tratado es el desarrollo de resistencia a estos agentes especialmente en el entorno de los hospitales. Se reconocen dos vertientes principales: ciertas bacterias pueden producir enzimas que inactivan los antibióticos y la otra manera es cuando la célula bacteriana se hace inaccesible a la penetración del agente antibacteriano.

Antimicóticos. Los imidazoles y el ketoconazol son efectivos en el tratamiento de candidosis y dermatomicosis. El estudio de estos compuestos continúa incrementándose.

Antivirales. Los virus son los más pequeños entre los organismos infecciosos y no contienen mucha información genética. Es así que se manifiestan sólo con pocos pasos bioquímicos que centran el objetivo de los agentes terapéuticos. Por otra parte, los virus se “mimetizan” con el organismo anfitrión y por ello se dificulta el ataque por agentes químicos. Para poder conseguir efectividad es necesario identificar el paso único con que el virus infecta la célula.

Son conocidos los esfuerzos en la lucha de antígenos de la hepatitis B y del HIV.

Enfermedades cardiovasculares. Es la principal causa de muerte de nuestra población en la actualidad. Dos factores, a veces concomitantes, generan los mayores riesgos: hipertensión e hipercolesterolemia.

Sobre la hipertensión permanecen aún desconocidas las causas profundas de su origen. Sin embargo, se sabe que la norepinefrina desempeña un papel principal en la regulación de la presión de la sangre y en la función cardíaca. Por ejemplo, existen compuestos que bloquean su acción provocando un efecto antihipertensivo. Dos resultan muy difundidos: propanolol y timolol. Otras vías de acción son igualmente conocidas.

Un elevado contenido en colesterol degenera en aterosclerosis. Actualmente son varios los medicamentos utilizables, inclusive productos naturales de origen cubano, que son derivados de la caña de azúcar, alcoholes de alto peso molecular, que han probado su eficacia contra el colesterol.

Otros descubrimientos importantes son drogas que regulan problemas del corazón y tratan la arritmia.

Medicamentos que afectan al sistema nervioso central. Dentro de esta clasificación se encuentran los medicamentos antidepresivos y tranquilizantes que ayudan a muchos hombres y mujeres a normalizar sus funciones. Ayudan también a pacientes con desórdenes mentales.

Un ejemplo importante es tipificado por el tratamiento del mal de Parkinson.

La deficiencia de dopamina producida por la enfermedad es corregida por la administración oral de su precursor bioquímico, la levodopa, que, a diferencia de la dopamina, puede acceder al cerebro, donde es convertido al neurotransmisor por la enzima dopa decarboxilasa. Otro adelanto se produjo cuando se combinó la acción de levodopa con carbidopa. Carbidopa previene el metabolismo no deseado de la levodopa fuera del cerebro, permitiendo que el agente activo se forme sólo donde es deseado: dentro del cerebro.

Diabetes, investigaciones relacionadas al cáncer, drogas gastrointestinales, antiinflamatorios, drogas inmunológicas y toda la gama de medicamentos conocidos están íntimamente relacionados a la química y demuestran su importancia en este campo.

Otras cuestiones remarcables son: los controles en la fertilidad y la inducción de la misma y un capítulo especial corresponde a las vitaminas.

Biotechnología

La utilización de microorganismos tendiente a la producción de sustancias deseadas no es nueva. La fermentación de azúcares en uvas para producir vinos, la conversión de leche en quesos son tecnologías que reconocen varios siglos de utilización. Actualmente, el desarrollo de la microbiología y la química ha determinado la naturaleza química de los procesos y permite el mejoramiento del control de procesos biotecnológicos naturales.

Síntesis y biosíntesis. La química está ahora frente al desafío que plantea la producción de una conformación seleccionada. Es decir, la síntesis selectiva de un centro quiral particular. Así como las manos son un ejemplo de imágenes especulares no superponibles, hay compuestos químicos que observan esas características. Lo destacable es que, muchas veces, una de esas formas es la que posee propiedades terapéuticas, de perfume, etc.

Como una ilustración de una síntesis de interés se puede mencionar el caso de la palitoxina. Es aislada de corales marinos y presenta como propiedad destacable la de ser una de las sustancias más venenosas conocidas. Sobre ratones, 0,025 microgramos producen efecto letal. La molécula de palitoxina contiene 128 átomos de carbono, 64 de los cuales son centros asimétricos. Estos centros, junto a 7 dobles enlaces, dan alrededor de 2×10^{21} estereoisómeros. Uno de ellos es el presente en la palitoxina y es el que presenta propiedades de veneno.

La estrategia para resolver la estructura fue la cuidadosa degradación de la palitoxina con retención de la estereoquímica de los fragmentos. Más de veinte pro-

ductos de degradación fueron sintetizados, cada uno en varias formas estereoisoméricas. El éxito de esta tarea habilita hoy en día a tareas semejantes con otras moléculas de interés similar.

En relación a los productos naturales de origen biosintético puede mencionarse que una significativa proporción de agentes utilizados en medicina humana incluyen la morfina (alcaloide), penicilina y antibióticos de la cefalosporina (lactamas), eritromicina (macrolito) y tetraciclinas (polikétidos aromáticos). Las especulaciones sobre sus orígenes biológicos han contribuido sensiblemente para el desarrollo de sus estructuras, mecanismos y síntesis.

La herramienta fundamental para las investigaciones biosintéticas ha sido la utilización de trazas isotópicas de elementos comunes ^{13}C , ^2H , ^{15}N y ^{17}O en forma conjunta con el desarrollo de la resonancia magnética nuclear, que permite extraer valiosos resultados de compuestos “marcados” con los anteriores isótopos.

DNA y RNA. La dilucidación de la estructura química del DNA (ácido desoxirribonucleico) y RNA (ácido ribonucleico) son conceptos fundamentales para el desarrollo de la biotecnología.

A través de estudios de cristalografía de rayos X se demuestra que la molécula está formada de una doble hélice compuesta de cuatro nucleótidos o unidades moleculares básicas. La secuencia de esas unidades provee al DNA su información genética.

Otra cuestión relevante para mencionar es la elaboración de estrategias simples para la síntesis genética.

Actualmente, y gracias al conocimiento a nivel básico de los procesos químicos que ocurren, se han desarrollado técnicas que permiten programar la generación desde moléculas simples hasta complejas proteínas mediante células vivas. Constituye un inmenso potencial cuyas bases se siguen extendiendo.

Medio ambiente

Nuestra calidad de vida depende mucho más de la calidad del medio ambiente de lo que se puede suponer en principio.

Los casos extremos de los perjuicios pueden ejemplificarse en los desastres de Chernobyl, de Bhopal y Seveso.

El interés de la población por mejorar su medio ambiente es continuo y se está generando una conciencia cada vez mayor sobre este tema, principalmente en las generaciones más jóvenes.

Las siguientes cuestiones se convierten en relevantes:

¿Qué sustancias presentes en aire, agua, tierra y alimentos son indeseables?

¿De dónde provienen esas sustancias?

¿Existen productos alternativos para aliviar los problemas que esas sustancias producen?

¿Cuál es el grado cuantitativo de peligrosidad de un producto en función del tiempo de exposición del mismo?

¿Cómo se pueden elegir opciones alternativas para generar acciones concretas?

En esta planificación la química desempeña un papel central. Especialmente en las tres primeras preguntas.

Para contestar la primera de las preguntas es necesario disponer de técnicas analíticas selectivas. Para entender el origen mismo de la contaminación debemos entender los procesos químicos que originaron al contaminante en cuestión. Por otra parte, deben juzgarse procesos alternativos o evaluar causas y efectos. Si la mortalidad infantil producida por la malaria no es reducida con DDT por su persistencia en el medio ambiente, ¿qué sustancia lo puede reemplazar? Si se debe utilizar menos energía debido a los problemas mencionados de efecto invernadero ¿qué catalizadores y nuevos procesos pueden ser desarrollados y utilizados para evitar los efectos nocivos de las usinas térmicas que, además, producen lluvia ácida y compuestos hidrocarbonados pesados que son cancerígenos?

Es así que la sociedad debe asegurar la salud de su medio ambiente controlando fundamentalmente en forma adecuada sus industrias y, en menor grado, su parque automotriz. El entendimiento de la química desempeña un papel central en esta cuestión.

La cuarta pregunta es mejor contestada por médicos, toxicólogos, epidemiólogos. Las disciplinas científicas se encuentran ante el desafío de presentación de los nuevos adelantos, ya que la sociedad entiende aceleradamente cuáles son los riesgos tolerables y el costo social que implican los eventuales adelantos. La medicina deberá poner especial énfasis en cuantificar los riesgos que provocan sustancias tales como plomo en la atmósfera, cloroformo en el agua de consumo, estroncio en la leche, benceno en los lugares de trabajo y formaldehído en el hogar.

En todos los casos, la química debe encontrar la manera de información directa para establecer las mejores condiciones en la toma de decisiones tendientes a encontrar la solución más adecuada de los problemas.

Ozono en la estratosfera. El problema del ozono en la estratosfera es quizás uno de los más serios problemas del medio ambiente que se deben enfrentar. Predicho sólo algunos años atrás, resulta un ejemplo del papel central de la química en el entendimiento y solución del problema.

El ozono actúa de filtro natural estratosférico no dejando pasar radiación ultra-

violeta proveniente del sol que es perjudicial para la vida. El aire en la estratosfera se mezcla rápidamente en forma horizontal y lentamente en forma vertical. De esta manera, un contaminante que alcanza la estratosfera pasa a constituir un problema global. El ozono es solamente un constituyente mínimo de la estratosfera. Si se concentrara todo el ozono de la estratosfera en una delgada capa, esta alcanzaría los 3 mm de espesor, muy poco comparado con los kilómetros de espesor de aire estratosférico. El problema es aún más grande cuando se comprende que una molécula de contaminante puede descomponer miles de moléculas de ozono por medio de una reacción en cadena.

La química desempeña un papel central que permite el entendimiento del problema que surge de la identificación y medida de las reacciones en cadena que destruyen el ozono.

La química del ozono comienza con su misma formación, cuando, por acción de radiación ultravioleta, reaccionan dos moléculas de oxígeno para dar ozono y un átomo de oxígeno. Si los óxidos de nitrógeno son introducidos de alguna manera en el ciclo comienza una importante reacción en cadena.

Tanto el óxido nítrico como el dióxido de nitrógeno son catalizadores de la reacción de descomposición del ozono, ya que no intervienen en forma neta en el balance químico total. Sin embargo, en cada ciclo en el que intervienen destruyen una molécula de ozono. Se piensa que este ciclo catalítico es el principal mecanismo de destrucción de ozono en la estratosfera.

En la atmósfera se producen óxidos de nitrógeno por emisiones biogénicas en la superficie de la tierra y en el mar por medio de bacterias específicas. Se produce óxido nitroso, molécula relativamente inerte que puede reaccionar en la estratosfera absorbiendo luz ultravioleta para dar óxidos superiores de nitrógeno.

Está claro que, si los óxidos de nitrógeno son introducidos directamente en la estratosfera, también destruyen al ozono. Naves supersónicas que viajan dentro de la estratosfera y explosiones nucleares presentan este efecto indeseado. Una guerra nuclear traería, entre otros, el efecto de destruir completamente la capa de ozono que nos protege de la radiación ultravioleta.

Durante mediados de la década de 1970 se comprobó que otros contaminantes de la atmósfera, ahora producidos por el hombre, tienen efectos nocivos similares para la estratosfera y su delgada capa de ozono, como los óxidos de nitrógeno recientemente mencionados. La referencia está vinculada a los clorofluorometanos, moléculas muy inertes y livianas que alcanzan la estratosfera y producen reacciones químicas similares a las explicadas recientemente. Estas sustancias fueron principalmente utilizadas como propelentes y fluidos refrigerantes gracias a sus propiedades de inercia química. Una vez que este tipo de moléculas se descompone en la estratosfera por acción de la luz ultravioleta

leta, el cloro o el radical óxido de cloro producido pueden entrar en su propio ciclo catalítico generando una destrucción análoga de ozono a la de los óxidos de nitrógeno.

De esta exposición se deduce la importancia de la química en la predicción temprana del hecho y la necesidad de reemplazar los clorofluorometanos por otras sustancias que no produzcan efectos no deseados.

Reducción de la lluvia ácida. La lluvia ácida es uno de los efectos más obvios e indeseados de la degradación del aire. Sustancias ácidas son generalmente liberadas al aire cuando los combustibles fósiles son quemados durante la generación energética. Estas sustancias son principalmente óxidos de azufre y de nitrógeno. Existen fuentes naturales que producen estos compuestos: volcanes, biomasa, actividad microbiana, etc. Sin embargo, excepto alguna erupción volcánica, la producción por estos medios es baja en relación a las emisiones de plantas, generadores y vehículos en las regiones industriales.

El daño producido a la vida acuática fue lo primero que se tuvo en cuenta. Luego, el daño a viviendas, puentes y equipos. El efecto del aire contaminado sobre la vida humana está sujeto aún a controversias sobre su cuantificación.

La química demuestra nuevamente y hace entendible los efectos que este tipo de contaminación produce. Su minimización es imperiosa. Su estudio es actual.

Efecto invernadero. Este efecto fue debidamente explicado precedentemente. A diferencia de los contaminantes locales, el tratamiento del efecto invernadero exige medidas globales. Está claro que los ciudadanos de distintos países pueden tener puntos de vistas distintos dependiendo de la disponibilidad local de energía nuclear o hidroeléctrica y de otros factores económicos concomitantes.

Purificación de agua y tratamiento de los residuos: Nuestra superficie y las napas acuíferas son fuentes preciosas. Generalmente se descuenta que el agua que bebemos, los lagos donde se pesca o se nada, nuestros ríos, lagos y acuíferos deben resguardarse para su utilización. Sin embargo, nuestras energías para conservar y proteger estas aguas de la contaminación no es tan palpable como nuestra conciencia sobre el aire. El Río de la Plata es un caso local palpable. Para tomar verdadera conciencia del asunto se debe entender cómo hay que tratar los efluentes y también cómo se pueden revertir los procesos indeseados.

En la zona del Gran La Plata, con una población aproximada de 600 mil habitantes, dos terceras partes de la población tienen agua potable. También dos terceras partes no poseen cloacas y vierten los residuos domésticos en pozos ciegos. Si la provisión de agua no es adecuadamente profunda y no se encuentra lejos de

los pozos ciegos, una fuente de contaminación potencial es más que probable. El cólera, entre otras enfermedades, puede desencadenarse en esa y otras regiones donde no se haya prestado la suficiente atención a los cuidados básicos mínimos.

En general, es posible concluir que químicos, geólogos y ambientalistas deben aunar esfuerzos para mejorar el tratamiento de desechos e incrementar el grado de seguridad de las fuentes naturales de agua.

Materiales radiactivos. Una mención debe ser hecha en relación a este tema, que recurre periódicamente a través de informaciones periodísticas.

En la actualidad se cree que el mejor lugar para almacenar los desechos radiactivos es bajo tierra. Nuevamente, el entendimiento del problema con todas sus ventajas y desventajas dará a la sociedad en general todos los elementos de juicio como para colaborar en la toma de decisiones importantes, tanto en este tema como en los anteriormente tratados.

IV. CONTENIDOS PARA LA FORMACION DOCENTE

Sin dudas, la formación docente constituye el paso determinante tendiente a poder implementar cualquier cambio profundo.

La esencia misma de la Ley Federal de Educación prevé en su artículo 15 una tendencia a la igualdad de calidad y logros de aprendizaje que, sin duda, mantienen un correlato manifiesto con la capacitación y motivación docente necesaria. Todo sistema tiene sus partes más difíciles para su abordaje. En este caso, si no se logra la posibilidad de transmitir adecuadamente mejores conocimientos, se cae en una repetida frustración. El atender los males coyunturales y estructurales es el desafío actual, quizás primordial, para que los resultados deseados por todos puedan ser materializados a la mayor brevedad posible.

La capacitación docente podría desarrollarse a través de cursos especializados dictados en las Facultades con incumbencia para tal fin. Más aún, los docentes que atiendan la Educación Polimodal deberían poder realizar no sólo esta capacitación, sino también trabajos de investigación cortos, pequeñas tesis para que puedan disfrutar íntimamente de todos los procesos de investigación.

Mediante un programa de incentivos se puede estimular todo este tipo de tareas. El Ministerio de Cultura y Educación comienza a aplicar incentivos a los docentes universitarios que desarrollan investigación. Mediante ese tipo de mecanismos se puede inducir a los docentes universitarios afines a la problemática nacional para que se comprometan en el mejoramiento de la escuela preuniversitaria a la que tanto se ataca.

La posterior evaluación de los progresos logrados debería ser también una condición importante de este proceso. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que los tiempos históricos pueden ser dilatados. Hoy se acepta que la progresiva degradación del sistema educativo ha llegado a límites alarmantes. Esta degradación tiene sus orígenes en décadas pasadas y repercute en la actualidad. La reversión de este proceso demanda también tiempo. La meta final deseada se alcanzaría cuando la generación que se eduque bajo este marco de referencia haya alcanzado la formación y pueda, a su vez, formar a una nueva generación bajo esta nueva orientación.

BIBLIOGRAFIA

- ABELL, G. O., 1978, *Drama of Universe*, Nueva York, Holt Pinehart and Winston.
- CAIRUS, Th. y J. SHERMA (comps.), 1992, *Emerging Strategies for Pesticide Analysis*, Boca Ratón, CRC Press.
- CAMPBELL, A. M., M. P. PENFIELD y R. M. GRISWOLD, 1979, *The Experimental Study of Food*, Londres, Redwood Burn Ltd.
- COOMBLER, D. I., S. S. Langer y J. M. Pratt (comps.), 1992, *Chemistry and Developing Countries*, The Royal Society of Chemistry, U.K.
- CHIRAS, D. D., 1988, *Enviromental Science*, California Benjamin/Cummings.
- DIXON, A.E. y J.D. Leslie, 1978, *Solar Energy Conversion*, Toronto, Pergamon Press.
- DODSON, G., J. P. GLUSKER y D. SAYRE (comps.), 1981, *Structural Studies on Molecules of Biological Interest*, Oxford, Clarendon Press.
- FENNEMA, O. R. (comp.), 1985, *Food Chemistry*, Nueva York, Marcel Dekker Inc.
- FENNEMA, O. R., 1993, *Introducción a la ciencia de los alimentos*, Barcelona, Reverté.
- GOLDSTEIN, A. *et al.*, 1969, *Principles of Drug Action*, Nueva York, Harper and Row.
- GUEZI, L. *et al.*, 1993, *New Frontiers in Catalysis*, 75A, B, C, Amsterdam, Elsevier,.
- HABERMEHL, G. y P.E. Hammann, 1992, *Naturstoffchemie*, Berlín, Springer-Verlag.
- HARRISON, R. M. y R. PERRY (comps.), 1986, *Handbook of Air Pollution Analysis*, Londres, Chapman and Hall.
- HAYES, P. R., 1993, *Microbiología e higiene de los alimentos*, Zaragoza, Acribia.
- KAREL, M., O. R. FENNEMA y D. B. LUND, 1975, *Principles of Food Science*, Nueva York, Marcel Dekker Inc.
- KOENIG, J. L., 1992, *Spectroscopy of Polymers*, Washington DC, ACS.
- MAUDI, W. P., *Science*, 209, 148 (1980).
- NELSON, D. L., M. S. WHITTINGHANN y T. F. GEORGE (comps.), 1987, *Chemistry of High Temperature Superconductors*, ACS 351.

- PAUL, P. C. y H. H. PALMER, 1976, *Food Theory and Applications*, Nueva York, John Wiley and Sons.
- POTLER, N. N., 1968, *Food Science*, Connecticut, The Avi Publishing Co. Inc.
- RATLEDGE, C., P. DOWSON y J. RATTRAY (comps.), 1984, *Biotechnology for Oils and Fats Industry*, American Oil Chemical Society, USA.
- SALUNKE, D. K. y B. B. DESAI, 1984, *Postharvest Biotechnology of Vegetables*, Vol. I y II, Boca Ratón, CRC Press.
- SHELDON, R. A., 1983, *Chemical from Synthesis Gas*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Co.
- SPEIGHT, J. G., 1991, *The Chemistry and Technology of Petroleum*, Nueva York, Marcel Dekker Inc.
- STILES, A. B., 1993, *Catalyst Manufacture*, Nueva York, Marcel Dekker Inc.
- WHAM *et al.*, 1977, "Microscopy Pollution Analysis", W.N. Int. Sci. Comm.

ANEXO
NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

BEN ATABEF, Aída, Prof. Asociada de la Universidad Nacional de Tucumán. Investigadora del CONICET. Especialización en Química y Físicoquímica.

BIBILONI, A.G., Decano de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. Investigador del CONICET. Especialización en Física.

CENTENO, S., Prof. Adjunto de la Universidad Nacional de La Plata. Becario del CONICET. Especialización en Electroquímica-Química

CUTIN, E. H., Prof. Asociado de la Universidad Nacional de Tucumán. Investigador del CONICET. Especialización en Química y Físicoquímica.

ROMANO, R. M., Becario del CONICET y de CIC. Especialización en Química y Físicoquímica.

RONCO, J. J., Prof. Emérito de la Universidad Nacional de La Plata. Investigador Superior del CONICET. Especialización en Química, Catalizadores.

Alberto R. Kornblihtt, Biología

Doctor en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Buenos Aires; Investigador Independiente del CONICET (INGEBI-CONICET).

SUMARIO

- I. Enfoque de la elaboración de los contenidos de biología para la Educación General Básica y Polimodal
 - 1. Ejes tenidos en cuenta en la elaboración de los contenidos
 - 1.1. Evolución y selección natural
 - 1.2. Características de la ciencia y método científico
 - 1.3. Vocabulario, formación e información
 - 2. Las grandes unidades temáticas
 - 3. Los docentes
 - 4. Confusiones, preconceptos y falsas ideas
 - 5. El plan de elaboración de los contenidos
- II. Contenidos para la Educación General Básica
- III. Contenidos para la Educación Polimodal
- Anexo. Nómina de colegas consultados

I. ENFOQUE DE LA ELABORACION DE LOS CONTENIDOS DE BIOLOGIA PARA LA EDUCACION GENERAL BASICA Y POLIMODAL

En la segunda mitad de este siglo, y en particular en la última década, se ha producido una serie de descubrimientos que han colocado a la biología en una posición sobresaliente dentro de las ciencias. La vida cotidiana se ve muy afectada por los logros y por el conocimiento generado por las ciencias biológicas. Los diarios y revistas publican cotidianamente artículos de divulgación dirigidos a un público sin formación superior, en los cuales son tratados temas de punta relacionados con la salud (en particular cáncer y SIDA), la agricultura, la industria alimentaria, etc. El vocabulario de la genética molecular, la ecología y la biotecnología se incorpora rápidamente a nuestra lengua. La gente habla de los genes, su clonado, de enfermedades hereditarias, de ecosistemas, del mejoramiento de plantas y animales y de los organismos utilizados como modelo experimental (moscas, levaduras, ratones, etc.).

Gran parte de los conceptos y términos utilizados por la gente provienen de los medios de difusión escritos y de la televisión. Me parece que la escuela actual cumple un papel minoritario en la generación del interés y la difusión del vocabulario y conceptos de la nueva biología.

El avance vertiginoso de la biología moderna se debe en gran parte al nacimiento y desarrollo de la biología molecular.

Las ciencias biológicas ya no sólo describen e interpretan la naturaleza sino que también la transforman en todos sus niveles. Esto abre la discusión sobre la utilidad de la ciencia y/o el uso de los conocimientos científicos, temas con los cuales, tarde o temprano, se enfrenta todo ciudadano.

La elaboración de estos contenidos fue realizada con la convicción de que el conocimiento científico no sólo es importante por sus aplicaciones concretas, sino que en sí mismo produce felicidad, una felicidad de la cual no debemos privar a nuestros niños y jóvenes. Además, el aprendizaje de la ciencia forja una disciplina de razonamiento y cuestionamiento que es trasladable a otros aspectos de la vida cotidiana.

1. Ejes tenidos en cuenta en la elaboración de los contenidos

1.1. Evolución y selección natural

La única teoría unificadora y fundamental de las ciencias biológicas es la de la selección natural. Es esperable, por lo tanto, que el eje conductor dominante de los contenidos de la enseñanza de la biología recaiga en dicha teoría. La población tiene cierto grado de información acerca de la evolución y la selección natural. Sin embargo dichos conocimientos no transitan por carriles científicos y caen indefectiblemente en el lamarckismo (herencia de los caracteres adquiridos como fuente de variabilidad). Es fácil comprobar que el lamarckismo es la tendencia natural del pensamiento lego, aun de personas con formación universitaria. Este preconceito probablemente surge de una perspectiva egocéntrica (y por ende antropocéntrica), plagada de explicaciones mágicas y finalistas propias del pensamiento infantil. Considero que uno de los objetivos fundamentales de los CBC debe ser romper con esta tendencia natural, incorporando, a través de todos los temas tratados, la perspectiva evolutiva y la lógica de la selección de variantes heredables surgidas al azar.¹ El *timing* de la enseñanza de los temas evolutivos es fundamental. No pueden enseñarse los principios de la evolución al comienzo del programa, “en frío” y en abstracto. Estos deben “contaminar” todos los temas tratados en clase, a través de ejemplos, tanto moleculares como de diversidad, anatomía, morfología, fisiología y ecología. En el caso de la EGB ni siquiera considero necesario que sean tratados como una unidad aparte, sino como parte implícita de todos los temas.

1.2. Características de la ciencia y método científico

Indudablemente otro de los ejes fundamentales es el aprendizaje de cómo funciona la actividad científica.

De nada servirá en este caso el “estudio” formal del “método científico” (si se quiere: observación, acumulación de datos, planteo de preguntas, hipótesis, experimentación, controles, análisis de resultados, elaboración de teorías, etc.) a través de una unidad programática *ad hoc*. En primer lugar porque no existe un único método científico. Puede haber varios aun dentro de las ciencias biológicas. En segundo término, porque creo que la mejor manera de que el alumno

¹ Volveré sobre este tema más adelante y en las notas de los contenidos.

llegue a incorporar el pensamiento científico y los modos de actuar de la ciencia es a través de su propia experiencia. Esta experiencia debe ser guiada y acompañada por el docente. Es el alumno el que debe observar, acumular datos, deducir, plantearse preguntas e hipótesis, experimentar, variar condiciones y elaborar teorías. Creo hasta contraproducente enseñar elementos de metodología de la ciencia antes de que el alumno, sin saberlo, haya hecho uso de ellos. En este terreno juegan un papel importantísimo los trabajos prácticos (TP). Aun en condiciones de falta de laboratorios, reactivos o instrumental es posible e imprescindible que se planeen trabajos prácticos en la enseñanza de la biología, desde el jardín de infantes, pasando por la EGB, hasta la EP. El armado de un herbario, la distinción de las formas, el uso de claves sistemáticas para la identificación de plantas o insectos, la medición de condiciones climáticas, la observación de migraciones, la disección de pequeños animales, la germinación de semillas en distintos tipos de suelo, el dibujo simple, preciso y claro (no artístico) de lo observado, el reconocimiento de las especies locales, la incubación y eclosión de un huevo de gallina, etc., no son más que unos pocos ejemplos de TP para los cuales no hace falta infraestructura especial. Sin embargo, para que dichos TP cumplan con el cometido de introducir al educando en la forma de actuar de la ciencia, el educador debe estar preparado, evitando la trivialización de las experiencias y sabiendo “estar ausente” en la clase, para dejar al alumno sacar sus propias conclusiones (aun equivocadas) sobre las mismas. La clásica y aparentemente aburrida germinación del poroto puede transformarse en un elemento movilizador de primera magnitud si se sabe aprovechar todo lo que ocurre en ella. Desde los cambios de textura y turgencia, pasando por la aparición de la raíz y el vástago, los cambios de color, el consumo de la reserva de los cotiledones, las fuentes de energía, los sitios de crecimiento, dónde ocurre la división celular, el ADN, etc., hasta lo que ocurre con aquellos porotos del vaso que no germinan o se pudren con hongos, lo cual requiere una explicación.

Los TP no son sólo experimentación. Debe implementarse también la resolución de problemas, sobre todo en la EP.

Otra de las vías de asimilación de las características de la ciencia es la descripción de observaciones o experimentos fundamentales de la historia de la biología, permitiendo al alumno intentar llegar a las conclusiones correspondientes.

En resumen, considero que, al igual que para los principios evolutivos, no debe enseñarse “el método científico” como una unidad temática aparte y mucho menos al principio del programa. Las características y metodologías de la ciencia deben “contaminar” todos los bloques de contenidos y deben asimilarse a través de experiencias (de laboratorio y de campo), resolución de problemas y discusión de experimentos clásicos.

1.3. Vocabulario, formación e información

El aprendizaje de una disciplina científica implica el aprendizaje de un nuevo vocabulario. El tercer eje de los contenidos será el de aceptar este vocabulario. La escuela (educandos y educadores) debe reconocer la necesidad de la incorporación del vocabulario específico como un hecho positivo, que contribuye a la *valorización del saber y de la posibilidad de investigar*. Contrariamente a lo que ocurre en el terreno de los afectos, donde el lenguaje limita, mediatiza o “encarcela”, en el saber científico el lenguaje específico libera, descomprime, permite expresar e intercambiar ideas. Lo que quiero decir, es que no debemos tener miedo de enseñar “palabras difíciles”, o de llamar a las cosas por su nombre (científico). Si están motivados, los niños de hoy son capaces de manejar términos “difíciles” tales como *Tyranosaurus rex*, *Velociraptor*, *Gallimimus* o *Triceratops*, sabiendo perfectamente a qué se refieren en cada caso.²

El vocabulario especializado crea complicidad entre los que lo manejan. Esta complicidad es bien conocida por niños y especialmente por adolescentes, ya que es el eje movilizador del uso de términos que conforman su lenguaje cotidiano, del cual quedan explícitamente excluidos los adultos. Mi idea es que el aprendizaje del vocabulario biológico necesario para cada contenido cree una complicidad productiva entre los alumnos, incluyendo al docente.

Relacionado con el problema del vocabulario, se encuentra el binomio formación-información. Está claro que los contenidos deben tender a la formación más que a la información. El alumno debe saber que la información se encuentra en la literatura y debe aprender a utilizarla. Debe saber que, así como recurre al diccionario para averiguar el significado de una palabra, la información biológica se encuentra en libros, revistas o bases de datos, a los cuales tendrá acceso si incorporó las herramientas para reconocerlos y consultarlos (quizá sólo algo tan simple como manejar un índice). No obstante es imprescindible que el alumno maneje un cierto grado de información para avanzar en el estudio y poder asociar hechos. Nuevamente, sin dejar de ser formadora, la escuela no debe temer o presentar una actitud reactiva frente a la información.

Tanto el manejo de información como el de vocabulario específico requieren memoria. Obviamente la clave de este proceso se encuentra en la previa y total comprensión de lo que se memoriza. Sin comprensión, no hay información ni vocabulario.

² Son los nombres científicos de algunos de los dinosaurios de la película *Jurassic Park* de Steven Spielberg, basada en la novela de Michael Crichton.

En resumen, el grado de información y el vocabulario que figuran en los contenidos no son el resultado de una acumulación enciclopédica ciega sino que fueron pensados de acuerdo con las premisas planteadas en esta sección.

2. Las grandes unidades temáticas

Los siguientes son los grandes temas de biología a los que todo ciudadano debe acceder y que sirvieron de base para la elaboración de los contenidos:

1. Las bases físicas y químicas de la vida. La célula. La herencia y el flujo de información genética. La biología molecular y celular. Biotecnología.
2. El conocimiento de la diversidad biológica, de sus formas y adaptaciones, de sus niveles de complejidad. Los cinco reinos: Monera, Protista, Fungi, Plantae y Animalia.
3. La necesidad de clasificar la diversidad y encontrar a través de la sistematización los caminos de la evolución.
4. El conocimiento del propio cuerpo. Su funcionamiento interno. Anatomía. Fisiología. Sexualidad. Comunicación con el medio.
5. Salud y enfermedades que afectan al hombre. Normas de higiene. Prevención.
6. La interacción de los organismos entre sí y con el medio ambiente. Ecología. El papel del hombre. El comportamiento animal.
7. Principios de evolución. Selección natural.

Muchos de los temas están relacionados (o deberían estarlo) con motivaciones propias de los niños y adolescentes. En particular, el conocimiento del propio cuerpo, de lo que ocurre dentro y de la sexualidad. La escuela debe proporcionar al adolescente los elementos teóricos que le permitan abordar sana y conscientemente su sexualidad. Todo ciudadano, y en especial la mujer, debe tener una clara idea, por ejemplo, de los cambios que ocurren durante el ciclo menstrual. Comprender que menstruación y ovulación son procesos diferentes. Que esterilidad no es lo mismo que impotencia y que existen métodos anticonceptivos. La curiosidad por el sexo no sólo es una motivación para el estudio de la anatomía y fisiología humanas, también es un estímulo aprovechable para el conocimiento de la diversidad animal y vegetal, de la genética, del comportamiento animal, de los mecanismos de la evolución, de las estrategias reproductivas, etc.

Otro ejemplo no menos importante de motivación es la indagación y reconocimiento de lo que se come. ¿Qué planta o animal estoy comiendo? (identificación);

¿a qué otras plantas o animales se parece? (clasificación, evolución); ¿de qué parte u órgano se trata? (morfología, anatomía); ¿Estoy comiendo células vivas, células muertas o productos celulares? (biología celular y molecular). Si es un derivado (lácteos, harinas, etc.), ¿qué transformaciones ha sufrido hasta llegar a la mesa? (biotecnología). ¿Qué ocurre en mi organismo con lo que como? (anatomía, fisiología, metabolismo).

Obviamente existen muchas otras motivaciones “aprovechables” además del sexo y la comida. No me detendré a analizarlas aquí, ya que podrán deducirse de la lectura de los contenidos.

3. Los docentes

La elaboración de los contenidos ha sido hecha considerando que para poder ponerlos en práctica será necesario *un profundo cambio en la formación y accionar de los docentes* en todos los niveles de lo que actualmente corresponde a las escuelas primaria y media. En especial, existe consenso de que salvo pocas excepciones,³ la actual escuela secundaria es una pérdida de tiempo. Pese a que los alumnos se encuentran en una etapa de plena capacidad intelectual y avidez de incorporar conocimientos, éstas son mayormente desperdiciadas. Los docentes pocas veces funcionan como modelos de identificación. En general no despiertan el entusiasmo, en primer lugar porque ellos mismos no lo tienen. En la mayoría de los casos no poseen los conocimientos necesarios, lo cual hace que no formen y que malinformen.

Considero que estos defectos no son formales sino profundos y su reversión hace a la esencia del cambio de los contenidos que propongo. Los responsables de las fallas no son los propios docentes sino el sistema que los forma y la desvalorización de su actividad provocada por las bajas remuneraciones, sumados a la falta de objetivos claros (el “consenso del saber” mencionado en la nota 3) de las instituciones en que trabajan.

³ De mi conocimiento del rendimiento y preparación de los alumnos que recibo en la FCEyN, podría nombrar como excepciones a los siguientes establecimientos de Capital Federal: Nacional de Buenos Aires, Carlos Pellegrini, Mariano Acosta, Otto Krause, Liceo franco-argentino, escuela ORT. Posiblemente la razón del éxito relativo de estas escuelas no se deba a que sus docentes se encuentran mejor preparados, sino más bien a que en las mismas existe un consenso, un pacto tácito entre docentes, alumnos, autoridades y padres, según el cual el “saber” y el “aprender” ocupan un lugar preponderante e incuestionable.

Uno de los problemas más graves en la preparación de los docentes es que, por ejemplo, los profesores que enseñan a los futuros profesores secundarios, son a su vez profesores secundarios. Esto genera un círculo vicioso, cuya necesaria ruptura debe involucrar a la universidad. No se trata de que los docentes primarios y secundarios deban ser universitarios. Sin embargo, considero que quienes los forman deberían serlo. Por su naturaleza dinámica, el contacto directo con los temas y tendencias de punta, la práctica de la investigación científica y la generación de conocimiento, la universidad puede influir profunda y positivamente en la formación y actualización de los docentes de todos los niveles de la educación. Esta idea fue acordada recientemente en la reunión del grupo de trabajo sobre educación y ciencia, de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI de la UNESCO, realizada en París, del 10 al 11 de enero de 1994. Más aún, en la reunión se concluyó que era parte del *papel social de la universidad* formar en ciencia a los docentes de los niveles inferiores, desde el jardín de infantes a la escuela secundaria.

Los docentes especializados en ciencias, tanto de la EGB como de la EP, deben recibir una formación similar a la de los estudiantes de la licenciatura universitaria correspondiente. Lo que los diferencia de los graduados universitarios en ciencias es que éstos realizan investigación y generan conocimiento.

El papel del docente en la enseñanza de los contenidos propuestos es irremplazable. Al respecto, el profesor B. Geremek, uno de los miembros permanentes de la comisión de la UNESCO que asistió a la reunión mencionada, dijo que Umberto Eco le había comentado, decepcionado, que los niños y jóvenes de hoy en día no se entusiasman por nada que no venga "envasado en cassettes". Si bien es cierto que la informática y los medios audiovisuales dominan la imaginación infantil, me permito disentir con la afirmación de Eco. Creo que los chicos y jóvenes siguen entusiasmándose y fascinándose por *las ideas* transmitidas, más que por el envase en que vienen. Es responsabilidad del docente entusiasmar. Estimular en el alumno la libertad de pensamiento, la capacidad de cuestionar, de preguntar y preguntarse, de juzgar, de opinar, de atenerse a las evidencias experimentales.

La enseñanza de la ciencia es incompatible con la rutina. Es un fenómeno que por su propia naturaleza debe generar tensión, ansiedad y hasta un cierto grado de insatisfacción productiva, motor de aprendizaje.

El docente debe además ofrecer rigor y honestidad intelectual. Estas cualidades son altamente apreciadas por los alumnos y son la base del respeto al docente y al objeto de estudio. Las preguntas de los alumnos sobre temas científicos muchas veces tocan temas de frontera. ¿Cómo responder a las mismas? No hay muchas opciones compatibles con el rigor y la honestidad intelectual. Dada una pregunta, la respuesta debería estar entre las siguientes: a) lo sé; b) no lo sé; c) no se sabe; d) se sabe, pero yo no lo sé; e) no sé si se sabe o no.

Ahora bien, si lo sabe, antes de responder directamente, el docente debería promover que los alumnos asocien los elementos que ya poseen para intentar ellos mismos una posible respuesta. Este aprender a pensar en clase vale más que cualquier explicación teórica sobre las características y métodos de la ciencia.

Muchos de los temas incluidos en los contenidos involucran mecanismos complejos, para cuya descripción hacen falta conocimientos de química biológica, física o matemática más profundos que aquellos que poseen los alumnos de la EGB o de la EP. Esto no implica que dichos temas no deban ser tratados. Por el contrario, si el docente conoce tales mecanismos complejos, podrá distinguir lo conceptual de lo no conceptual, y enseñar, con el lenguaje apropiado, la esencia de los mismos al nivel adecuado. También para estos casos, la preparación del docente es tan importante como su honestidad intelectual: si un mecanismo es demasiado difícil como para explicarlo, más vale no explicar ningún mecanismo que reemplazarlo por versiones incorrectas.

4. Confusiones, preconceptos y falsas ideas

Los alumnos (y a veces los docentes) enfrentan el estudio de la biología con una serie de confusiones terminológicas y conceptuales, preconceptos y falsas ideas. Cualquiera sea el origen de las mismas, los contenidos han sido elaborados teniendo en cuenta las más comunes. A modo de ejemplo, se plantean algunas:

Se confunde:

Selección natural
Adaptación individual
Átomos o moléculas
Virus
Código genético
Nutrientes
Vacuna
Inyección
Genes
Ecología
Menstruación
Esterilidad
Médula ósea

Con:

Evolución
Adaptación de las especies
Células
Bacterias
Información genética
Alimentos
Suero
Vacuna
Cromosomas
Ecologismo
Ovulación
Impotencia
Médula espinal

Entre los preconceptos y falsas ideas que sería deseable desterrar figuran:

- Que las plantas obtienen alimentos (materia orgánica) del suelo.
- Que la clorofila es el producto de la fotosíntesis.
- Que los virus son procariotas.
- Que los peces y otros animales con branquias obtienen el oxígeno de la molécula de agua.
- Que los centriolos son los formadores del huso mitótico.
- Que los microscopios óptico y electrónico son los principales instrumentos para el estudio de las células.

5. El plan de elaboración de los contenidos

Primeramente elaboré los contenidos para la Educación Polimodal. El cumplimiento de los mismos necesitaría de los 3 años de la EP, y contendría lo que tradicionalmente figuraba en las asignaturas Botánica, Zoología, Anatomía y Fisiología e Higiene de la vieja secundaria. Algunos de los contenidos vienen precedidos por los términos “concepto de...”, “nociones de...” o “diferencias entre...”. La idea es que lo que sigue a “concepto de...” es ineludible. Lo que sigue a “nociones de...” merece ser mencionado, pero no es un tema central sino accesorio. “Diferencias entre...” explota el recurso didáctico de marcar diferencias específicas entre dos términos o conceptos, ya sea para fijarlas o para desterrar confusiones o falsas ideas como las mencionadas en el punto 4.

Los contenidos para la EP (contenidos de máxima) fueron sometidos a consideración de los diez especialistas, acompañados de un cuestionario que permitió evaluar el nivel de profundidad, eliminar o agregar temas y decidir cuáles de esos contenidos formarían parte de los de la Educación General Básica.

II. CONTENIDOS PARA LA EDUCACION GENERAL BASICA

1. PROPIEDADES DE LA VIDA

Átomos, moléculas y células. Cuestiones de tamaño.⁴ La materia: moléculas inorgánicas y orgánicas. Qué es la vida. En qué se diferencia lo vivo de lo no vivo. Reproducción y metabolismo. El agua: componente mayoritario de las células y solvente universal. Sin agua no hay vida.

2. BIOLOGIA CELULAR Y MOLECULAR

2.1. *Componentes moleculares de las células*. Todos los seres vivos están formados por células o productos de las mismas. Principales sustancias orgánicas de la célula: hidratos de carbono, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos (ADN, nociones de la doble hélice; ARN).

2.2. *Células procariotas*. Nociones sobre formación de la tierra y origen de la vida. Células procariotas y eucariotas.

Bacterias. Morfologías (cocos, estafilococos, estreptococos, vibriones, bacilos, etc.). Los antibióticos. Elementos del cultivo de bacterias. Concepto de esterilidad microbiológica. Esterilización y preservación de alimentos. Pasteurización. Criterios de conservación de alimentos en el hogar. Razones para la cocción de alimentos. Enfermedades humanas causadas por bacterias: tuberculosis, cólera, sífilis,

⁴ El alumno tiende a confundir intuitivamente las dimensiones de átomos, moléculas y células. Las tres son cosas “chiquitas”. Sin embargo, el objetivo de este ítem es llegar a la comprensión de que dentro de lo chiquito, es decir, lo no visible al ojo desnudo, habrá también enormes diferencias de tamaño.

meningitis, tétanos, salmonelosis, etc. Normas de higiene personal para prevenir infecciones. Concepto de contagio. Diferencias entre enfermedades infecciosas y no infecciosas.

2.3. *Células eucariotas*. Microscopios óptico y electrónico.

Diferencias entre células animales y vegetales: pared celular celulósica, vacuolas, plástidos (cloroplastos, amiloplastos, cromoplastos).

Membrana plasmática. Semipermeabilidad. Difusión de moléculas pequeñas. Difusión del agua: ósmosis.

Núcleo: membrana nuclear doble. El nucleolo. Cromosomas. Duplicación del ADN. Nociones de mitosis.

Citoplasma: ribosomas. Organelos membranosos: retículo endoplasmático liso y rugoso, complejo de Golgi, lisosomas, mitocondrias. Cilios y flagelos, centríolos. Movimiento ameboideo.

2.4. *Metabolismo*. Concepto de energía y sus diversas formas. Energía almacenada en compuestos orgánicos.⁵ Función de las enzimas. Noción de respiración celular. La mitocondria y la generación de energía.

Fotosíntesis. El cloroplasto. La clorofila. Concepto de fabricación de alimentos a partir de CO₂, cloroplastos y luz.

2.5. *Genética*. Meiosis⁶ y reproducción sexual. Fases de la meiosis. Concepto de haploide y diploide.

Lo heredado y lo adquirido. Nociones de la primera ley de Mendel. Genotipo y fenotipo. Concepto de locus y alelos. Recesividad y dominancia. Genes y cromosomas. Cromosomas sexuales. Determinación cromosómica del sexo (sistema XX, XY en mamíferos). Mutaciones.

2.6. *La información genética*. Concepto de gen. Síntesis de proteínas: ribosomas, ARNs de transferencia, incorporación de los aminoácidos. Código genético.

2.7. *Los virus*. Bacteriófagos, virus animales y virus vegetales. Enfermedades humanas causadas por virus: poliomielitis, viruela, rabia, gripe, resfríos, sarampión,

⁵ Operativamente en la EGB puede reemplazarse compuestos orgánicos por alimentos y compuestos inorgánicos por nutrientes.

⁶ No se pretende dar las fases de la meiosis sino sólo el concepto de que existe una división celular en la que se reduce a la mitad el número de cromosomas.

varicela, hepatitis. El virus de la inmunodeficiencia humana (HIV) y el SIDA. Prevención. Concepto de que, a diferencia de las bacterianas, las enfermedades virales no son tratables con antibióticos.

2.8. *Elementos de la tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética.* Clonado molecular.⁷ Introducción de genes foráneos en bacterias y en células eucariotas. Generación de animales y plantas transgénicas. La “fotocopiadora de genes” en el laboratorio: reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Biotecnología: usos de la tecnología del ADN recombinante en la industria farmacéutica, el mejoramiento de plantas y animales y el diagnóstico médico.

3. CLASIFICACION DE LOS ORGANISMOS

Diversidad biológica. Nominación binomial de las especies. Linneo. Clasificación: reino, división o *phylum*, clase, orden, familia, género y especie. Ejemplos en vegetales y animales. Concepto de analogías y homologías.

4. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS PROTISTAS, LOS HONGOS Y LAS PLANTAS⁸

4.1. *Las plantas*

4.1.1. *Morfología y fisiología de las plantas con flor.* La semilla: tegumentos y embrión (plúmula, cotiledones, hipocótilo, radícula). Germinación. Meristemas. Crecimiento primario.

Nociones de tejidos vegetales: parénquima, colénquima y esclerenquima; vasculares (xilema y floema), protectores (epidermis, súber).

La raíz: estructura y modificaciones. Pelos radicales. Raíces secundarias.

El vástago: yemas apicales y axilares. Dominancia apical. Multiplicación vegetativa. La función de la poda.

La hoja: estructura, morfología, adaptaciones y modificaciones (catáfilas, espinas, etc.). Hojas simples y compuestas.

Estomas e intercambio de gases.

⁷ En la EGB sólo interesa que el alumno acepte que es posible clonar genes. No importa cómo se lo logra.

⁸ Desde el punto de vista evolutivo correspondería comenzar con el estudio de los protistas, siguiendo por los hongos y luego las plantas. Sin embargo, considero más didáctico empezar esta sección por el estudio de las plantas, organismos más conspicuos y familiares para el alumno.

El tallo: estructura. Tallos modificados: bulbos, rizomas y tubérculos.

Qué parte de la planta se come en los siguientes casos: zanahoria, papa, batata, remolacha, tomate, coliflor, poroto, chaucha, acelga, mandioca.

Crecimiento secundario de raíz y tallo. La madera. El corcho. Anillos de crecimiento de la madera. El papel. Su reciclado y el cuidado de los recursos forestales.

Nociones de fisiología vegetal. Transporte de agua y minerales por el xilema. Transpiración. Transporte de alimentos (azúcares) por el floema.

Fotosíntesis.⁹ Absorción de sales minerales del suelo por la raíz. Diferencia entre nutrientes y alimentos. El suelo. Ciclo del nitrógeno. Fijación del nitrógeno en las raíces de leguminosas. Fototropismo y geotropismo.

4.1.2. *Diversidad, clasificación y reproducción de las plantas*

Musgos y hepáticas. Ausencia de tejidos vasculares y de raíces y tallos verdaderos (talo). Ciclo de vida de los musgos.

Helechos. Aparición del sistema vascular. Ciclo de vida. Predominancia del esporofito. Soros, esporangios y dispersión de esporas. Protalo de vida libre. Espermatozoides móviles.

Gimnospermas. Coníferas. Ciclo de vida. Conos femenino y masculino. Grano de polen. Tubo polínico. Las coníferas autóctonas argentinas: araucarias, ciprés de la cordillera, podocarpos. Los pinos, abetos y cipreses son originarios del hemisferio norte.

Angiospermas (plantas con flor). Aparición del ovario. La flor: cáliz, corola, androceo y gineceo. Flores bi y unisexuales. Plantas monoicas y dioicas. Alternancia de generaciones en las angiospermas. Polen. Diferencia entre polinización y fecundación. Agentes de polinización: viento, agua, insectos, aves y murciélagos. Tubo polínico. Ovulo. Concepto de que el óvulo deviene semilla y el ovario, fruto. Distintos tipos de frutos: bayas, drupas, pomos y vainas. Adaptaciones para la dispersión de las semillas. Diferencias entre monocotiledóneas y dicotiledóneas. Reconocimiento y apreciación de las especies espontáneas y cultivadas en la ciudad o área habitada por el alumno. Las especies de árboles plantados en las ciudades (nativas de nuestro país: jacarandá, lapacho, seibo, palo borracho, tipa; e introducidas: plátano, olmo, tilo, álamo, eucalipto, paraíso, etc.). Reconocimiento y origen geográfico de las plantas utilizadas por el hombre: trigo, maíz y otros cereales, papa, tomate, café, cacao, tabaco, frutas (manzana, cítricos, duraznos y otras drupas, banana), frutos compuestos (frutillas, moras). Reconocimiento de plantas ornamentales. Concepto de maleza. Tala de selvas para tierras de cultivo. Desertización.

⁹ Ya fue vista en 2.4. Aquí deberían verse los aspectos fisiológicos de la fotosíntesis, su rol en la generación de oxígeno.

Productos de origen vegetal: harinas, salvado, fibras textiles, aceites, margarina, infusiones (té, café), cestería, maderería, esencias, perfumes, papel.

4.2. *Los protistas*

Algas. Algas pardoamarillentas (diatomeas), verdes (lechuga de mar), pardas (cachiyuyo) y rojas. Algas unicelulares, coloniales, filamentosas y talosas. Algas marinas y de agua dulce. Las algas hacen fotosíntesis.

Protozoos. Ejemplos de flagelados parásitos: *Trypanosoma cruzi*: ciclo de vida y enfermedad de Chagas. Enfermedad de Chagas en la Argentina y América: condiciones habitacionales y pobreza. Ejemplos de amebas, ciliados (el paramecio), y esporozoos: *Plasmodium*. Ciclo de vida y paludismo.

4.3. *Los hongos.* Características de los hongos: pared celular, hifas, micelio, conidios y cuerpos de fructificación.¹⁰ Hifas tabicadas y no tabicadas. Hongos saprobios y parásitos. Ejemplos de cigomicetes, ascomicetes y basidiomicetes. *Rhizopus* o moho negro del pan. Las levaduras. Su importancia biotecnológica: fabricación del pan, cerveza, vino. Champiñones y hongos en estante. *Penicillium* y la penicilina. Fabricación de quesos (roquefort).

Simbiosis de hongos con algas: los líquenes.

Hongos patógenos para el hombre (pie de atleta), animales y plantas.

5. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS ANIMALES

Origen y clasificación de los animales. Invertebrados y vertebrados.

5.1. *Invertebrados*

Eponjas. Características. Ejemplo de animal sésil y prácticamente inmóvil.

Cnidarios o celenterados (“aguas vivas”, anémonas de mar y corales). Pólipos y medusas. El cnidocito y el nematocisto. Reproducción sexual y asexual. Estudio de la hidra. Los arrecifes de coral.

Platelmintos o gusanos planos (la planaria y la tenia o “lombriz solitaria”). Las planarias: aparato digestivo. Ocelos y esbozo de cefalización. Hermafroditismo y reproducción en planarias. Regeneración. Tenias. Parasitismo en humanos.

¹⁰ Debe recalcar que cuando vemos un hongo de sombrero (champiñón) lo que estamos viendo es el cuerpo de fructificación, es decir, la parte externa relacionada con la reproducción del cuerpo vegetativo del hongo formado por el micelio que está bajo tierra o “pudriendo” la madera.

Moluscos (almejas y mejillones, caracoles, babosas, calamares, pulpos). Características morfológicas de los moluscos: pie, masa visceral y manto. Sistema respiratorio: branquias. Sistema digestivo. La rádula. Las tres clases principales: bivalvos, gasterópodos y cefalópodos. Estudio particular de un animal de cada clase: almeja o mejillón, caracol de jardín y pulpo o calamar.

Anélidos o gusanos segmentados (lombrices de tierra). Segmentación y plan general del cuerpo de los anélidos. Gusanos marinos, lombrices de tierra y sanguijuelas. Estudio de la lombriz de tierra: sistema digestivo. Circulación, respiración, excreción. Sistema nervioso y reproducción (hermafroditismo en la lombriz de tierra). Papel de las lombrices de tierra en la trituration y aireación del suelo.

Artrópodos: insectos, arañas, ciempiés y cangrejos. Características generales: segmentación, apéndices articulados, exoesqueleto, metamorfosis. Rasgos internos. Cefalización. Ojos compuestos. Características de las principales clases de artrópodos. Arácnidos (arañas, garrapatas y escorpiones). Miriópodos (ciempiés y milpiés). Insectos. Características: tres regiones corporales, tres pares de patas, dos pares de alas. Reconocimiento de los principales ordenes de insectos: dípteros (moscas y mosquitos), lepidópteros (mariposas y polillas), himenópteros (abejas, avispas y hormigas), coleópteros (escarabajos y “vaquitas de San Antonio”), ortópteros (langostas). Comportamiento social de algunos insectos. Insectos vectores de agentes infecciosos: vinchuca y enfermedad de Chagas, mosquitos y paludismo. Reconocimiento y apreciación de las especies de artrópodos de la ciudad o área habitada por el alumno. Crustáceos (cangrejos, langostinos, camarones, langostas de mar, pulgas de agua). Estudio del langostino.

Equinodermos (estrellas y erizos de mar). Características de la estrella de mar. Simetría radial. Otros equinodermos: erizos de mar, dólares de arena, estrellas plumosas y pepinos de mar. Concepto de que los equinodermos son probablemente los parientes invertebrados más cercanos de los vertebrados.

5.2. Los vertebrados

Aparición de la columna vertebral. Características principales de las clases más importantes: peces cartilaginosos (tiburones y rayas), peces óseos, anfibios (ranas, sapos y salamandras), reptiles (tortugas, serpientes, lagartos y cocodrilos), aves y mamíferos.

Vertebrados extinguidos: dinosaurios. Características propias de los mamíferos: pelos, mamas, “sangre caliente”. Ornitorrincos. Marsupiales (canguros y comadrejas). Placentarios. Ejemplos de animales representativos de placentarios: ratón, perro, gato, tigre, delfín, ballena, murciélago, focas, lobos de mar, monos.

Reconocimiento y apreciación de las especies nativas e introducidas de los vertebrados de la ciudad o área habitada por el alumno.

Los primates. Monos (con cola) y antropomorfos (sin cola: orangután, gori-
la y chimpancé).¹¹ El hombre. Nociones sobre el origen y evolución del hombre.
Australopithecus, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens*. Los hombres
de Neanderthal y de Cro-Magnon.

6. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS VERTEBRADOS Y, EN ES- PECIAL, DEL HOMBRE

6.1. *Nociones de embriología de los vertebrados*. Fecundación. Segmentación del
cigoto. Blástula y gástrula. Ejemplos del desarrollo del embrión de anfibio.

6.2. *Nociones de anatomía humana y fisiología*

6.2.1. *El esqueleto*. Huesos largos y planos. La médula ósea. Columna vertebral.
Los principales huesos de las extremidades, pelvis, tórax y cráneo. Inserciones de
los músculos. Estudio anatómico funcional de huesos, músculos, tendones y arti-
culaciones de una extremidad en particular (la anterior por ejemplo).

6.2.2. *La piel*. Dermis y epidermis. Glándulas sudoríparas. Pelos y uñas. Efectos
nocivos y protección de la radiación solar.

6.2.3. *Sistema digestivo*. La cavidad oral. Dientes y muelas. Estructura del diente.
Las denticiones. Higiene y cuidado de los dientes. La lengua. Saliva y glándulas sa-
liviales. Faringe y esófago: la deglución. El estómago: almacenamiento y licuación.
El intestino delgado: digestión y absorción. Principales glándulas accesorias: pán-
creas e hígado. La bilis y la vesícula biliar. El intestino grueso: absorción ulterior
y eliminación. Peristaltismo. La materia fecal. Requerimientos nutricionales: los
aminoácidos esenciales y las vitaminas. Papel de la leche materna. Balance de la
dieta. Alimentos de origen animal y vegetal y su contenido en azúcares, proteínas,
grasas y vitaminas. Papel de las fibras en la dieta y cáncer de colon.

6.2.4. *Sistema respiratorio (ventilatorio)*. Laringe, tráquea, bronquios, bronquio-
los. Estructura alveolar del pulmón. Mecánica de la respiración. Transporte e in-
tercambio de gases. La hemoglobina y su función. El tabaco y el cáncer de pulmón.

¹¹ En español llamamos “monos” tanto a los monos como a los antropomorfos. En inglés, en cam-
bio, los monos son “*monkeys*” y los antropomorfos son “*apes*”. El docente debe estar al tanto de es-
to para que el término mono sea en este caso usado estrictamente.

6.2.5. *Sistema cardiovascular*. Los vasos sanguíneos: arterias, venas y sus capilares. El corazón. Circuitos principales del sistema cardiovascular humano. Automatismo. Nociones de enfermedades cardiovasculares, en relación con la alimentación y los hábitos de vida.

6.2.6. *Sistema excretor*. El riñón. Función del riñón: filtración, excreción, reabsorción.

6.2.7. *Reproducción*. Caracteres sexuales primarios y secundarios. Sistema reproductor masculino. Testículo, conducto deferente, uretra. El pene: erección y eyaculación. El semen. El prepucio y la circuncisión. El testículo como fuente de hormona sexual masculina. El sistema reproductor femenino. Ovario, trompa de Falopio, útero, vagina, vulva y clítoris. El ovario como fuente de hormona sexual femenina (estrógeno). El ciclo menstrual. Diferencia entre ovulación y menstruación. La progesterona. El acto sexual. Algunos métodos anticonceptivos: “píldoras”, diafragma con crema espermicida, preservativo (forro o condón), dispositivo intrauterino (DIU o “espiral”), ritmo y retiro (coito interrumpido). Enfermedades de transmisión sexual.

6.2.8. *Embarazo y parto*. Embarazo. Pruebas de embarazo. Cambios producidos durante el primero, segundo y tercer trimestre. La placenta. El cordón umbilical. Nacimiento. Contracciones del parto. Parto normal y cesárea. Responsabilidades de la pareja en la crianza y educación de los hijos.

6.2.9. *Inmunidad*. Defensas no específicas: fagocitosis por los macrófagos. Defensas específicas: el sistema inmune. Los órganos involucrados: bazo, timo, amígdalas y nódulos linfáticos. Concepto de antígeno y anticuerpo. Las vacunas.¹² Diferencia conceptual entre vacuna (inmunógeno) y “suero” (inmunidad pasiva). Reseña histórica sobre el desarrollo de las principales vacunas: antivariólica, antipoliomelíticas. La erradicación de la viruela. Enfermedades del sistema inmune: alergias y asma, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

6.2.10 *Sistema endocrino*. Glándulas y hormonas. Glándulas exocrinas y endocrinas. Nociones de la acción de algunas hormonas.

¹² Es común escuchar que la gente confunde “inyección” con “vacuna”. Este es el momento de recalcar que “inyección” es una vía de inoculación para cualquier sustancia (por ej.: antibiótico, cocaína, analgésico, vacuna, etc.). Asimismo hay vacunas que no se administran por inyección, como, por ejemplo, la Sabin.

6.2.11. *Sistema nervioso*. La neurona. Sistemas nerviosos central y periférico. Sistema nervioso central: cerebro y médula espinal.¹³ Sustancia gris y sustancia blanca. Hemisferios izquierdo y derecho.

6.2.12. *Los sentidos*. Percepción sensorial. Los receptores de frío y calor, dolor y otros. El gusto. El olfato. El oído. Estructura del oído humano. Oídos externo, medio e interno. Tímpano. Huesecillos: martillo, yunque y estribo. El caracol: ventanas oval y redonda. Nervio auditivo. El oído y el equilibrio. La visión. Estructura del ojo humano. Córnea, iris y cristalino. Humores vítreo y acuoso. Formación invertida de la imagen. La fovea. Miopía y presbicia. El uso de anteojos. La retina. El nervio óptico.

7. COMPORTAMIENTO ANIMAL

Nociones de la diferencia entre comportamiento instintivo y aprendizaje y memoria en los animales.

Ejemplos de comportamientos: elección de pareja, cuidado de crías, obtención de alimento (tela de araña; simulación en la víbora de cascabel), demarcación de territorios, agresión, conductas sociales.

8. BIOLOGIA DE LAS POBLACIONES Y ECOLOGIA

Propiedades de las poblaciones. Las comunidades. Interacciones entre comunidades. Competencia por recursos. Concepto de nicho ecológico. Relaciones entre especies. Depredación. Simbiosis: parasitismo, mutualismo y comensalismo. Sucesión ecológica. Concepto de ecosistema. Factores físicos y bióticos. Factores físicos: la energía solar, cambios en la atmósfera, el clima. Flujo de energía. cadenas alimentarias o tróficas. Niveles tróficos: productores, consumidores primarios (herbívoros), consumidores secundarios (carnívoros) y detritívoros (carroñeros y descomponedores). Ciclos del agua, del carbono y del nitrógeno. Concentración de elementos. Contaminación ambiental. Impacto ambiental. Influencias negativas y positivas del hombre y sus actividades sobre los ecosistemas. La biosfera como ecosistema global. El ambiente acuático: la vida en los ríos, lagos, océanos y zonas

¹³ Es común escuchar que la gente confunde o no distingue entre médula ósea (tejido hematopoyético y/o graso) y médula espinal (sistema nervioso). El docente debe estar alerta sobre este problema.

litorales. El ambiente terrestre. Los biomas continentales: selvas, bosques templados, taiga, matorrales, sabanas, estepas, tundra, desiertos.

El uso racional de los recursos naturales para evitar su agotamiento.

9. PRINCIPIOS DE EVOLUCION

Evolución *versus* creacionismo.¹⁴ Los evolucionistas: Lamarck y Darwin. Darwin y el viaje del “Beagle”. Su paso por la Argentina. El registro fósil revela el camino de la evolución. Variación al azar *versus* herencia de caracteres adquiridos (Lamarck). Las mutaciones. La selección natural. El concepto de valor adaptativo de una mutación. Analogías y homologías. Ejemplos de estructuras análogas (ala de insecto/ala de murciélago) y homólogas (ala de murciélago/aletas de ballena-/miembros superiores del hombre; estambre/hoja).

Propuesta de trabajos prácticos para la EGB

Nota: tener en cuenta la edad del alumno. Ir de lo “visible” a lo “invisible”.

1. Desenterrar una planta y , observándola completa, describirla sin conocimientos previos de botánica.
2. Observar y describir un animal doméstico o del zoológico, sin conocimientos previos de zoología.
3. Bacterias y hongos. Exponer cápsulas con medio de cultivo apropiado al aire de la clase, del exterior o al aliento de los alumnos, incubar a 37°C o a temperatura ambiente. Observar los resultados a simple vista y al microscopio y sacar conclusiones.
4. ¿Qué pasa con la basura? Hacer recolectar a los alumnos distintos tipos de desperdicios (restos vegetales, animales, latas, plástico, vidrio, etc.), exponerlos al aire

¹⁴ El reconocimiento de que las especies evolucionan y de que no fueron creadas y puestas sobre la Tierra tal cual las encontramos en el presente, por uno o más seres sobrenaturales, es un avance espectacular de la ciencia del siglo XIX. El alumno debe tomar conciencia de este hecho más allá de que se sepa cuál es el mecanismo por el cual evolucionan.

por un período y observar las transformaciones sufridas. Cuáles se degradan y cuáles no y en qué forma. Sacar conclusiones.

5. Observar y describir la metamorfosis en anfibios (sapo).

6. Abrir huevos de gallina embrionados y no embrionados. Describir lo observado. Observar la eclosión.

7. Germinación del poroto o de otras semillas. Probar con porotos no remojados, remojados, previamente cocinados (hervidos y horneados). En distintos soportes: vaso con algodón, arena, tierra, etc. Describir día a día los cambios. Embrión y plántula. Detectar contaminaciones con hongos.

8. Salida “de campo” (plaza, parque, baldío, litoral de un río, arroyo o lago, playa), observar y describir la diversidad biológica. Distintos ambientes. Reconocer diferencias entre formas sésiles y móviles. Recolección de artrópodos y moluscos y toma de datos sobre las variables ambientales.

9. Observación de la metamorfosis de lepidópteros comunes capturados en estado larval y mantenidos en cautiverio.

10. Anatomía externa e interna (disección) de un insecto o de una lombriz de tierra.

11. Identificación mediante el uso de claves sencillas (elaboradas por el maestro, por ejemplo) de insectos o de moluscos.

12. Identificación mediante el uso de claves sencillas (elaboradas por el maestro, por ejemplo) de plantas vasculares.

13. Observación y reconocimiento de distintos tipos de frutos: vainas, bayas, drupas, etc.

14. Observación de asfixia (total o parcial) de larvas de mosquito privadas de acceso a la superficie del agua (tela o vidrio); ídem con una muy delgada capa aceitosa.

15. Estudio de órganos vegetales de reserva: tubérculos, rizoma, raíz tuberosa. Identificar si la sustancia de reserva es almidón por la reacción de coloración azul con iodo (lugol).

16. Estudio de la flor. Anteras, polen, ovario, óvulo. Comparación de distintos tipos de flores.
17. Probar con la reacción con iodo (lugol) que la harina contiene almidón y que los granos de trigo, maíz, etc. tienen almidón como reserva.
18. Ciclo biológico de un caracol de agua. Seguir los huevos hasta su eclosión.
19. Detectar, leer, comentar y coleccionar artículos de diarios y revistas que traten temas relacionados con las ciencias biológicas.
20. Anatomía externa e interna (disección) de un langostino.
21. Anatomía externa e interna (disección) de una rata.
22. Anatomía externa e interna (disección) de un sapo.

III. CONTENIDOS PARA LA EDUCACION POLIMODAL

1. LA BIOLOGIA COMO CIENCIA “EXACTA”

Átomos, moléculas y células. Cuestiones de tamaño.¹⁵ La medición (en este caso del tamaño) como una de las actividades intrínsecas de la ciencia. Las unidades de longitud que se usan en biología: metro, micrometro (micrón), nanometro y Angström. Ejemplos de los tamaños relativos de las moléculas de agua, de cloruro de sodio, de glucosa, de un aminoácido, de una proteína, de un bacteriófago, del virus de la viruela, de una bacteria, de una célula epitelial de mamífero, de una célula vegetal, de un oocito de sapo y de un huevo de ñandú. La materia: moléculas inorgánicas y orgánicas. Qué es la vida. En qué se diferencia una célula viva de cualquier otro conjunto de moléculas orgánicas e inorgánicas. Reproducción y metabolismo. El agua: componente mayoritario de las células y solvente universal. Sin agua no hay vida.

La biología descriptiva: su apogeo en los siglos XVIII y XIX. Lecturas seleccionadas sobre historia de la biología (generación espontánea, Robert Hooke, Louis Pasteur, etc.). La biología experimental: su expansión en la segunda mitad del siglo XX. La observación como eje de la biología descriptiva. La experimentación como un tipo estructurado de observación. Características de la experimentación: planteo de preguntas, elaboración de hipótesis, realización de los experimentos, reproducibilidad, experimentos “control”. Interpretación de los resultados. Influencia del experimentador sobre el objeto de estudio y en la interpretación de los resultados. Parcialidad y transitoriedad de las afirmaciones de la ciencia.

¹⁵ Ver nota 4.

2. BIOLOGIA CELULAR Y MOLECULAR

2.1. *Componentes moleculares de las células.* Teoría celular. Schleiden y Schwann. Principales sustancias orgánicas de la célula: hidratos de carbono (monosacáridos, polisacáridos), lípidos (triglicéridos, fosfolípidos, colesterol; grasas y aceites), proteínas (aminoácidos, unión peptídica, péptidos, estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria, enzimas), ácidos nucleicos (ADN, modelo Watson y Crick; ARN).

2.2. *Células procariotas.* Formación de la Tierra. Teorías sobre el origen de la vida. Células procariotas y eucariotas. El problema de la generación espontánea. Organismos uni y pluricelulares. Heterótrofos y autótrofos. Concepto de fotosíntesis. Bacterias: arqueobacterias y eubacterias. Morfologías (cocos, estafilococos, estreptococos, vibriones, bacilos, etc.). Cianobacterias (cianofitas). La célula bacteriana: pared celular de peptidoglicano, cromosoma circular desnudo, ribosomas 70S, flagelos macizos. Concepto de toxicidad selectiva de los antibióticos. Elementos del cultivo de bacterias: medios líquido y sólido, placas de Petri, medios “ricos” y mínimos. Anaerobiosis y aerobiosis. Concepto de esterilidad microbiológica. Esterilización y preservación de alimentos. Pasteurización. Métodos de esterilización. Enfermedades humanas causadas por bacterias: tuberculosis, cólera, sífilis, meningitis, tétanos, salmonelosis, etc.

2.3. *Células eucariotas.* Microscopios óptico y electrónico. Concepto de límite de resolución. Los microscopios son sólo una de las herramientas para el estudio de las células. Pueden observarse células vivas o muertas y teñidas (concepto de fijación, tinción, preparados). Tridimensionalidad de la célula *versus* bidimensionalidad de la observación microscópica.

Diferencias entre células animales y vegetales: pared celular celulósica, vacuolas, plástidos (cloroplastos, amiloplastos, cromoplastos). Paredes celulares de los hongos. Los hongos se parecen a las plantas pero no lo son: forman un reino aparte.

Membrana plasmática: composición química. Bicapa fosfolipídica y proteínas integrales y periféricas. Semipermeabilidad. Canales de membrana. Difusión de moléculas pequeñas. Difusión del agua: ósmosis. Medios hiper, iso e hipotónicos. Presión de turgencia en la célula vegetal.

Núcleo: membrana nuclear doble, poros. El nucleolo. Cromatina: DNA + histonas y proteínas no-histónicas. Hetero y eucromatina.

Cromosomas: su anatomía (centrómeros, brazos, cromátidas, telómeros, satélites; cromosomas telocéntricos y metacéntricos). Concepto de que los cromoso-

mas sólo se visualizan en la división celular, aunque conservan su individualidad en la interfase. División celular: ciclo celular (períodos G1, S, G2 y M). Duplicación del ADN: carácter semiconservativo.¹⁶ Mitosis: sus fases, huso mitótico, centro celular. Cariocinesis y citocinesis.

Citoplasma: ribosomas 80S. Organelos membranosos: retículo endoplasmático liso y rugoso, complejo de Golgi, lisosomas, mitocondrias. Citoesqueleto: microtúbulos y microfilamentos, cilios y flagelos, centríolos (su ausencia en células de vegetales superiores y en ciertas células animales, evidencias de que no son los formadores del huso). Citoesqueleto y movimiento celular: movimiento ameboideo, corrientes citoplasmáticas (ciclosis).

2.4. *Metabolismo*. Concepto de energía y sus diversas formas. Energía almacenada en compuestos orgánicos. Anabolismo. Catabolismo. Oxidaciones. Reducciones. Reacciones exergónicas y endergónicas. ATP. Moléculas aceptoras y dadoras de electrones y protones: NADH. Función de las enzimas. Concepto de que la mayoría de las enzimas son proteínas, pero que algunas enzimas son ARN (ribozimas). Glucólisis. Fermentación (alcohólica y láctica). Respiración. Funcionamiento de la mitocondria: ciclo de Krebs, cadena respiratoria (citocromos, oxígeno como aceptor final del poder reductor). Síntesis de ATP en la mitocondria: fosforilación oxidativa.¹⁷

Fotosíntesis. Naturaleza de la luz. Anatomía del cloroplasto: estroma, grana y tilacoides. La clorofila. Pigmentos accesorios. Concepto de transducción de energía. Etapa de captura de energía: fotosistemas, fotólisis del agua, fotofosforilación, productos primarios de la fotosíntesis (ATP y NADPH). Etapa de fijación del CO₂. Síntesis, transporte y almacenamiento de los productos fotosintéticos.

2.5. *Genética*. Meiosis y reproducción sexual. Fases de la meiosis. “*Crossing over*”. Concepto de haploide y diploide. Ubicación de la meiosis en los tres tipos de ciclos de vida: haplonte, diplonte y haplo-diplonte. Partenogénesis. Valor adaptativo del sexo.

Lo heredado y lo adquirido. Los experimentos de Mendel: reseña y perspectiva histórica. Leyes de Mendel: principios de segregación y de distribución inde-

¹⁶ No considero necesario dar el mecanismo enzimático de la duplicación del ADN. Bastará con que el alumno comprenda el carácter semiconservativo y que acepte que el proceso es enzimático y complejo.

¹⁷ Resultaría elevado para el nivel de la Educación Polimodal enseñar al acople quimioosmótico de Mitchell como mecanismo de la fosforilación oxidativa. Quedará a criterio del profesor y de la respuesta de los alumnos. De todos modos, de no enseñarse, será preferible no mencionar ningún otro mecanismo porque se correría el riesgo de introducir conceptos incorrectos.

pendiente. Genotipo y fenotipo. Concepto de locus y alelos. Recesividad y dominancia. Codominancia. Alelos múltiples. Genética de los grupos sanguíneos humanos A, B y O. Genes y cromosomas. Cromosomas sexuales y autosomas. Cariotipo. Determinación cromosómica del sexo (sistema XX, XY y gen *sry* en mamíferos). Determinación del sexo en aves. Caracteres ligados al sexo (ejemplos de hemofilia, y daltonismo).

Mutaciones: puntuales y de fragmentos cromosómicos (deleciones, inserciones, inversiones, translocaciones, duplicaciones). Concepto de ligamiento y recombinación.

2.6. *Flujo de información genética*. Dogma central: transcripción, traducción. Ruptura del dogma central: descubrimiento de la transcriptasa inversa en los retrovirus.¹⁸ Unidireccionalidad del flujo de información genética. Estructura de los genes: evolución del concepto de gen: “factores” de Mendel, unidades de recombinación, “un gen-una enzima”, “un gen-un polipéptido”, “un gen-varios polipéptidos”. El gen es un segmento de ADN sin límites físicos, sino informacionales. Estructura “partida” del gen eucariota: intrones y exones. Transcripción: regiones promotoras y fabricación del precursor del ARN mensajero. Eliminación de los intrones (“*splicing*”) en la formación del ARN mensajero maduro.

Síntesis de proteínas (traducción): ribosomas, ARNs de transferencia, incorporación de los aminoácidos. Tripletes codón y anticodón. Código genético. El carácter “no estrictamente” universal y la degeneración del código genético. Ejemplos de mutaciones que alteran la función de las proteínas. Enfermedades hereditarias.

Regulación de la expresión génica. Paradigma procariótico: el operón lactosa: genes estructurales y reguladores. Promotor, operador. Proteína represora. Inductor. Inducción enzimática. Concepto de diferenciación celular. Nociones de regulación de la expresión genética en eucariotas: interacciones proteína-ADN. Factores de transcripción. Metilación del ADN.¹⁹

2.7. *Los virus*: partículas nucleoproteicas desprendidas de las células. Bacteriófagos, virus animales y virus vegetales. Virus a ARN y virus a ADN. Virus con y sin envoltura membranosa. Anatomía y ciclo de vida de una bacteriófago (T4, por

¹⁸ Puede que éste sea el primer punto del programa donde el alumno se ponga en contacto con los retrovirus, familia a la cual pertenece el virus del SIDA. Los virus en general y el del SIDA en particular serán tratados más adelante.

¹⁹ Los temas tratados en 2.6. son un claro ejemplo donde lo conceptual debe prevalecer sobre lo informativo o lo mecanístico. En ninguno de los procesos descritos se pretende ahondar en la bioquímica, o en la descripción de las proteínas o enzimas involucradas.

ejemplo): adsorción, inyección, eclipse, replicación, encapsidación y lisis. Concepto de que los virus no son en general ni procariotas ni eucariotas: por el ciclo de vida que desarrollan en la célula infectada los bacteriófagos serían procarióticos, en tanto que los virus vegetales y animales serían eucarióticos. Virus líticos y no líticos.

Enfermedades humanas causadas por virus: poliomelitis, viruela, rabia, gripe, resfrios, sarampión, herpes, varicela, hepatitis, papilomas, fiebre amarilla, fiebre hemorrágica argentina. Los retrovirus. El virus de la inmunodeficiencia humana (HIV) y el SIDA. Prevención. Concepto de que, a diferencia de las bacterianas, las enfermedades virales no son tratables con antibióticos.²⁰

Nociones de la existencia de elementos genéticos móviles (transposones) y de agentes infecciosos proteicos (priones).

Virus que producen cáncer. Genes involucrados en la transformación maligna: oncogenes. Cambios en el programa de diferenciación celular.

2.8. *Elementos de la tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética.*

Clonado molecular. Enzimas de restricción. Vectores: plásmidos y genomas de virus. Hibridación de ácidos nucleicos: sondas moleculares. Concepto de que es posible secuenciar al ADN. Proyecto del genoma humano. Introducción de genes foráneos en bacterias y en células eucariotas. Generación de animales y plantas transgénicas. La “fotocopiadora de genes” en el laboratorio: reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Biotecnología: usos de la tecnología del ADN recombinante en la producción de fármacos (insulina, interferón, vacunas), el mejoramiento de plantas y animales y el diagnóstico médico.

3. CLASIFICACION DE LOS ORGANISMOS

Diversidad biológica. Necesidad de una clasificación. Concepto de especie. Nominación binomial de las especies. Linneo. El uso del latín para unificar. Problemas de nomenclatura. Principio de prioridad. Clasificación jerárquica: categorías y taxones. Ejemplos en vegetales y animales. Concepto de analogías y homologías. Taxonomía. Uso de claves dicotómicas. Ontogenia y filogenia. Clasificación de los seres vivos en cinco reinos: *Monera* (procariotas: bacterias y algas azul verdosas o

²⁰ Y que dado que los virus utilizan para replicarse a la maquinaria biosintética de la célula infectada, la mayoría de las drogas que interfieren con el ciclo de vida vital también afectan a las células no infectadas.

cianobacterias), *Protista* (el resto de las algas, protozoarios, mohos²¹ mucilaginosos y acuáticos), *Fungi* (hongos), *Plantae* (todas las plantas menos las algas) y *Animalia* (todos los animales, menos los protozoarios).²²

4. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS PROTISTAS, LOS HONGOS Y LAS PLANTAS²³

4.1. *Las plantas*

4.1.1. *Morfología y fisiología de las plantas con flor*. La semilla: tegumentos y embrión (plúmula, cotiledones, hipocótilo, radícula). Germinación. Meristemas. Crecimiento primario.

Tejidos vegetales: fundamentales y de sostén (parénquima, colénquima y esclerénquima); vasculares (xilema y floema), protectores (epidermis, súber).

La raíz: estructura y modificaciones. Pelos radicales. Periciclo y endodermis (bandas de Caspari). Raíces secundarias y adventicias.

El vástago: yemas apicales y axilares. Dominancia apical. Multiplicación vegetativa. La poda.

La hoja: estructura, morfología, adaptaciones y modificaciones (catáfilas, espinas, etc.). Hojas simples y compuestas. Pecíolo. Especializaciones de la epidermis de la hoja: los estomas y el intercambio de gases.

El tallo: estructura. Tallos y vástagos modificados: bulbos, rizomas, tubérculos, etc. Diferencias entre las estructuras internas de tallos, raíces y hojas de monocotiledóneas y dicotiledóneas. Distinción entre meristemas primarios y secundarios.

²¹ Utilizo el término “moho” en vez de hongo para diferenciarlos de los hongos pertenecientes al reino *Fungi*. Los mohos acuáticos (Chitridiomycetes y Oomicetes) anteriormente se clasificaban con los hongos. La presencia de células reproductoras flageladas (que no existen en ninguno de los hongos) los ubica con los *Protista*.

²² Creo de fundamental importancia la utilización del sistema de cinco reinos, aceptado internacionalmente ya hace muchos años. En castellano, los cinco reinos podrían ser denominados: mone-ras, protistas, hongos, plantas (o metafitas) y animales (o metazoos). Es importante romper la tradicional dicotomía entre botánica y zoología, visualizar a los hongos como un reino aparte y a los protistas como los representantes eucarióticos actuales de los grupos que dieron origen a los otros tres reinos eucarióticos.

²³ Desde el punto de vista evolutivo correspondería comenzar con el estudio de los protistas, siguiendo por los hongos y luego las plantas. Sin embargo, considero más didáctico empezar esta sección con el estudio de las plantas, organismos más conspicuos y familiares para el alumno.

Crecimiento secundario de raíz y tallo: cambium y felógeno (o cambium suberoso). Xilema y floema secundarios. La madera. Duramen y albura. El corcho. Anillos de crecimiento de la madera. El papel. Su reciclado y el cuidado de los recursos forestales.

Fisiología vegetal. Transporte de agua y minerales por el xilema. Transpiración y teoría de la cohesión-tensión. Transporte de sustancias orgánicas (azúcares) por el floema. El floema está constituido por células vivas. La célula acompañante o anexa. Placas cribosas.

Fotosíntesis.²⁴ Absorción de sales minerales del suelo por la raíz. Diferencia entre nutrientes y alimentos. El suelo. Ciclo del nitrógeno. Fijación del nitrógeno por bacterias de vida libre. Fijación simbiótica del nitrógeno: simbiosis *Rhizobium*-raíces de leguminosas. Inoculantes. Rotación de los cultivos.

Fototropismo. Hormonas vegetales y regulación del crecimiento: auxinas y otras. Principios del uso de herbicidas y defoliantes. Geotropismo. Fotoperiodicidad y floración. Fitocromos.

4.1.2. *Diversidad, clasificación y reproducción de las plantas.*²⁵ Repaso del ciclo de vida haplodiplonte (alternancia de generaciones: gametofito y esporofito).

División Briofitas: musgos y hepáticas. Ausencia de tejidos vasculares y de raíces y tallos verdaderos (talo). Ciclo de vida de los musgos: gametofito de vida libre, gametangios, espermatozoides flagelados, necesidad del agua para la fecundación, esporofito dependiente del gametofito. Formación de esporas (meiosis).

División Pterofitas: helechos. Aparición del sistema vascular. Ciclo de vida. Predominancia del esporofito. Soros, esporangios y dispersión de esporas. Protalo (gametofito) de vida libre. Gametangios. Espermatozoides móviles y dependencia del agua para la fecundación. Nociones de la existencia de otras divisiones vivientes de helechos (licopodios y colas de caballo).

Las gimnospermas: división coniferofitas (coníferas). Ciclo de vida. Aparición del óvulo y la semilla. Conos femenino y masculino. Grano de polen. Tubo polínico. Gametofito reducido y dependiente del esporofito. Las coníferas autóctonas argentinas: araucarias, ciprés de la cordillera, podocarpos. Los pinos, abetos y ci-

²⁴ Ya fue vista en 2.4. Aquí deberían verse los aspectos fisiológicos de la fotosíntesis, su rol en la generación de oxígeno.

²⁵ Se ve ahora un pantallazo de las características morfológicas, sistemática y ciclos de vida de los distintos grupos de plantas desde las briofitas hasta las angiospermas.

preses son originarios del hemisferio norte. Nociones de la existencia de otras divisiones de gimnospermas: cicas, ginkgos y gnetales.

Las angiospermas (plantas con flor): división antofitas. Aparición del ovario. La flor: cáliz, corola, androceo y gineceo. Flores bi y unisexuales. Plantas monoicas y dioicas. Caracteres de importancia taxonómica: simetría, posición del ovario, placentación, tipos de inflorescencias. Alternancia de generaciones en las angiospermas. Polen. Diferencia entre polinización y fecundación. Agentes de polinización: viento, agua, insectos, aves y murciélagos. Tubo polínico: independencia del agua para la fecundación. Ovulo y saco embrionario (antípodas, sinérgidas y ovocélula). Triple fusión: formación del embrión (2n) y del endosperma (3n). Formación de frutos. Distintos tipos de frutos: cápsulas, bayas, drupas, pomos, vainas. Adaptaciones para la dispersión de las semillas. Diferencias entre monocotiledóneas y dicotiledóneas. uso de claves para la identificación de las familias más importantes de monocotiledóneas y dicotiledóneas. El herbario: su uso e importancia. Reconocimiento y apreciación de las especies espontáneas y cultivadas en la ciudad o área habitada por el alumno. Las especies de árboles plantadas en las ciudades (nativas de nuestro país: jacarandá, lapacho, seibo, palo borracho, tipa; e introducidas: plátano, olmo, tilo, álamo, eucalipto, paraíso, etc.). Reconocimiento y origen geográfico de las plantas utilizadas por el hombre: trigo, maíz y otros cereales, papa, tomate, café, cacao, tabaco, frutas (manzana, cítricos, duraznos y otras drupas, banana), frutos compuestos (frutillas, moras). Reconocimiento de plantas ornamentales. Concepto de maleza. Tala de selvas para tierras de cultivo. Desertización.

4.2. *Los protistas*. El origen de los eucariotas. La teoría endosimbionte sobre el origen evolutivo de mitocondrias y cloroplastos.

4.2.1. *Protistas autótrofos fotosintetizadores*: euglenas, dinoflagelados y las divisiones agrupadas como algas: crisofitas (algas pardoamarillentas, diatomeas), clorofitas (algas verdes), feofitas (algas pardas) y rodofitas (algas rojas). Los pigmentos presentes en los plástidos de las algas: clorofilas, carotenos, fucoxantinas y ficobilinas. Algas unicelulares, coloniales, filamentosas y talosas con especializaciones tisulares y anatómicas (feofitas). Algas marinas y de agua dulce. Ejemplos de los principales grupos y ciclos de vida. Conjugación.

4.2.2. *Protistas heterótrofos unicelulares*: los protozoos. Las especializaciones celulares: vacuolas pulsátiles, citostoma, movimiento ameboide, macro y micronúcleos, caparazones calcáreos y silíceos. Los cuatro grandes fila: mastigóforos (flagelados), sarcodina (amebas), cilióforos (ciliados), esporozoos (parásitos sin cilios

ni flagelos). Ejemplos de flagelados parásitos: tripanosomas africanos y enfermedad del sueño. *Trypanosoma cruzi*: ciclo de vida y enfermedad de Chagas. Enfermedad de Chagas en la Argentina y América: condiciones habitacionales y pobreza. Ejemplos de sarcodinos: amebas, foraminíferos y radiolarios. Ejemplos de ciliados: el paramecio, conjugación, quimiotaxis. Ejemplos de esporozoos: *Plasmodium*. Ciclo de vida y paludismo.

4.3. *Los hongos (fungi)*. Características de los hongos: pared celular de quitina, hifas, micelio, estructuras reproductivas, reproducción sexual y asexual, conidios, esporas y cuerpos de fructificación. Hifas tabicadas y no tabicadas. Hongos saprobios y parásitos. Clasificación de los hongos en cuatro divisiones: Zygomycota (cigomicetes), Ascomycota (ascomicetes), Basidiomycota (basidiomicetes) y Deuteromycota (deuteromicetes u hongos imperfectos).

Características y ciclo de vida de un cigomicete: *Rhizopus* o moho negro del pan.

Características y ciclo de vida de los ascomicetes. Ascus y ascosporas. Ascocarpios. *Neurospora* (moho rosado del pan). Cornezuelo del centeno (*Claviceps purpurea* o ergot) y ergotismo. LSD. Las levaduras: ascomicetes unicelulares. Su importancia biotecnológica: fabricación del pan, cerveza, vino. Las levaduras como modelo genético y de biología molecular e ingeniería genética.

Características y ciclo de vida de los basidiomicetes. Basidios y basidiosporas. Basidiocarpos. Hongos de sombrero (champiñones), hongos en estante o escalera, royas y carbones.

Hongos de los cuales se desconoce su reproducción sexual: deuteromicetes. *Penicillium* y la penicilina. Fabricación de quesos (roquefort). Obtención de ciclosporina.

Simbiosis de hongos con algas o cianobacterias: los líquenes. Sus características y su papel inicial en la formación del suelo. Hongos patógenos para el hombre (pie de atleta, candidas, histoplasma), animales y plantas. Micorrizas.

5. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS ANIMALES

Origen y clasificación de los animales. Disposiciones básicas de las capas celulares de los animales y presencia de celoma. Animales diblásticos. Animales triblásticos: ectodermo, mesodermo, y endodermo. Acelomados, pseudocelomados y celomados.

Clasificación de los animales en invertebrados (parazoos y eumetazoos excluyendo a los cordados) y vertebrados (eumetazoos cordados).

5.1. Subreino Parazoa

Phylum Porifera (esponjas). Los coanocitos y el origen protista de las esponjas. Morfología, fisiología y reproducción. Las cuatro clases: Calcispongiae, Hexactinellida, Demospongiae y Sclerospongiae.

5.2. Subreino Eumetazoa

5.2.1. Animales con simetría radial

Phylum Cnidaria (los cnidarios o celenterados: las “aguas vivas”, anémonas de mar y corales). Animales diblásticos. Pólipos y medusas. Epidermis, gastrodermis y mesoglea. El cnidocito y el nematocisto. Las tres clases: Hydrozoa, Scyphozoa y Anthozoa. Morfología, ciclos de vida y ejemplos. Los arrecifes de coral.

5.2.2. Animales con simetría bilateral

5.2.2.1. Acelomados

Phylum Platyhelminthes (platelmintos o gusanos planos: la planaria y la tenia o “lombriz solitaria”). Morfología, fisiología y reproducción. Clases Turbellaria, Trematoda y Cestoda. Las planarias: aparato digestivo, sistemas nervioso y excretor (protonefridios). Ocelos y esbozo de cefalización. Hermafroditismo y reproducción en planarias. Regeneración. Trematodes y cestodes (tenias). Parasitismo en humanos. Esquistosomiasis. Hidatidosis.

5.2.2.2. Pseudocelomados

Phylum Nematoda (nematodos o gusanos cilíndricos). Caracteres generales. Enfermedades causadas por nematodos parásitos: *Enterobius*, triquinosis (*Trichinella*), lombrices intestinales (*Ascaris*), filariasis (*Filaria*). *Caenorhabditis elegans* como modelo biológico de desarrollo, diferenciación celular, genética y biología molecular.

5.2.2.3. Celomados

Principios del desarrollo embrionario de los celomados. Destino del blastoporo. Diferencias entre protóstomos y deuteróstomos.

5.2.2.3.1. Protóstomos

Phylum Mollusca (moluscos: almejas y mejillones, caracoles, babosas, calamares, pulpos). Características morfológicas de los moluscos: pie, masa visceral y manto. Sistema circulatorio abierto. Sistema respiratorio: branquias. Sistema digestivo. La rádula. Sistema excretor y regulador hídrico (metanefridios). Sistema

nervioso de posición ventral. Reproducción. La larva trocófora. Las tres clases principales: bivalvos, gasterópodos y cefalópodos. Estudio particular de un animal de cada clase: almeja o mejillón, caracol de jardín y pulpo o calamar.

Phylum Annelida (anélidos o gusanos segmentados: lombrices de tierra). La larva trocófora y el origen evolutivo común de moluscos y anélidos y otros. Segmentación y plan general del cuerpo de los anélidos. Clases: poliquetos (gusanos marinos), oligoquetos (lombrices de tierra), e hirudíneos (sanguijuelas). Estudio de la lombriz de tierra: sistema digestivo. Circulación, respiración, excreción. Sistema nervioso y reproducción (hermafroditismo en la lombriz de tierra).

Phylum Arthropoda (artrópodos: insectos, arañas, ciempiés y cangrejos). Características generales: segmentación, apéndices articulados, cutícula de quitina y exoesqueleto, tagmatización, metamorfosis. Rasgos internos: sistema circulatorio abierto, sistema respiratorio (branquias, tráqueas y filotráqueas), excreción, sistema nervioso ganglionar ventral. Cefalización. Especializaciones del sistema nervioso de los artrópodos: ojos compuestos, receptores táctiles, propiorreceptores, comunicación por sonidos, feromonas. Subdivisiones del phylum: quelicerados y mandibulados. Características morfológicas, fisiológicas y reproductivas de las principales clases de artrópodos. Clase arácnidos (arañas, garrapatas, ácaros y escorpiones). Clase crustáceos (cangrejos, langostinos, camarones, langostas de mar, pulgas de agua, percebes). Estudio del langostino. Mandibulados terrestres. Miriápodos: clase quilópodos (ciempiés) y clase diplópodos (milpiés). Clase insectos. Características de los insectos: tres regiones corporales, tres pares de patas, dos pares de alas. Sistemas digestivo, excretor y respiratorio. Ciclo biológico: ejemplos de metamorfosis, mudas e intermudas. Control hormonal: ecdisona y hormona juvenil. Reconocimiento de los principales ordenes de insectos: dípteros (moscas, jejenes y mosquitos), lepidópteros (mariposas y polillas), himenópteros (abejas, avispas y hormigas), coleópteros (escarabajos y “vaquitas de San Antonio”), ortópteros (langostas). Comportamiento social de algunos insectos. Comunicación animal. Ejemplo en el lenguaje de las abejas. Insectos vectores de agentes infecciosos: vinchuca y enfermedad de Chagas, mosquitos y paludismo. *Drosophila melanogaster* como organismo modelo de genética y biología molecular. Reconocimiento y apreciación de las especies de artrópodos de la ciudad o área habitada por el alumno. El uso de insecticidas químicos y sus potenciales efectos tóxicos sobre otras especies. Control biológico de plagas.

5.2.2.3.2. *Deuteróstomos*

Phylum Echinodermata (equinodermos: estrellas y erizos de mar). Larvas con simetría bilateral. El carácter secundario de la simetría radial. Características de la estrella de mar. Plan corporal pentamérico. Sistema vascular acuífero. Pies ambulacrales. Aparato digestivo. Otros equinodermos: erizos de mar, dólares de arena, estrellas plumosas y pepinos de mar.

Phylum Chordata (cordados). Características: notocorda, tubo nervioso dorsal, faringe con hendiduras branquiales, apéndice postanal (cola). Los tres subfilos de los cordados: cefalocordados, urocordados y vertebrados. Características de los cefalocordados (lancetas): notocorda presente en larva y adulto. Los urocordados (tunicados). “Papas de mar”: larvas de vida libre, adultos sésiles, pérdida de la notocorda, túnica celulósica, gran faringe con hendiduras branquiales.

Los vertebrados

Subphylum vertebrados. Aparición de la columna vertebral. Características principales de las distintas clases: agnatos (lampreas o peces sin mandíbula), condriictios (peces cartilaginosos: tiburones y rayas), osteictios (peces óseos), anfibios (ranas, sapos y salamandras), reptiles (tortugas, serpientes, lagartos y cocodrilos), aves y mamíferos. Neotenia en el origen de los vertebrados. Aparición de la mandíbula a partir de arcos branquiales. La transición a la tierra: peces pulmonados antecesores de los anfibios. Anfibios anuros (pierden la cola en el adulto) y urodelos (conservan la cola en el adulto). Metamorfosis de los anfibios. Los reptiles y la aparición del embrión amniota. Evolución de los reptiles. Dinosaurios: teorías sobre su homeotermia y causas de extinción. El origen reptiliano de la aves y los mamíferos. Homeotermia de aves y mamíferos. Mamíferos. Características de las subclases: monotremas (ornitorrincos), marsupiales (canguros y comadrejas) y placentarios. Ejemplos de órdenes representativos de la diversidad de los mamíferos placentarios: roedores, carnívoros, artiodáctilos, cetáceos, quirópteros, primates. Reconocimiento y apreciación de las especies nativas e introducidas de los vertebrados de la ciudad o área habitada por el alumno.

Características propias de los primates. Líneas de evolución de los primates: prosimios (lemures), monos (con cola) y antropomorfos (sin cola: gibón, orangután, gorila y chimpancé).²⁶ El hombre. Nociones sobre el origen y evolución de los homínidos y del hombre. *Australopithecus*, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens*. Los hombres de Neanderthal y de Cro-Magnon.

6. LA BIOLOGÍA A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE LOS VERTEBRADOS Y, EN ESPECIAL, DEL HOMBRE

6.1. *Histología y embriología*. Tejidos epitelial, conectivo, muscular y nervioso. Origen embriológico de los tejidos.

²⁶ Ver nota 11.

Nociones de embriología de los vertebrados. Fecundación. Segmentación del cigoto. Blástula, gastrulación y gástrula. Formación del arquenterón. Formación del tubo neural. Somitos y formación del celoma. Estudio del desarrollo de los embriones de anfibio, de pollo y humano. Los anexos extraembrionarios: saco vitelino, alantoides, amnios y corion. La Blástula en los mamíferos: el blastocisto. Diferencias entre desarrollo, diferenciación celular y formación de patrones. La placenta. Control del desarrollo: los genes homeóticos y los animales segmentados. Los modelos biológicos para el estudio del desarrollo: la mosca *Drosophila*, la rana *Xenopus*, el pollo y el ratón.

Tejido epitelial. Epitelios simples, estratificados y pseudoestratificados. Epitelios ciliados. La epidermis de la piel. Las glándulas.

Tejido conectivo: células y matriz extracelular. Las fibras de colágeno. Tejido óseo. Cartílago. Sangre y linfa. La sangre: plasma, glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas. Grupos sanguíneos y transfusiones. Composición del plasma. Proteínas del plasma: fibrinógeno, albúmina, globulinas. El suero sanguíneo. La coagulación de la sangre.

Tejido muscular: músculo estriado y músculo liso. El músculo cardíaco. Microscopía electrónica de la fibra muscular estriada. Miofibrillas. El sarcómero (bandas A e I, zona H, línea M, línea Z). Nociones sobre el mecanismo de contracción muscular: actina, miosina.

Tejido nervioso. La neurona. Cuerpo celular, dendritas y axones. Tipos de neuronas: sensitivas, interneuronas, relay y motoras. El impulso nervioso: potencial de acción. Bombas de iones a través de la membrana de la neurona. Propagación del impulso. Sinapsis. Neurotransmisores (noradrenalina, acetilcolina). Vesículas sinápticas y receptores para neurotransmisores. Los neuromoduladores: las endorfinas (opiáceos endógenos).

6.2. Nociones de anatomía humana y fisiología

6.2.1. *El esqueleto*. Huesos largos y planos. La médula ósea. Columna vertebral. Morfología de las vértebras. Discos intervertebrales. Estudio de los principales huesos de las extremidades, pelvis, tórax y cráneo. Inserciones de los músculos: tendones y aponeurosis. Estudio anatómico funcional de huesos, músculos, tendones y articulaciones de *una* extremidad en particular (la anterior por ejemplo).

6.2.2. *La piel*. Dermis y epidermis. Glándulas sudoríparas. Pelos y uñas. Efectos nocivos y protección de la radiación solar.

6.2.3. *Sistema digestivo*. La cavidad oral. Dientes y muelas. Estructura del diente.

Las denticiones. Higiene y cuidado de los dientes. La lengua. Saliva y glándulas salivales. Faringe y esófago: la deglución. El estómago: almacenamiento y licuación. Secreción de HCl y pH ácido. El intestino delgado: digestión y absorción. El duodeno. Características del enterocito: uniones celulares, microvellosidades. Principales glándulas accesorias: páncreas e hígado. La bilis y la vesícula biliar. Principales enzimas digestivas de origen salival, gástrico, pancreático e intestinal. El intestino grueso: absorción ulterior y eliminación. Peristaltismo. Requerimientos nutricionales: los aminoácidos esenciales y las vitaminas. Papel de la leche materna. Balance de la dieta. Papel de las fibras en la dieta y cáncer de colon.

6.2.4. *Sistema respiratorio (ventilatorio)*. Laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos. Estructura alveolar del pulmón. Mecánica de la respiración. Difusión y presión parcial de los gases. Transporte e intercambio de gases. La hemoglobina y su función. El tabaco y el cáncer de pulmón.

6.2.5. *Sistema cardiovascular*. Los vasos sanguíneos: arterias, venas y sus capilares. El corazón. Características del tejido muscular cardíaco. Circuitos principales del sistema cardiovascular humano. El latido cardíaco: nodos sinoauricular y auriculoventricular, haz de His. Automatismo. Electrocardiograma. Presión sanguínea. Nociones de enfermedades cardiovasculares, en relación con la alimentación y los hábitos de vida.

6.2.6. *Sistema excretor*. Balance hídrico. El riñón. El nefrón: glomérulo renal, cápsula de Bowman, túbulo contorneado proximal, asa de Henle, túbulo contorneado distal, conducto colector. Uréteres, vejiga y uretra. Función del riñón: filtración, excreción, reabsorción. Control hormonal de la función renal: hormona antidiurética (ADH). Concepto de homeostasis.

6.2.7. *Reproducción*. Caracteres sexuales primarios y secundarios. Sistema reproductor masculino. Testículo, epidídimo, conducto deferente, glándulas accesorias, la próstata. El pene: erección y eyaculación. El semen. Diferencia entre esterilidad masculina e impotencia. El prepucio y la circuncisión. Morfología del espermatozoide. Espermatogénesis. El papel de las hormonas hipofisarias: LH y FSH. El testículo como glándula endocrina: hormonas sexuales (testosterona). El sistema reproductor femenino. Ovario, trompa de Falopio, útero, vagina, vulva y clítoris. Ovogénesis. El papel de las hormonas hipofisarias: LH y FSH. El ovario como glándula endocrina: hormonas sexuales (estradiol). El ciclo menstrual. Cambios en el útero. Diferencia entre ovulación y menstruación. La progesterona. El acto sexual. Orgasmo masculino y femenino. Los métodos anticonceptivos: vasectomía, ligamiento de trompas, "píldoras", diafragma con crema espermicida, preser-

vativo (forro o condón), dispositivo intrauterino (DIU o “espiral”), ritmo y retiro (coito interrumpido). Enfermedades de transmisión sexual.

6.2.8. *Embarazo y parto*. Embarazo. Pruebas de embarazo. Cambios producidos durante el primero, segundo y tercer trimestre. Aborto espontáneo y provocado. La placenta. El cordón umbilical. Nacimiento. Contracciones del parto. Oxitocina. Parto normal y cesárea. Responsabilidades de la pareja en la crianza y educación de los hijos.

6.2.9. *Inmunidad*. Defensas no específicas: barreras anatómicas, reacciones inflamatorias, interferón y acción antiviral. Defensas específicas: el sistema inmune. Los órganos involucrados: bazo, timo, amígdalas y nódulos linfáticos. El antígeno. Los linfocitos. El macrófago. La inmunidad humoral: linfocitos B y anticuerpos. Nociones de la estructura de los anticuerpos (inmunoglobulinas) y del modelo de selección clonal.²⁷ Los linfocitos T y la inmunidad mediada por células (inmunidad celular). Los linfocitos CD4 (colaboradores) y CD8 (citotóxicos). Rechazo de injertos. El papel de las moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad. Las diferencias entre los individuos. El uso de los tipos de moléculas de histocompatibilidad en la determinación de lazos biológicos: ejemplos de su uso en la identificación de los hijos de los desaparecidos.

Las vacunas.²⁸ Diferencia conceptual entre vacuna (inmunógeno) y “suero” (inmunidad pasiva). Reseña histórica sobre el desarrollo de las principales vacunas: antivariólica, antipoliomelíticas. La erradicación de la viruela. Enfermedades del sistema inmune: alergias y asma, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

6.2.10. *Sistema endocrino*. Glándulas y hormonas. Hormonas y neurotransmisores. Variada naturaleza química de las hormonas: proteínas, aminoácidos modificados, esteroides, catecolaminas. Sitio de acción de las hormonas: células “blanco”. Hormonas que ejercen su efecto sobre la membrana o en el interior de la célula. Concepto de receptor hormonal. Nociones sobre mecanismo de acción de

²⁷ Aquí no se pretende un conocimiento detallado de la genética de la formación de anticuerpos ni de las interacciones celulares, hormonales y de interleukinas. Lo más importante y conceptual es la noción de la preexistencia de linfocitos B que presentan en su membrana una inmunoglobulina ya formada, la cual “encaja” con el antígeno, y que de la unión de ambos se produce un fenómeno de proliferación (división celular) selectiva de ese y no otro linfocito B. En pocas palabras reafirmar la noción de selección natural.

²⁸ Ver nota 12.

las hormonas. Concepto de segundos mensajeros: AMP cíclico, Ca^{++} , etc.; Nociones de mecanismo de retroalimentación negativa (*feed back*). Glándulas exocrinas y endocrinas. Acción principal de las siguientes hormonas. Hipófisis: hormona de crecimiento (somatotropina), estimuladora de la tiroides (TSH), adrenocorticotrópica (ACTH), foliculoestimulante (FSH) y luteinizante (LH). Hipotálamo: oxitocina y hormona antidiurética (ADH). Tiroides: tiroxina y triyodotironina. Páncreas: insulina y glucagón. Ovario: estrógenos y progesterona. Testículos: testosterona.

6.2.11. *Sistema nervioso*. Repaso de la neurona. Sistemas nerviosos central y periférico. Núcleos, tractos y nervios. La vaina de mielina, célula de Schwann. Sistema nervioso central: cerebro y médula espinal.²⁹ Sustancia gris y sustancia blanca. Divisiones del encéfalo: telencéfalo (cerebro), diencefalo (hipotálamo y tálamo), tallo cerebral (médula, puente y mesencéfalo) y cerebelo. La corteza cerebral. Cortezas motora y sensorial. Hemisferios izquierdo y derecho. Nociones de aprendizaje y memoria. La enfermedad de Alzheimer. La actividad eléctrica del cerebro: electroencefalogramas.

Sistema nervioso periférico. Nervios craneales y espinales. Fibras motoras y sensoriales. Ganglios de la raíz dorsal. Arcos reflejos: neuronas sensoriales, interneuronas y neuronas motoras. Sistema periférico motor: subdivisión en somático y autónomo (involuntario). Subdivisiones del sistema autónomo: simpático y parasimpático. Neurotransmisores. Efectos sobre: apertura de pupila, salivación, contracción bronquial, latido cardíaco, secreciones gástricas, pancreáticas y biliares, erección y eyaculación.

6.2.12. *Los sentidos*. Percepción sensorial. Los receptores sensoriales: mecanorreceptores, quimiorreceptores, fotorreceptores, receptores de frío y calor, dolor y otros. Quimiorrecepción. El gusto. Receptores gustativos. El olfato. Epitelio olfativo: células basal, olfativa (con cilias) y de soporte (con microvellosidades). Mecanorrecepción: equilibrio y audición. Estructura del oído humano. Oídos externo, medio e interno. Tímpano. Huesecillos: martillo, yunque y estribo. El caracol: ventanas oval y redonda. Organo de Corti. Nervio auditivo. Los canales semicirculares y el equilibrio. Trauma acústico irreversible provocado por sonidos de alta intensidad. Fotorrecepción: la visión. Estructura del ojo humano. Córnea, iris y cristalino. Humores vítreo y acuoso. Formación invertida de la imagen. La fovea. El enfoque por el cristalino. Miopía y presbicia. El uso de anteojos. La retina. Disco óptico (punto ciego). Bastones y conos. Carácter evertido de la retina de los ver-

²⁹ Ver nota 13.

tebrados: la luz debe atravesar primero varias capas de neuronas antes de alcanzar a las células fotorreceptoras. Pigmentos visuales. Rodopsina y captura de luz. Transducción de la señal luminosa en impulso nervioso.³⁰ El nervio óptico.

7. COMPORTAMIENTO ANIMAL

Comportamiento rígido. Patrones fijos de comportamiento. Instinto. Enfoques vitalista y científico. Valor adaptativo del instinto y limitaciones. Comportamiento plástico. Memoria. Adquisición, almacenaje y evocación. Memorias corta y larga. Consolidación. Experimentos sobre aprendizaje y memoria animal. Valor adaptativo de la memoria.

Ejemplos de comportamientos. Reproductor: competencia y selección intrasexual (plumaje en los pájaros, cola de la tijereta, señales luminosas en la luciérnaga). Conducta parental: cuidado de crías, inversión de tiempo y energía en el cuidado de la descendencia. Conductas relacionadas con la obtención de alimento: tela de araña; simulación en la víbora de cascabel. Conducta territorial: canto en los pájaros, demarcación de territorios. Agresión: conductas de dominio y sumisión, conductas sociales.

Evidencias de comportamientos instintivos en el hombre: sensibilidad ante las formas “infantiles”, temor a insectos y serpientes.

8. BIOLOGIA DE LAS POBLACIONES Y ECOLOGIA

Propiedades de las poblaciones. Tipos de curvas de crecimiento: exponencial y sigmoidea. Tasas de natalidad y mortalidad. Regulación del tamaño y de la densidad de la población. Factores dependientes e independientes de la densidad. Estrategias reproductivas: k y r , posibilidades intermedias. Las comunidades. Interacciones entre comunidades. Competencia por recursos. Concepto de nicho ecológico. Exclusión competitiva. Depredación. Simbiosis: parasitismo, mutualismo y comensalismo. Sucesión ecológica. Concepto de ecosistema. Factores físicos y bióticos.

³⁰ Hoy en día es mucho lo que se sabe a nivel molecular del fenómeno de transducción (rodopsina, transducina, GMP cíclico, etc.). El fenómeno es complejo y requiere de conocimientos bioquímicos que exceden los de la Educación Polimodal. No creo necesario profundizar a tal nivel. Sin embargo, nuevamente, será mejor no explicar el mecanismo de transducción antes que enseñar uno incorrecto.

Factores físicos: la energía solar, cambios en la atmósfera, el clima. Flujo de energía. cadenas alimentarias o tróficas. Niveles tróficos: productores, consumidores primarios (herbívoros), consumidores secundarios (carnívoros) y detritívoros (carroñeros y descomponedores). Eficiencia de la transferencia de energía. Estructura de los ecosistemas. Ciclos del agua, del carbono, del nitrógeno y de los minerales. Concentración de elementos. Contaminación ambiental: eutroficación acelerada y distrofia. Impacto ambiental. Influencias negativas y positivas del hombre y sus actividades sobre los ecosistemas. La biosfera como ecosistema global. El ambiente acuático: la vida en los ríos (ambientes lóticos), lagos (ambientes lénticos), océanos y zonas litorales. El ambiente terrestre. Los biomas continentales: selvas, bosques templados, taiga, matorrales, sabanas, estepas, tundra, desiertos.

El uso racional de los recursos naturales para evitar su agotamiento.

9. PRINCIPIOS DE EVOLUCION

Evolución *versus* creacionismo.³¹ Los evolucionistas: Lamarck, Lyell y Darwin. Darwin y el viaje del “Beagle”. Su paso por la Argentina (Pcia. de Buenos Aires, Patagonia, Malvinas, Tierra del Fuego y cruces de la cordillera). El registro fósil revela el camino de la evolución. Concepto de población y de especie. Variabilidad en las poblaciones. El origen de la variabilidad genética: variación al azar *versus* herencia de caracteres adquiridos (Lamarck). Las mutaciones. El sexo como generador de variabilidad. La selección natural. El concepto de valor adaptativo de una mutación. Concepto de que un carácter puede tener valor adaptativo positivo en un medio ambiente dado, y neutro en otro. El sentido particular que tiene en biología la palabra “adaptación”.³² La selección natural actúa sobre el fenotipo completo. El carácter preponderantemente “pacífico” de la selección natural (reproducción diferencial): desmitificación de la competencia “belicosa” como el motor de la evolución. Ontogenia y filogenia. Ejemplos de evolución por selección: la po-

³¹ Ver nota 14.

³² Considero extremadamente importante en esta etapa de la educación confrontar las ideas intuitivas voluntaristas y teleológicas de adaptación que trae el alumno. Debe diferenciarse la adaptación de un individuo a una situación o medio ambiente (evento ontogenético sin consecuencias mayores sobre la herencia), de la “adaptación” de las especies (evento filogenético, producto de la selección natural) cuyo resultado se asemeja a la adaptación individual. Si se logra que el alumno aprehenda este concepto, será más fácil confrontar la idea lamarckiana también intuitiva, predominante y mayormente falsa, de la herencia de caracteres adquiridos como origen de la variabilidad.

lilla de los abedules (*Biston betularia* y el melanismo industrial); resistencia a antibióticos en las bacterias y a insecticidas en insectos.

Analogías y homologías. Ejemplos de estructuras análogas (ala de insecto/ala de murciélago; hoja/filocladio) y homólogas (ala de murciélago/aletas de ballena/miembros superiores del hombre; estambre/hoja). Ejemplos de convergencia (cetáceos/peces; conejo europeo (orden Lagomorpha)/mara patagónica (roedor)/uallabi australiano (marsupial)) y de divergencia (ñandú sudamericano/avestruz africano/emú australiano; los mamíferos en general). Efecto fundador (deriva genética). La especiación. Aparición de barreras reproductivas biológicas o geográficas. Velocidad de los cambios que llevan a la aparición de nuevas especies: gradualismo versus equilibrios puntuados (nociones).

Elementos de biogeografía. La distribución espacial de los seres vivos sobre la Tierra como consecuencia de los procesos evolutivos. Conceptos de linaje biogeográfico y endemismo. Las regiones biogeográficas mundiales.

Propuesta de trabajos prácticos para la EP

La siguiente lista de trabajos prácticos se agrega a los de la EGB, que indudablemente también pueden realizarse en la EP.

1. Uso del microscopio. Preparaciones sencillas: células de epidermis de catáfilas de cebolla, láminas de corcho, mucosa bucal, espermatozoides.
2. Observación microscópica de muestras de agua y reconocimiento de los seres vivos.
3. Observación microscópica de cromosomas y fases de la mitosis en preparación de raicillas de cebolla (aplastado).
4. Observación microscópica de cromosomas en glándulas salivares de insectos.
5. Uso de claves para el reconocimiento de especies vegetales, insectos y aves.
6. Lo grande y lo pequeño: un análisis de tamaño en el mundo microscópico y a ojo desnudo. Una bacteria acuática es a un alga unicelular (ambas microscópicas) lo que un ratón es a un elefante en relación a su tamaño.
7. Productores y consumidores en el ecosistema. En la salida de campo analizar las tramas tróficas. Profundizar el concepto de que un organismo, más que por sus características intrínsecas, se define por su relación con los demás.

8. Construcción de modelos tridimensionales (cartón, telgopor, alambre, madera balsa, etc.) de ácidos nucleicos, proteínas y organelos celulares.
9. Transformación genética de bacterias (*Escherichia coli*) con plásmidos que le confieren resistencia a algún antibiótico.
10. Aglutinación de eritrocitos para determinar grupos sanguíneos en el hombre.
11. Actividad enzimática. Demostración de que la saliva posee una enzima capaz de degradar al almidón. Detección de la degradación de almidón por desaparición de la capacidad de generar color azul en presencia de yodo.
12. Determinación de la presencia de glucosa (u otro azúcar reductor, pero no sacarosa) en pulpas de frutos mediante la reacción con “licor” de Fehling.
13. Estudio de requerimientos nutricionales para el desarrollo vegetal en cultivos realizados en condiciones definidas (hidropónicos).
14. Medición de la transpiración en plantas superiores con y sin viento, a diversas temperaturas. Marchitez transitoria y permanente.
15. Observación microscópica y descripción del desarrollo del crustáceo *Artemia salina* (sea monkey).
16. Observación microscópica de cortes hechos a mano alzada por el alumno (con ayuda de tacos de médula de hinojo) de tallos, raíces y hojas.
17. Discusión de experimentos originales de biología. Experimentos de Pasteur sobre generación espontánea; de Gurdon sobre clonado de sapos a partir de núcleos de células somáticas.
18. Observación microscópica de preparados histológicos humanos y de frotis de sangre.
19. Experimentación sobre el automatismo del corazón del sapo.
20. Observación de circulación sanguínea en capilares de mesenterio de sapo.
21. Investigación bibliográfica sobre el origen geográfico de las especies vegetales cultivadas en nuestro país: cereales, frutas, árboles ornamentales, etc.

22. Visitas guiadas y críticas a jardines zoológicos, botánicos y museos de ciencias naturales.
23. Demostración del fenómeno de dominancia apical mediante corte de una yema apical en la germinación del poroto.
24. Observación microscópica de plasmólisis en células vegetales sometidas a soluciones salinas concentradas.
25. Observación microscópica de corrientes citoplasmáticas (ciclosis) en pelos de flores de *Tradescantia*, o en el alga *Elodea*.
26. Elaboración de un herbario. Confección de fichas de cada ejemplar.
27. Confección de fichas bibliográficas. Aprender cómo se citan *papers* y libros.
28. Visita a laboratorios de investigación, de análisis clínicos, industrias farmacéuticas, unidades de producción agropecuaria, centros de inseminación artificial de ganado, etc.
29. Observación e interpretación de micrografías electrónicas de distintos tipos de células. Reconocimiento de organelos celulares. Esto puede ir acompañado de una visita al microscopio electrónico de la universidad u hospital más cercanos.
30. Preparación de DNA de bacterias, usando su capacidad de enroscarse en una varilla de vidrio.

Agregados y correcciones de: Bachmann, Guaglianone, Baraňao/Maldonado, Satz.

ANEXO
NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

- BACHMANN, Axel, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Zoología.
- BARAÑAO, J. Lino, Prof. Asociado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Endocrinología Molecular.
- GOLDSTEIN, Daniel, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Fisiología, Salud y Biología Molecular.
- GUAGLIANONE, Rosa, Investigadora del CONICET en el Instituto de Botánica Darwinion. Especialización en Botánica.
- MALDONADO, Héctor, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Zoología, Comportamiento.
- SATZ, Leonardo; Profesor Adjunto de la Facultad de Medicina UBA. Especialización en Inmunología y Salud.
- TELL, Guillermo, Prof. Asociado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Ecología y Botánica.
- TORRES, Héctor, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Biología Molecular y Bioquímica.

Héctor L. Lacreu, Geología

Doctor en Ciencias Geológicas, Universidad Nacional de Buenos Aires. Docente en el Departamento de Geología y Minería, Universidad Nacional de San Luis.

SUMARIO

Resumen
Prólogo
La geología en la educación argentina
 Geología y medio ambiente
 Procesos exógenos
 Procesos endógenos
 La educación geológica
Epílogo
Conclusiones
Bibliografía

Resumen

Se presenta el campo de conocimiento que abarca la Geología y se analizan algunas consecuencias de su ausencia en la currícula primaria y secundaria. Dichas carencias obedecen a la falta de identidad de esta disciplina y a su reducida presencia dentro de las Ciencias Naturales. Se sostiene la necesidad de fortalecer los contenidos geológicos, de un modo integrado con otras ciencias, con el objeto de ofrecer al alumno una mejor educación ambiental y promover el desarrollo de un espíritu crítico.

Asimismo se ofrece un breve análisis acerca de la influencia que ejercen los procesos geológicos exógenos y endógenos y sus interacciones en la formación de los recursos naturales, en el origen de muchas catástrofes evitables y en la configuración del medio ambiente del planeta Tierra.

Se promueve la reflexión sobre la necesidad de mejorar los contenidos geológicos en la currícula del Sistema Educativo Argentino.

Prólogo

Dentro de diez o quince años los jóvenes y niños de hoy tendrán una activa participación en nuestra sociedad como docentes, profesionales, comerciantes, empleados, empresarios, etc. Algunos de ellos serán políticos y quizás gobernantes o funcionarios de gobierno y, como tales, tendrán la responsabilidad de conducir los destinos de nuestro país administrando y protegiendo el bien común.

Los futuros adultos deberán cumplir diversos roles, uno de los cuales será evaluar si los representantes en el gobierno han legislado y/o actuado correctamente para el progreso de la comunidad, en equilibrio con el medio natural.

Para que cada individuo pueda cumplir con eficiencia el rol mencionado es necesario que asuma una actitud crítica (no dogmática) frente a la vida; en caso contrario, no sólo no cumplirá ese objetivo, sino que lamentablemente será instrumento involuntario e inconsciente de otros congéneres con poder político y/o económico.

Para analizar con mayor claridad la importancia de la geología en la currícula, se esboza una apretada síntesis de las características del medio ambiente y de los desequilibrios producidos por el uso inadecuado de los recursos naturales. De este modo se intenta demostrar la necesidad de apelar, entre otros, al aporte de la geología, ya que los procesos geológicos endógenos y exógenos han condicionado la configuración de los diversos ambientes del planeta y su evolución desde los orígenes de la Tierra hasta nuestros días.

A juzgar por lo que hoy se advierte en la enseñanza, puede concluirse que la mayoría de los alumnos primarios y secundarios no podrán cumplir cabalmente con sus diversos roles, ya que la actual educación adolece no sólo de contenidos conceptuales sino de contenidos procedimentales y de valores (Coll, pág. 60).

Se estima que las carencias más graves son la poca ejercitación en el razonamiento crítico, la tendencia a no admitir ignorancia sobre algún tópico y a las respuestas rápidas y superficiales.

LA GEOLOGIA EN LA EDUCACION ARGENTINA

La educación geológica

Asumiendo que el análisis del tema es multifacético, se han reelaborado algunas ideas previas (Lacreu, 1994a,b,c) y en esta comunicación sólo se intentará el abordaje desde un ángulo parcial, referido a la necesidad de mejorar la enseñanza de las ciencias naturales en la currícula primaria y secundaria, promoviendo tanto la identidad de cada disciplina como el abordaje interdisciplinario de diversos problemas.

Particularmente se propone enfatizar los conceptos relativos a la geología, ya que, sin ellos, muchos de los aspectos de la biología, zoología, botánica, ecología y hasta de la geografía y de la historia aparecen como dogmáticos. Otro tanto ocurre con algunos conocimientos de química y física que se presentan descontextualizados de la naturaleza que se pretende conocer.

Esta circunstancia debería mejorarse en el marco de la visión constructivista del aprendizaje, con el objeto de contextualizar los contenidos presentados desde otras disciplinas, poniendo “de relieve las conexiones y vinculaciones que subyacen la ordenación y secuenciación de los aprendizajes.” (Coll, pág. 121).

Se destaca que cuando se alude al mejoramiento de la enseñanza de la geología, no se pretende la inmediata creación de una nueva materia. Por el contrario, se sugiere que los contenidos específicamente geológicos que actualmente se ofrecen desde otras asignaturas sean presentados como tales, contribuyendo con ello a desarrollar la identidad de la geología como integrante inmanente de las ciencias naturales.

La eventual instrumentación de “materias geológicas” en la currícula será motivo de un debate y consenso posterior, dentro de una política educativo-ambiental que reconozca dicha necesidad.

Algunos de los contenidos geológicos actualmente se presentan desde materias tales como Biología (suelos, eras, períodos, etc.), Geografía (características del planeta, recursos mineros, orografía e hidrografía, distribución de mares y continentes, etc.), Química y Merceología (minerales, rocas, hidrocarburos, etc.), Física (grave-

dad, calor, magnetismo, etc.). Otros contenidos (riesgos geológicos, geotermia, glaciaciones, etc.) podrían ser incorporados en las materias existentes, de un modo integrado.

Ello, por una parte permitiría la contextualización de conceptos en relación con el medio ambiente (Lacreu, 1994) y tornaría más accesibles algunos conceptos físicos, químicos y biológicos íntimamente vinculados con procesos geológicos elementales. Por otra parte, fomentaría una actitud crítica, dado que posibilitaría la adquisición de elementos de juicio para explicar semejanzas y diferencias entre regiones diversas (del país o del mundo), sobre la base de los procesos evolutivos que generaron las actuales configuraciones, en lugar de restringirse a la mera enumeración de sus características.

Por lo expuesto anteriormente, se propone que los contenidos geológicos sean presentados como procesos y no sólo como resultados finales, eternos e inamovibles. Es decir que lo que consideramos como recursos naturales y medio ambiente representan resultados transitorios y parciales de procesos que actúan y han actuado durante la evolución de nuestro planeta y, por lo tanto, para su correcta comprensión y administración es necesario apelar a la geología.

La calificación de “transitorio” responde a que las transformaciones, aunque lentas y poco perceptibles, son constantes y el calificativo de “parcial” obedece a que los resultados analizados constituyen sólo una parte de varios efectos simultáneos (a veces poco evidentes como es el caso de vulcanismo, sismos o inundaciones) de procesos complejos.

En los últimos años se ha podido observar una presencia periodística creciente a través de artículos y noticias relacionados con el medio ambiente. Cada vez más funcionarios y políticos utilizan el “lenguaje verde”, lo cual es positivo, porque ayuda a formar una conciencia ecológica del medio natural. Sin embargo, ello no es suficiente, ya que para conservar el medio ambiente se requieren otros conocimientos y habilidades específicas vinculadas con el ambiente físico.

La escasa propiedad en el tratamiento de los temas vinculados con los recursos naturales no renovables puede atribuirse principalmente a una deficiencia en la educación primaria y secundaria.

Esta circunstancia permite afirmar que la carencia señalada es aún alimentada por la falta de formación específica de los actuales docentes en Geología, dado que fueron educados con el mismo déficit que reproducen involuntariamente.

Por otra parte, la ignorancia resultante promueve la “indiferencia geológica”, algunas de cuyas consecuencias sociales fueron tratadas oportunamente (Lacreu, 1990) en particular en lo referido a las concepciones erróneas que algunos funcionarios tienen sobre los recursos mineros.

Otro aspecto que contribuye a la desinformación sobre los recursos no renovables probablemente se origine, por un lado, en el falso concepto de que las rocas y

minerales presentes en el planeta no se agotarán nunca y, por otro, que eternamente podremos disponer de ellos en las cantidades que necesitemos.

Esta percepción (agotamiento imposible), en general no provoca las mismas angustias y preocupaciones que producen otros fenómenos como las sequías o inundaciones que se manifiestan rápida y sorpresivamente. Sin embargo, parte de la sociedad vive directa o indirectamente de la actividad minera y ellos sí son conscientes de la posibilidad cierta de agotamiento de las reservas de una mina, con la consiguiente pérdida de la fuente de trabajo y las angustias derivadas de esa situación.

Por otra parte, la ciudadanía carece en general de conciencia acerca de las fuentes primarias del plomo para fabricar baterías, cobre para cables, de tungsteno para aleaciones y lámparas eléctricas, de hierro y cinc para latas de conserva, de la sal común, etc. Es decir que suele ignorarse que en nuestra vida cotidiana convivimos y dependemos de los productos obtenidos de los recursos naturales tanto renovables como no renovables; y además ignoramos quién los produce, dónde se encuentran, cómo se extraen y purifican, cómo y cuándo se formaron, de qué cantidades disponemos, etc.

Esa ignorancia se debe en parte a que lo que se visualiza más rápidamente es la transformación industrial. Ello en alguna medida obedece a que desde la educación “se oculta” todo el proceso previo que involucra a los criterios de búsqueda, la extracción y producción del producto primario de origen minero. En consecuencia es oportuno comenzar a advertir que dichos contenidos forman parte del “currículum nulo” (Flinders *et al.*, 1986) y por lo tanto influyen en el proceso de transposición didáctica y en la construcción de conocimientos significativos.

Una sociedad que emplea permanentemente recursos mineros de origen nacional (sólo algunos son importados) debería mejorar y ampliar en los planes de estudios primarios y secundarios los aspectos conceptuales de la geología.

Otro tanto puede decirse respecto del medio ambiente, considerando a éste como un recurso natural, que debe ser administrado correctamente y que, primariamente, está definido por las características geológicas y climáticas de las distintas regiones (Lacreu, 1994a,b) y en particular de aquellas utilizadas por la sociedad para instalar sus centros urbanos e industriales.

Dichas características primarias pueden identificarse con la disponibilidad de: agua potable, suelos aptos para la producción agropecuaria, superficie y subsuelo estables para la fundación de edificios, control de riesgos geológicos tales como avalanchas, inundaciones, sismos o vulcanismo.

Salvo excepciones, en la escuela se utiliza un criterio que se convierte en dogmático cuando se privilegia la enumeración memorística y la ubicación geográfica de los recursos sobre la comprensión de los motivos por los cuales se presentan en determinados lugares. Es deseable que paulatinamente el alumno vaya incorporando conceptos geológicos que le permitan explicar cuándo y por qué se forma-

ron los recursos que se conocen, el motivo de la presencia en algunas regiones y de su ausencia en otras, las expectativas de las reservas de cada tipo de mineral o roca, etc.

Con ello tendrá no sólo un mayor conocimiento crítico de los recursos mineros y ambientales, sino también una mejor comprensión de la geografía, de los procesos geológicos que modelan el paisaje y de aquellos que pueden afectar la seguridad de las poblaciones.

Geología y medio ambiente

Actualmente, en diversas partes del mundo, se observa la acción simultánea de diversos fenómenos geológicos, sus mecanismos y sus efectos en el medio ambiente y en los organismos vivientes. Esta temática genera hondas preocupaciones en la población del planeta y ello queda diariamente documentado en los titulares periodísticos de todo el mundo.

Si bien todos los procesos geológicos (Cuadro 1) tienen algún grado de influencia en el medio ambiente, no todos constituyen riesgos: sólo aquellos que producen cambios rápidos en la configuración de una región pueden ser considerados catastróficos. Otros procesos, por el contrario, son de evolución lenta (centenas a millones de años) y generan los recursos naturales (rocas, suelos, etc.) imprescindibles para la vida.

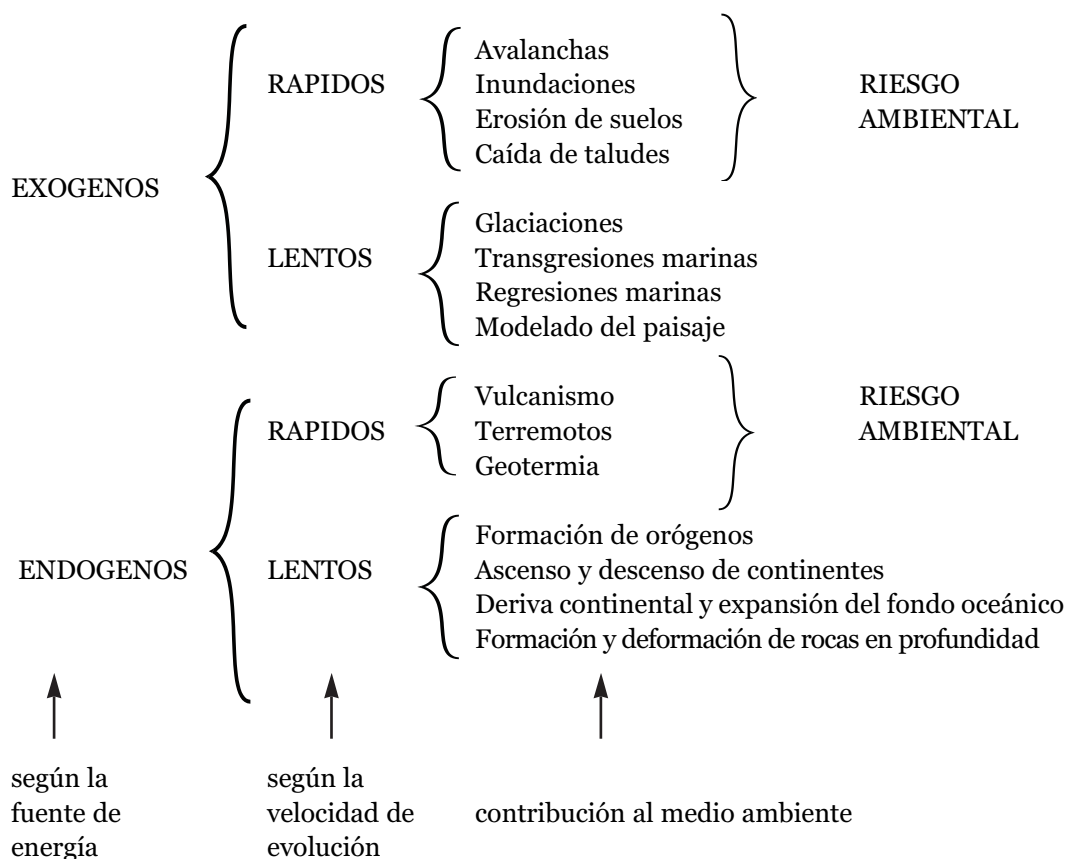
Uno de los aspectos del medio ambiente es el clima, el cual fue variando a lo largo de la historia de la Tierra, como respuesta a las modificaciones producidas por procesos geológicos tales como elevación de montañas, vulcanismo, variación de la distribución de continentes y océanos, etc., además de las causas derivadas de la dinámica del planeta dentro del sistema solar.

En consecuencia, las características meso y microclimáticas del planeta, así como las características geográficas y los distintos tipos de medio ambiente están determinados en primera instancia por procesos geológicos.

En segunda instancia, el hombre es capaz de producir alteraciones microclimáticas cuando construye represas (aumenta la humedad ambiental) o cuando sobreexplota el terreno (desertificación). Pero también provoca desequilibrios a escala meso y macroclimática al introducir en la atmósfera desechos industriales tales como el dióxido de carbono, clorofluorcarbonos, plomo, hollín, polvo, etc., todos ellos derivados del procesamiento de recursos no renovables.

Otro aspecto que vincula a la geología con el ambiente se refiere a la contaminación artificial de recursos tales como aguas y suelos, los que junto con el aire y la vida son los factores esenciales del medio ambiente natural.

La garantía de uso sustentable de dichos recursos está determinada, en cada región del planeta, por el conocimiento crítico y el respeto de los tiempos geológicos y biológicos del reciclaje natural.

Cuadro 1: Relaciones entre procesos geológicos y medio ambiente**Procesos exógenos**

Estos procesos geológicos son producidos por la energía solar y pueden ser de rápida evolución, como es el caso de las inundaciones, avalanchas, deslizamientos de tierra, desertización, erosión de suelos, costas y montañas, etc., o bien pueden ser de larga evolución como, por ejemplo, el desarrollo de suelos y paisajes o las transgresiones y regresiones marinas.

Algunos procesos geológicos exógenos muchas veces conducen a la destrucción de urbanizaciones (San Carlos Minas, Córdoba, 6/1/92) o a la degradación de los suelos (provincia de Buenos Aires), o bien a inundaciones como es el caso del barrio Rawson (provincia de San Luis), pero no debe “cargarse” a ellos las

“culpas” de tales desastres sino a la ignorancia o negligencia del propio hombre que, al no tenerlos en cuenta o no asesorarse adecuadamente, ha instalado o permitido la instalación de obras en sitios inapropiados que a veces producen desequilibrios que la naturaleza tratará de neutralizar.

Ejemplo de ello es la pavimentación de calles puesto que:

- a) Impide la infiltración natural del agua en el subsuelo, aumentando el escurrimiento superficial. Esta causa primaria se potencia con el habitual déficit en obras de desagüe y el resultado de todo ello es la creación de verdaderos “ríos y lagos urbanos”, promovidos por desarrollos municipales anárquicos que por negligencia contribuyen a las inundaciones.
- b) Cuando se realiza sólo en las calles transversales a la pendiente del terreno, sin obras de desagüe, el pavimento se convierte en un resalto horizontal que, por un lado, provoca el entorpecimiento del tránsito debido a la sedimentación de la “tierra” que trae el agua descendente y, por otro, desarrolla una “cascada urbana”, a partir de la cual se erosiona la calle de tierra que continúa hacia abajo.

Estudios realizados han permitido relacionar distintos ambientes de acumulación de sedimentos (partículas de gravas, arenas, limos o arcillas) con los organismos vivientes que quedan sepultados al morir. Dichos ambientes son: mares, lagos, pantanos, ríos, médanos, etc. De este modo se advierte una relación coherente y significativa entre las especies que viven en cierto ambiente y los sedimentos que las sepultan. El conocimiento de estas relaciones ha ayudado al progreso de la geología, la paleontología, la biología, etc.

Las acumulaciones sedimentarias actuales difieren entre los ambientes mencionados, pero son semejantes en ambientes similares, aunque ellos se encuentren muy distantes. Otro tanto ocurre con el vulcanismo, las montañas, las estructuras de las rocas, etc. Estas similitudes actuales, entre regiones alejadas del planeta, han permitido pensar en la posibilidad de que también pudieran haber existido semejanzas con los procesos ocurridos en los tiempos geológicos pasados. Es así como surgió en la geología el llamado Principio del Actualismo formulado por Charles Lyell en 1830 y de este modo, mediante el estudio de los registros geológicos-litológicos actuales, se pueden hacer analogías e inferir las condiciones paleoambientales en que se formaron las rocas sedimentarias más antiguas.

Dichas interpretaciones pudieron realizarse a partir del Principio de Superposición de Estratos formulado por Steno en 1669, que sostiene que los sedimentos más profundos son los que primero se depositaron y por lo tanto, los más antiguos. Así, puede inferirse que, en los estratos más antiguos, las especies no sólo son más viejas sino menos evolucionadas.

Actualmente en los diversos ambientes son sepultados distintas especies de organismos (vegetales y/o animales) y todos ellos son de la misma edad (la actual). Sin embargo el análisis de las diferencias anatómicas y morfológicas de los fósiles conservados en sedimentos de épocas geológicas pasadas le permitieron a Darwin, en 1859, postular el concepto de la evolución biológica de los organismos y su adaptación al medio ambiente. Para desarrollar su teoría se apoyó precisamente en los principios de “superposición de estratos” y del “actualismo”.

Procesos endógenos

La energía interna (calor) del planeta fue liberándose a través de los procesos endógenos a lo largo de toda su historia y continúa haciéndolo. Estos procesos pueden tener manifestaciones muy rápidas y violentas como son el vulcanismo y los sismos, o desarrollarse muy lentamente como es el caso del ascenso, descenso y deriva de los continentes o la formación y deformación de rocas en profundidad y el crecimiento de las montañas.

Recientemente (desde 1950), la Teoría de la Tectónica de Placas o Geología Global ha podido demostrar la coherencia, justificación e interacciones de las diversas manifestaciones de estos procesos.

Dicha Teoría ha aportado numerosos argumentos para explicar el movimiento de los continentes, la formación de cadenas montañosas, la distribución de los sismos y el vulcanismo, etc. y aunque aún persisten muchas incógnitas, en su conjunto esta teoría provee un marco adecuado para explicar la evolución de la corteza terrestre desde sus orígenes, pero con mayores certezas en los últimos 200 millones de años.

En algunos sectores de la superficie del planeta, existen situaciones de equilibrio energético (provisorio), que pueden ser explicadas conforme a las leyes de la Física y la Química. No obstante, dichos equilibrios son alterados bien por procesos geológicos a través de sus distintas manifestaciones, o bien por las acciones del hombre en su afán transformador.

Cuando aludimos al medio ambiente, en realidad nos referimos a los resultados de la sumatoria de todos los factores (endógenos, exógenos y antrópicos) que lo determinan, siendo suficiente la variación o intervención de cualquiera de ellos para que el ambiente se modifique.

La mayoría de los recursos naturales no renovables se originan con la intervención de procesos endógenos. Estos recursos están representados por minerales metalíferos, no metalíferos y rocas de aplicación que también forman parte del medio ambiente y son, indudablemente, beneficiosos para el hombre.

Sin embargo, poseen una contracara perjudicial de tipo indirecto, que deviene de la contaminación provocada por el propio hombre a través del descarte de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos originados por la transformación industrial de los recursos mencionados.

La evaluación crítica de los beneficios y perjuicios derivados del uso de los recursos naturales no renovables requiere de la comprensión de los procesos geológicos endógenos elementales que conducen a la formación de dichos recursos y del tiempo que ello demanda.

La comprensión de esos procesos permite relacionar las minas y canteras con la geología de los terrenos. Esta noción es fundamental para configurar una idea crítica acerca de las posibilidades de desarrollo minero en las distintas regiones del país y evitar la frecuente tendencia de atribuir expectativas mineras a toda montaña, sin antes considerar la edad de sus rocas, ni su edad como montaña (que son cosas distintas), ni siquiera el tipo de rocas que la forman.

La comprensión del tiempo que demanda el ciclo de los procesos naturales contribuye a construir el significado del concepto “industria extractiva”, cuyo presupuesto básico es que los minerales y rocas extraídos no pueden reponerse por medios artificiales ni en la escala de tiempo humano.

Finalmente, ambos conceptos aportan las ideas básicas para comprender, por un lado, que la industria minera, en oposición a otras “industrias productivas”, debe instalarse en regiones muchas veces inhóspitas y, por otro lado, que la continuidad de esa fuente de trabajo depende tanto de los precios del mercado como de la cantidad de reservas existentes, ya que, una vez extraídas en su totalidad, el lugar debe abandonarse.

Epílogo

Los lectores podrán coincidir con el autor en que es imposible desarrollar políticas o administrar empresas, negocios o recursos, sin la participación de profesionales idóneos. Seguramente también coincidirán en que ello por sí sólo no es suficiente y que, en el caso de la administración del bien común, los responsables políticos deberán tener un conocimiento mínimo conceptual de los diversos aspectos vinculados al empleo racional de los Recursos Naturales, para lo cual deberían comenzar a formarse desde la escuela.

Debe quedar claro que no se pretende rescatar una educación enciclopedista. Por el contrario, se intenta promover una mejor educación de los alumnos en Ciencias Naturales por medio de un balance adecuado de sus contenidos, de modo de privilegiar el conocimiento de la interacción dinámica entre procesos y resultados, antes que enseñar sólo resultados descontextualizados.

Ello evitará la deformación producida por la escasez de conocimientos geológicos y la falta de identidad de la Geología y contribuirá a la orientación vocacional de los jóvenes en la “opción vital” (Lacreu, 1993) que supone la elección de una carrera universitaria.

Para dar sólo dos ejemplos de la magnitud del problema al que nos enfrentamos quienes intentamos revalorizar el aporte geológico en la enseñanza, se puede mencionar un hecho significativo, ocurrido en el ámbito de los máximos organismos científicos argentinos, la SECyT y CONICET, que han auspiciado el “II Simposio Nacional sobre la Enseñanza de las Ciencias y la Tecnología” (julio/94, Bs. As.). En la primera comunicación oficial, se enumeran “las cuatro ciencias básicas” (sic), a saber: Biología, Física, Matemática y Química. Otro tanto ocurre con libros sobre didáctica de las Ciencias Naturales, tales como los de Giordano M. *et al.* (1991) y Weisman H. *et al.* (1993).

La Geología está ausente en los ejemplos citados, en consecuencia los alumnos y los docentes así como el público en general son claramente inducidos y educados en el concepto de que las cuatro ciencias mencionadas “son las ciencias básicas”, en tan-

to la geología, por omisión, no lo es. Esto queda reforzado por la ausencia de la geología en los Documentos N° 6 y 7 referidos a las orientaciones generales y específicas para acordar contenidos básicos comunes, publicados por el Ministerio de Educación de la Nación en el marco de la implementación de la Ley Federal de Educación.

Es grave la omisión de la Geología como disciplina básica de las Ciencias Naturales dado que, como se ha visto, aporta al conocimiento primario sobre los procesos naturales que condicionan el medio ambiente donde evolucionan los seres vivos, incluso antes que el hombre existiese sobre la Tierra.

Obviamente, dichas omisiones no son intencionales, pero tampoco son casuales; por el contrario, mal que nos pese y aunque resulte ingrato mencionarlo, son el resultado de la ignorancia. Ello es producto de la educación deformada (al menos en ciencias naturales) que han recibido los responsables de la incompleta divulgación científica aludida.

Conclusiones

- Los procesos geológicos tienen y han tenido una influencia primordial en el origen de los recursos naturales del planeta y en la configuración y evolución del medio ambiente.
- Ello debería promover la reflexión sobre la necesidad de revalorizar el aporte científico básico e imprescindible de la geología para la comprensión de la problemática ambiental. Por otra parte, señala la conveniencia de mejorar su peso en la currícula primaria y secundaria del país, para lo cual sería necesario el tratamiento con una profundidad similar a la de otras disciplinas que conforman las Ciencias Naturales.
- El déficit curricular en la identidad y contenidos de la Geología como ciencia básica integrante de las Ciencias Naturales obedece a responsabilidades compartidas, tanto de los propios geólogos que hemos descuidado el apoyo para optimizar la transposición didáctica de esta disciplina, como también de otros científicos, docentes e instituciones que debieran atender la formación integral de los niños y los jóvenes, más allá del eventual voluntarismo de los geólogos. En consecuencia, no parece necesario ni provechoso “echar culpas”, sino analizar la realidad presente, reconociendo los errores cometidos en el pasado y mirar al futuro tratando de corregirlos.
- En la medida en que se actualicen los contenidos en la enseñanza de las ciencias naturales y que dentro de ellas la geología adquiera una clara identidad y un “espacio” acorde con su importancia, los niños y los jóvenes aprenderán a conocer de un modo global su medio ambiente, podrán amarlo, cuidarlo y protegerlo para futuras generaciones. Cuando adultos, eventualmente podrán conducir con idoneidad la administración y el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Bibliografía

- COLL, C. 1994, *Psicología y Currículum*, 174 p., Buenos Aires, Paidós.
- FLINDERS, D. J., N. NODDINGS & G. THORNTON, 1986, *The null curriculum, its theoretical basis and practical implications*. *Curriculum Inquiry*, Vol. 16, Nº 1, Ontario, Canadá.
- GIORDANO, María, A. L. Cometta, V. Guyot, N. Cerizola, S. Bentolila, 1991, *Enseñar y aprender Ciencias Naturales. Reflexión y práctica en la escuela media*, 167 p., Buenos Aires, Troquel.
- LACREU, Héctor Luis, 1990, *Costos sociales y riesgos políticos de la indiferencia geológica*, 145 p., Ed. Univ. de San Luis.
- LACREU, Héctor Luis, 1993, "La vocación geológica", VII Seminario Argentino de orientación vocacional ocupacional, *Actas*, San Luis.
- LACREU, Héctor Luis, 1994a, "La contribución geológica al medio ambiente", I Simposio nacional sobre medio ambiente, *Actas*, pp. 45-48, San Luis.
- LACREU, Héctor Luis, 1994b, "Ciencias Geológicas y Medio Ambiente", aceptado y designado para exposición en panel (Nº 1), II Simposio sobre la enseñanza de las ciencias y la tecnología, Buenos Aires.
- LACREU, Héctor Luis, 1994c, "Las Ciencias Geológicas en la currícula primaria y secundaria", II Simposio sobre la enseñanza de las ciencias y la tecnología, Buenos Aires.
- WEISMAN, Hilda, (comp); L. FUMAGALLI, E. GÓMEZ DE SARRÍA, A. LABADIE DE SCOTTO, M. KAUFMAN, V. KAUFMAN, L. I. LACREU, C. SERAFINI, G. SERAFINI, H. TIGNANELLI, 1993, *Didáctica de las Ciencias Naturales, Aportes y reflexiones*, 292 p. Buenos Aires, Paidós.

Mario C. Marconi, Física

Doctor en Ciencias Físicas, Universidad Nacional de Buenos Aires; Investigador Adjunto del CONICET. Profesor Adjunto Regular en el Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

Diego D. Harari, Física

Doctor en Ciencias Físicas, Universidad Nacional de Buenos Aires; Investigador Adjunto del CONICET. Profesor Adjunto Regular en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

SUMARIO

- I. Enfoques para el abordaje de los Contenidos Básicos Comunes desde la física
 - 1. Descripción del estado actual de la disciplina
 - 2. Criterios para la selección de los Contenidos Básicos Comunes
 - 2.1. Ejemplificación del método
 - 2.2. Temas de investigación con impacto filosófico
 - 2.3. Temas de investigación con impacto tecnológico
 - 2.4. Temas de investigación básica
 - 2.5. Estructuración de los CBC
 - II. Contenidos Básicos Comunes de física para la Educación General Básica
 - 1. Consideraciones generales
 - 2. Contenidos
 - III. Contenidos Básicos Comunes de física para la Educación Polimodal
 - 1. Consideraciones generales
 - 2. Contenidos
 - IV. Contenidos para la formación y actualización docente
 - 1. Consideraciones generales
 - 2. Relación con los centros universitarios
 - 3. Supervisor o Coordinador de ciencias naturales
 - 4. Propuesta de gabinetes de ciencias naturales
 - 5. Métodos complementarios y alternativos al gabinete de ciencias naturales
- Bibliografía
- Anexo: Nómina de colegas consultados

I. ENFOQUES PARA EL ABORDAJE DE LOS CONTENIDOS BASICOS COMUNES DESDE LA FISICA

1. Descripción del estado actual de la disciplina

La física es la disciplina científica que estudia los diferentes estados de la materia y las interacciones que gobiernan su dinámica. El método empleado por la Física contemporánea es esencialmente el que se ha ido estableciendo desde la época de Galileo y Newton, y busca explicar la diversidad de los fenómenos naturales observados a través de un conjunto de leyes fundamentales, cuya validez debe ser comprobada experimentalmente. Estas leyes se expresan mediante modelos matemáticos que permitan tanto una sistematización de los fenómenos naturales observados y una previsión del comportamiento de sistemas conocidos, así como la predicción teórica y búsqueda experimental de fenómenos enteramente nuevos. Como ejemplo del proceso de descubrimiento de leyes fundamentales puede citarse el reconocimiento de la unidad existente entre fenómenos naturales previamente considerados disímiles. La caída de los cuerpos y el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, por ejemplo, se explican como consecuencia de una misma interacción, la gravitatoria; los fenómenos eléctricos y los magnéticos, y también la luz visible, las ondas de radio y los rayos X, se entienden hoy como distintas manifestaciones de un mismo fenómeno electromagnético.

La física ha tenido un gran impacto tecnológico en la sociedad, particularmente en este siglo, y sobre todo desde la década del 40. Muchos de los descubrimientos básicos llevados a cabo en los últimos años permitieron una transferencia a la tecnología en muy breve tiempo. Son ejemplos de esta transferencia la fisión y fusión nucleares, los emisores y detectores de microondas, el láser y los materiales superconductores. La investigación básica en física, sin embargo, no suele estar directamente orientada en pos de un determinado avance tecnológico. La disciplina posee su propia lógica interna, y muchas veces son argumentos teóricos, matemáticos e incluso estéticos o filosóficos los que orientan una investigación. De todos modos es el experimento el que, en definitiva, establece la validez, así sea

temporaria, de una determinada teoría o modelo. Algunas ramas de la física, como la astrofísica o la física de partículas, no persiguen, en principio, más que el objetivo de comprender las leyes de la naturaleza, si bien no puede descartarse que conduzcan a descubrimientos de consecuencias imprevisibles. Hay ejemplos de importantes desarrollos tecnológicos surgidos como subproducto del diseño de equipos experimentales destinados a la investigación científica de un tema básico de la física, como el tubo de rayos catódicos, precursor del tubo de los aparatos de televisión.

La física abarca diferentes especializaciones, clasificadas en términos del tipo de fenómenos estudiados. Una posible clasificación es:

1) *Mecánica*: estudia la dinámica de cuerpos macroscópicos. Explica, por ejemplo, el movimiento de los cuerpos celestes, la caída de objetos en la Tierra, la rotación de un trompo, o las oscilaciones de un péndulo. El establecimiento de las leyes de la mecánica en el siglo XVII, a través del trabajo de Galileo y Newton, constituyó el punto de partida del método de la física contemporánea. Lejos de ser un tema cerrado, hay actualmente una gran actividad de investigación en esta área, vinculada a la dinámica no-lineal y el caos. La posibilidad de que pequeños cambios en algunas de las variables que describen a un sistema afecten drásticamente su evolución ulterior, volviéndola casi impredecible, ya había sido observada a fines del siglo pasado en ejemplos de la mecánica. Actualmente la existencia de fenómenos clásicos prácticamente no deterministas, cuyo comportamiento puede ser clasificado mediante la teoría del caos, encuentra ejemplos en prácticamente todas las ciencias. La turbulencia en líquidos y gases, las fluctuaciones en las poblaciones de animales salvajes, la aparición de irregularidades en el ritmo cardíaco y en las señales de encefalogramas, y algunos fenómenos atmosféricos, se entienden como fenómenos caóticos.

2) *Óptica*: estudia la emisión y absorción de luz por cuerpos, y cómo ésta se transmite de un lugar a otro. Explica el funcionamiento de elementos sencillos tales como lentes y espejos, como los que se utilizan en telescopios, microscopios, anteojos y cámaras fotográficas, y de elementos más complicados como los hologramas. Entre sus desarrollos más recientes pueden mencionarse las fibras ópticas, que en conjunto con los equipos láser tienen importantes aplicaciones, por ejemplo en comunicaciones.

3) *Electromagnetismo*: estudia dos campos que están íntimamente relacionados, como son la electricidad y el magnetismo. Describe y explica cómo el movimiento de partículas cargadas produce efectos electromagnéticos y recíprocamente, cómo los efectos electromagnéticos provocan corrientes eléctricas. El conocimiento de

esta área permitió diseñar y construir usinas, motores eléctricos, radios y televisores. La formulación de las leyes del electromagnetismo estuvo muy ligada al descubrimiento de la teoría de la relatividad especial. El desarrollo, en la década del 40, de la versión cuántica del electromagnetismo, la electrodinámica cuántica, sirvió de modelo para la gran mayoría de los avances ulteriores en la “física de altas energías”.

4) *Termodinámica*: estudia cómo se produce el calor, cómo se transmite de un lugar a otro, cómo se almacena, cómo éste cambia a la materia y cómo se transforma en otro tipo de energía. El conocimiento de esta área permite explicar el funcionamiento y diseñar por ejemplo motores a explosión y heladeras. Siendo, junto con la mecánica, uno de los temas más clásicos y antiguos de la física, quedan aún importantes preguntas por responder, vinculadas a fenómenos fundamentales de la naturaleza, como por ejemplo la irreversibilidad temporal de los fenómenos macroscópicos.

5) *Acústica*: estudia las vibraciones que se transmiten en un medio como el aire, el agua o cualquier sólido. Incluye las vibraciones capaces de ser detectadas por el oído humano (sonido), aquellas no audibles (ultrasonido), y acústica cuántica. Sus leyes principales son importantes para diseñar auditorios, parlantes, grabadores, y son utilizadas en campos tan disímiles como el estudio de la vida marina y la exploración petrolera. La acústica cuántica, a través del estudio de vibraciones colectivas, permite determinar propiedades microscópicas de la estructura cristalina en sólidos.

6) *Fluidos y plasmas*: esta especialización estudia el comportamiento y movimiento de fluidos (gases y líquidos) y sus conclusiones son fundamentales por ejemplo para diseñar automóviles, aeroplanos o para entender fenómenos atmosféricos básicos. En la actualidad presenta gran interés el estudio del surgimiento de la turbulencia en fluidos. La física del plasma estudia el estado de la materia que deviene cuando un gas es ionizado o separado en sus componentes atómicas elementales. El desarrollo de esta especialidad permitió, por ejemplo, la construcción de fuentes de luz eficientes como los tubos fluorescentes, que emiten luz a través de la formación de un plasma. Hoy en día la física del plasma está muy ligada a los estudios de factibilidad de una fusión nuclear controlada.

7) *Física atómica y molecular*: estudia la estructura de la materia a la escala de moléculas y átomos. El desarrollo de esta área permitió comprender que todos los elementos de la naturaleza están formados por las mismas partículas elementales y que los distintos elementos difieren en cómo éstas se combinan en átomos o moléculas. Entre los importantes desarrollos experimentales elaborados para estu-

diar las propiedades moleculares figura la Resonancia Magnética Nuclear, que hoy en día encuentra también importantes aplicaciones en medicina.

8) *Física nuclear*: es la especialización que estudia la estructura y las propiedades del núcleo de los átomos. El estudio de esta área permite entender fenómenos tales como la radioactividad (utilizada por ejemplo en aparatos médicos para tratamiento del cáncer), la fisión (que explica la generación de energía en una central nuclear), o la fusión (que explica por ejemplo cómo se produce energía en las estrellas).

9) *Física de materia condensada*: estudia las propiedades de la materia en diferentes estados de agregación, por ejemplo en estado sólido. Sus conclusiones y leyes permiten describir cómo los átomos y moléculas se relacionan para formar un sólido, y cómo este sólido reacciona ante excitaciones externas como campos eléctricos, calor, luz, etc. Los resultados obtenidos en el estudio de esta especialización son posiblemente los que tienen mayor impacto tecnológico, ya que explican el funcionamiento y permitieron diseñar todos los componentes electrónicos (formados por semiconductores) que se utilizan hoy día. Un desarrollo reciente ligado a los avances en esta área es el microscopio por efecto túnel, que aprovechando procesos cuánticos logra superar holgadamente el poder de resolución de los microscopios convencionales. Otro tema importante en la actualidad es el de los materiales que se comportan como superconductores a temperaturas relativamente altas, es decir aproximándose a la típica temperatura ambiente. Desde el punto de vista tecnológico el posible impacto de la utilización masiva de estos materiales es enorme, debido a su capacidad de conducir altas corrientes eléctricas con muy poca pérdida, y permitir generar enormes campos magnéticos. La utilización masiva de materiales superconductores en la vida cotidiana produciría un cambio cualitativo en nuestra forma de vida similar al que produjo la introducción de los aparatos electrónicos.

10) *Física de partículas y altas energías*: estudia e investiga las propiedades de las partículas que hoy se consideran elementales. Es la especialización que permite describir, por ejemplo, cómo las partículas que forman los núcleos están a su vez formadas por partículas más elementales. Es un área de investigación muy básica, que trata de establecer las leyes que describen las interacciones entre las partículas elementales a energías cada vez mayores, utilizando aceleradores cada vez más grandes.

11) *Astrofísica y cosmología*: investiga las propiedades de estrellas, galaxias, rayos cósmicos y otros objetos de observación astronómica, y teoriza sobre los procesos de formación y evolución de estos objetos. En la segunda mitad de este siglo, y sobre todo gracias a la posibilidad de mirar al espacio no sólo mediante la

luz visible emitida por las estrellas, sino también a través de ondas de radio y otras frecuencias, y utilizando satélites artificiales, se han producido importantes descubrimientos, como los de los pulsares, quasares, fuentes de rayos X y gamma, la radiación cósmica de fondo y otros fenómenos que llevan a una visión del cosmos cada vez más amplia y cambiante, donde las estrellas y el propio Universo no son vistos como objetos casi inmutables, sino en permanente evolución.

Existen también varias áreas que tienen un carácter interdisciplinario más marcado, o que tienen objetos de estudio más específicos, como la biofísica, geofísica, física de la atmósfera, físico-química y física de materiales. En general en estas áreas suelen aplicarse leyes conocidas a sistemas específicos. De cualquier manera, en muchos casos suelen descubrirse fenómenos nuevos que llevan a desarrollos básicos. Por ejemplo, los estudios de la dinámica de la atmósfera llevados a cabo en geofísica y física de la atmósfera están estrechamente ligados a los temas más básicos de la dinámica no-lineal. Los modelos para aproximarse a una comprensión del funcionamiento del cerebro (redes neuronales) estudiados por la biofísica son también un tema de investigación básica de frontera.

Las once áreas mencionadas están agrupadas en un orden que se aproxima al orden histórico en que estas disciplinas se fueron conformando como tales, y en que las principales de sus leyes se fueron estableciendo en forma cuantitativa y detallada. Ello no significa que ninguno de estos campos esté completamente cerrado, y que no se produzcan avances y descubrimientos nuevos en cada uno de ellos, a veces influyendo sobre los otros. Este orden histórico se corresponde en cierta medida con el grado de sofisticación de los instrumentos necesarios para llevar a cabo los experimentos, y con la escala de los objetos estudiados. Las primeras áreas se desarrollaron en el marco de lo que hoy se entiende por física clásica, y están más relacionadas con fenómenos macroscópicos de la vida cotidiana, mientras que para las siguientes es imprescindible la física cuántica, ya que involucran fenómenos a escala atómica o subatómica.

2. Criterios para la selección de los Contenidos Básicos Comunes

2.1. Ejemplificación del método

Uno de los criterios principales que se utilizará en la selección de los CBC es el de la profundidad en la comprensión de un tema, más que en el enciclopedismo. Si bien creemos necesario dar al menos una visión general sobre cada una de las áreas mencionadas más arriba, éstas serán presentadas con ejemplos simples y de

fácil relación con fenómenos de la vida cotidiana. Sólo algunas de ellas se elegirán para profundizar la enseñanza del método de investigación y de formulación de leyes y modelos que utiliza la física. Uno de los objetivos centrales es transmitir un esquema de observación, análisis y representación simbólica y matemática de un objeto de estudio; la formulación de hipótesis, la puesta a prueba de su validez mediante experimentos diseñados para ese fin y la determinación del rango de validez de las hipótesis. Esto puede transmitirse con mayor facilidad con ejemplos en áreas como mecánica, óptica, termodinámica o física de fluidos, que se prestan para realizar experimentos sencillos, que permitan desarrollar integralmente la noción de qué significa y cómo se establece una ley física.

2.2. Temas de investigación con impacto filosófico

Ciertos temas de la física, por ejemplo la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad, no son de fácil comprensión, por un lado por la avanzada matemática con que suelen describirse, y por otro lado porque los experimentos que permiten su ejemplificación son de mucha sofisticación. Además, las leyes que rigen el comportamiento de la materia a escalas subatómicas (la mecánica cuántica) o a velocidades próximas a la de la luz (la teoría de la relatividad) son muy diferentes a las que se manifiestan a la escala macroscópica a la que estamos habituados y que están ligadas con nuestra intuición cotidiana. Sin embargo, el descubrimiento de las leyes de la mecánica cuántica y de la teoría de la relatividad ha tenido un profundo impacto en los esquemas de pensamiento, por lo cual los CBC deben incluir, aunque sólo sea en una forma descriptiva, una noción básica de estas leyes, y de otros temas con impacto filosófico, como por ejemplo el caos y la evolución en astrofísica y cosmología.

2.3. Temas de investigación con impacto tecnológico

Son cada vez más los desarrollos tecnológicos que se van incorporando a la vida cotidiana cuyos principios de funcionamiento tienen que ver con campos, como la mecánica cuántica, por ahora lejanos al conocimiento general de la población. Los CBC deben incluir una aproximación a los mecanismos básicos que determinan el funcionamiento de equipos sofisticados, como un láser, una central nuclear o una computadora, por citar algunos ejemplos. El énfasis no debe centrarse en los aspectos tecnológicos de un determinado equipo, sino en algunos principios básicos, para estimular la noción de que por más complejo que sea el mecanismo, sus principios de funcionamiento son asequibles a cualquiera, no sólo a especialistas.

2.4. Temas de investigación básica

Los CBC deben también incluir temas que destaquen la importancia de la investigación pura, independientemente de su posible impacto tecnológico o de aplicación inmediata. La gran mayoría de los descubrimientos fundamentales de la ciencia se desarrollaron en un contexto de investigación pura, sin un fin determinado. Este espíritu de llevar a cabo una investigación independientemente de su aplicabilidad inmediata o de un rédito claro es común a todas las ciencias y representa una condición de libertad de pensamiento que debe ser inculcada desde una etapa temprana en la educación.

2.5. Estructuración de los CBC

Los contenidos serán estructurados de modo que se manifiesten los diferentes niveles de conocimiento y de validez de las leyes físicas. Esta estructuración podría hacerse en base a la complejidad de los fenómenos estudiados, siguiendo por ejemplo el desarrollo histórico planteado en este documento anteriormente. Esta estructuración debería ayudar a transmitir una actitud de apertura hacia nuevos descubrimientos, mostrando que las teorías físicas no son inmutables, y que el proceso de descubrimiento no es en general lineal. En todos los temas incluidos en los CBC, sin embargo, tendría que conservarse una unidad de criterio respecto a cómo se encara la investigación de un problema particular y a la metodología de estudio, globalizando e interrelacionando los temas tratados.

II. CONTENIDOS BASICOS COMUNES DE FISICA PARA LA EDUCACION GENERAL BASICA

1. Consideraciones generales

La física es una disciplina científica esencialmente experimental. Su enseñanza debe estar basada fundamentalmente en la observación, la experimentación y el descubrimiento. Es indispensable que cada unidad educativa cuente con un laboratorio, gabinete o sector dedicado a las ciencias naturales, donde los alumnos puedan realizar, tanto individual como grupalmente, su indagación personal sobre las leyes de la naturaleza, llevando a cabo experimentos participativos, de diseño y construcción propios. En la parte IV de este documento proponemos el tipo de elementos con que debería contar tal laboratorio. En muchos casos, las experiencias pueden realizarse con materiales de uso corriente, o de bajo costo. Lo esencial es que, precediendo a la discusión de las leyes y conceptos físicos en el aula, haya una base previa de observación e indagación personal, que incluya el diseño y construcción de experimentos por parte de los alumnos, la discusión e interpretación colectiva de los resultados, la formulación de hipótesis alternativas, y la puesta a prueba de las mismas mediante experiencias adicionales. Presentando cada tema a través de un experimento sencillo, o mediante la discusión de fenómenos de la vida cotidiana, se generará, además, una mayor motivación del estudiante, y la discusión y formalización posterior en el aula lograrán una comprensión mucho más sólida de los conceptos y leyes físicas, y una incorporación mucho más útil y duradera de los conocimientos adquiridos. De ese modo, además, no sólo se enseñará Física, sino que se estimulará también el desarrollo de esquemas de observación, de aproximación a la resolución de un problema, la creatividad y el pensamiento crítico.

Para algunos temas, la observación y experimentación ya son parte de la experiencia personal, a través de fenómenos cotidianos. Es muy conveniente aprovechar esas experiencias de la vida diaria para inducir, mediante la discusión grupal en el aula, las leyes físicas correspondientes, o para ejemplificarlas a través de fenómenos corrientes. Otros temas de física, en cambio, escapan a la posibilidad

material de experimentar en la escuela. En esos casos puede resultar conveniente una descripción de experimentos tradicionales y de sus resultados, y el aprovechamiento de recursos audiovisuales, como sugeriremos con más detalle en la parte IV de este documento, mediante la exhibición y posterior discusión de material filmado que reemplace demostraciones en clase de difícil o costosa realización.

Algunos de los contenidos propuestos sólo podrán ser cubiertos en forma meramente informativa o descriptiva. Si bien, por un lado, creemos que en general conviene restringir la cantidad de información suministrada al alumno por el docente a aquella que pueda vincularse directamente con lo que se haya podido observar o experimentar directamente, por otro lado hay varios temas de gran importancia, ya sea conceptual o por sus aplicaciones prácticas, que conviene introducir desde una etapa temprana, aunque no sea posible experimentar directamente sobre ellos, o aunque su comprensión acabada escape a los límites de la EGB. El carácter ondulatorio de la luz, por ejemplo, o la noción de que las estrellas generan energía mediante fusión nuclear y que su combustible se agota al cabo de cierto tiempo, o los principios de funcionamiento de aparatos de alta sofisticación tecnológica, son nociones de difícil demostración, pero que constituyen información valiosa, que conviene transmitir.

Otro elemento importante para el aprendizaje de las ciencias naturales es el desarrollo de hábitos de lectura que estimulen un aprendizaje individual. Por ello es también necesario que la escuela cuente con material bibliográfico que fomente la creatividad del estudiante, que motive su indagación personal, y que facilite la búsqueda de respuestas a los interrogantes que se le vayan planteando.

Hay ciertos conceptos que juegan un rol central en la física moderna, ya que no sólo son imprescindibles para la formulación y comprensión de las actuales teorías, sino que además determinan un esquema de pensamiento, pues constituyen parte esencial del modo de representación de los fenómenos naturales que conforman las actuales teorías y modelos. Estos conceptos son integradores, ya que crean nexos entre fenómenos aparentemente disímiles, y aparecen en muchas áreas diferentes. Los tres conceptos más importantes son: *Energía*, *Ondas* y *Campos de Fuerzas*. Es conveniente destacar la aparición de cada uno de estos conceptos en los diferentes bloques temáticos, y aprovechar su rol integrador, que permite establecer conexiones entre los diferentes temas. El concepto de *Energía* es uno de los que más ayudan a construir una representación de los efectos de las interacciones entre diferentes sistemas. La posibilidad de intercambiar energía, y de transformar un tipo de energía en otra, es una noción muy abarcativa, y que se aplica a situaciones muy variadas. La conservación de la energía es también una noción muy profunda, cuya comprensión genera una representación conceptual de muchos procesos diferentes de la naturaleza. La idea de propagación de la

energía a través de *Ondas*, como las ondas electromagnéticas, ondas de sonido, u ondas en el agua, es también una noción integradora, ya que es enorme el conjunto de fenómenos naturales que pueden interpretarse a través de una reducción a fenómenos ondulatorios simples. Las nociones de movimiento ondulatorio en general, caracterizado por una frecuencia, amplitud y fase, y la propagación de ondas en particular, permiten representar aspectos muy variados de la naturaleza. Entre otras cosas, aportan un esquema conceptual muy poderoso al permitir, por ejemplo, describir tanto a la luz visible como a las ondas de radio, televisión, o los rayos X, como ondas electromagnéticas, que sólo difieren por su longitud de onda. Es también muy valiosa la noción de interferencia, por ejemplo la posibilidad de que la superposición de luz más luz resulte en oscuridad si ocurre fuera de fase. El tercer concepto, la noción de interacción entre objetos a través de un *Campo de Fuerzas*, por oposición a una interacción de contacto, o a una interacción instantánea a distancia, determina todo un marco conceptual de descripción de los fenómenos naturales. Es además un concepto unificador, pues tanto las fuerzas gravitatorias como las eléctricas y magnéticas se describen del mismo modo. Es también una forma natural e intuitiva de familiarizarse con la noción de campo vectorial, caracterizado no sólo por su magnitud, sino también por su dirección y sentido, un concepto matemático que también es de utilidad muy generalizada para representar cantidades físicas. Por último hay que destacar que los campos representan magnitudes con existencia propia, y no sólo como mediadores de una interacción. Las ondas electromagnéticas constituyen el más extendido e importante ejemplo que integra estas tres nociones de *Energía*, *Ondas* y *Campos*.

En relación a estos tres conceptos cuya incorporación consideramos un objetivo esencial de la enseñanza de la física, creemos conveniente destacar los contenidos más importantes del conjunto que luego desarrollaremos. Estos son los que, a nuestro juicio, mejor destacan estos conceptos, y que además apuntan no sólo a enseñar las leyes físicas más importantes, sino también a generar actitudes de aproximación a la comprensión de los fenómenos naturales, a fomentar el desarrollo de métodos para abordar problemas, a reconocer el valor de la ciencia, pero también sus limitaciones. Por un lado se desea fomentar la noción de que el mundo material se rige por leyes cognoscibles, pero también que el proceso de aproximación a las mismas es un proceso complejo, y esencialmente humano. Un resumen de los contenidos esenciales es el siguiente:

- *Fuerzas y movimiento*: ley de la caída libre de los cuerpos. Comprensión de que el mismo fenómeno que origina el peso de los cuerpos es responsable de la órbita de la Luna alrededor de la Tierra, y de los planetas alrededor del Sol.
- *Luz*: Descomposición espectral de la luz. Fenómenos de difracción e interferencia, e interpretación ondulatoria de la luz.

- *Electricidad y Magnetismo*: Fenómeno de inducción electromagnética. Posibilidad de intercambiar energía mecánica con energía electromagnética.
- *Estructura de la Materia*: Noción de las diferentes escalas, desde atómicas a galácticas. Estructura atómica y molecular de la materia.
- *Astronomía*: Características del sistema planetario. Noción de evolución de las estrellas. Evolución del Universo.

Para algunos bloques temáticos realizaremos una sugerencia de procedimientos en distintas etapas del aprendizaje, dividiendo para ello a la EGB en tres niveles, de tres años cada uno.

2. Contenidos

LUZ

Conceptos

- *Rayos*. Propagación en línea recta de la luz. Distinción entre sustancias transparentes y opacas. Formación de sombras. Absorción y emisión de luz por diferentes cuerpos. Mecanismos de la visión humana.
- *Reflexión*. Reflexión por espejos. Formación y características de una imagen especular. Reflexiones múltiples. Superficies reflectoras y superficies difusoras de la luz.
- *Refracción*. Refracción entre distintos medios: aire, agua, vidrio. Índice de refracción. Reflexión interna. Refracción en lentes convergentes y divergentes. Descripción del funcionamiento de lupas, microscopios, telescopios y otros instrumentos ópticos corrientes.
- *Colores*. Comprensión de que la luz blanca contiene luz de varios colores. El color de un objeto opaco.
- *Difracción e interferencia*. Introducción a los fenómenos de interferencia y difracción en luz.
- *Espectros*. Descomposición espectral de la luz emitida por diferentes sustancias, usando prismas y redes de difracción. Utilización de los espectros para el reconocimiento de sustancias.
- *Velocidad de la luz*. Noción de que la propagación de la luz no es instantánea, y comprensión del significado de su magnitud.
- *Transformaciones y registros de la luz*. Funcionamiento de placas fotográficas y otros métodos de registro de la luz. Métodos de digitalización de una imagen.

Funcionamiento de una celda fotovoltaica. Posibilidad de transformar luz en electricidad, energía mecánica o calor.

Procedimientos

Primer nivel. Realización de experiencias sencillas, y discusión de fenómenos de la vida cotidiana, que establezcan la noción de rayo de luz, y la diferencia entre medios transparentes, difusores o absorbentes. Construcción de instrumentos ópticos sencillos, como un periscopio, que permitan descubrir propiedades de la reflexión por espejos. Realización y discusión de experimentos utilizando filtros y luz de diferentes colores.

Segundo nivel. Realización de experiencias de refracción entre distintos medios. Discusión del mecanismo de funcionamiento de una lente, y construcción de instrumentos ópticos simples. Análisis de la composición de la luz blanca, empleando mecanismos de filtrado, descomposición por prismas, y composición de colores. Discusión de la relación entre el color de un objeto y sus propiedades de interacción con la luz. Análisis del color de la luz emitida al quemar diferentes sustancias.

Tercer nivel. Realización de experimentos de difracción e interferencia, y comparación con experimentos análogos en sonido, ondas en agua, o microondas. Discusión de posibles explicaciones de los resultados, orientada a una interpretación ondulatoria de la luz. Construcción de un espectrómetro sencillo y utilización del mismo para descomponer luz blanca y para observar espectros de emisión o absorción de diferentes sustancias. Descripción de un experimento que permita medir la velocidad de la luz, por ejemplo la reflexión de un rayo láser en la Luna, y discusión del resultado.

Motivaciones

Entre las razones que justifican la enseñanza de la óptica se cuenta principalmente su relación con la visión humana y con el funcionamiento de muchísimos aparatos de uso cotidiano, es decir, con la formación de imágenes.

La óptica es importante para poder comprender fenómenos cotidianos, como por ejemplo la formación de un arco iris, o el funcionamiento de una cámara fotográfica o de televisión. Pero además es muy importante por la estrecha relación entre las propiedades de absorción y emisión de la luz por diferentes cuerpos y su estructura atómica y molecular. La luz permite analizar propiedades de la materia a escalas atómicas. De hecho, el surgimiento del modelo atómico actualmente en vigencia, y de la teoría cuántica, está estrechamente ligado al estudio de los espectros de emisión de diferentes sustancias. En el otro extremo de la escala de distancias conocidas, el estudio de la luz proveniente de estrellas y galaxias permite des-

cubrir su composición y temperatura, estimar la velocidad a que se mueven, y elaborar hipótesis sobre el pasado y futuro de las estrellas y del Universo en conjunto. Por ello creemos que si bien no es sencillo lograr a este nivel una comprensión acabada de la espectroscopía, es imprescindible introducir las nociones básicas sobre el tema, aunque sea de un modo puramente descriptivo o fenomenológico. Por otra parte, es factible realizar experimentos muy impactantes y descriptivos, si se cuenta con ciertos recursos mínimos, que describiremos en la parte IV.

También hemos incluido otros contenidos cuya interpretación no es sencilla, como difracción e interferencia de la luz. Nuevamente, no es difícil introducir estos temas experimentalmente contando con cierto equipamiento mínimo, que consideramos absolutamente necesario. Lo complejo es arribar a una interpretación ondulatoria de la luz. Las analogías con difracción e interferencia en ondas de sonido y en ondas de agua pueden resultar de gran ayuda. Por más que el reconocimiento de las propiedades ondulatorias de la luz no sea sencillo, y menos aún la identificación de la luz con una onda electromagnética, cuya frecuencia se corresponde a un color, es éste un concepto tan importante y unificador que creemos ineludible su enseñanza. La noción de que luz más luz puede llegar a resultar en oscuridad, como ocurre en el fenómeno de interferencia, es una característica de los fenómenos ondulatorios, según que la superposición ocurra en fase o no, que tiene obviamente un impacto muy profundo en la concepción y representación de los fenómenos físicos.

Del mismo modo, la noción de que la luz no se propaga en forma instantánea, y que lo mismo ocurre para toda onda electromagnética, aunque sólo pueda ser enseñado de manera informativa o enciclopédica, afecta nociones muy básicas, como las de causalidad. Entre otras cosas que al mirar una estrella alejada la estamos viendo tal cual era hace mucho tiempo, en algunos casos hasta miles de millones de años.

Por último, creemos conveniente describir el funcionamiento, aunque más no sea a un nivel enciclopédico, de importantes desarrollos tecnológicos que involucran la luz, como por ejemplo una fotocopidora o impresora láser, el aprovechamiento de la energía solar, las células fotoeléctricas, el uso de las fibras ópticas en comunicaciones o la digitalización de imágenes.

FUERZAS Y MOVIMIENTO

Conceptos

- *Cinemática.* Nociones de distancia, tiempo, velocidad y aceleración. Velocidad promedio y velocidad instantánea. Velocidad de rotación en un movimiento circular.
- *Fuerzas e inercia.* Reconocimiento de distintos tipos de fuerzas: de rozamiento,

peso, fuerzas ejercidas por resortes, etc. Acción y reacción. Carácter vectorial de la fuerza. Suma vectorial de fuerzas. Noción de equilibrio. Centro de masa de los cuerpos. Inercia como la resistencia de un cuerpo a cambiar su estado de movimiento. Reconocimiento de la posibilidad de que un cuerpo se mueva indefinidamente a velocidad constante en ausencia de fuerzas. Aceleración como resultado de la aplicación de una fuerza.

- *Campo gravitatorio*. Caída libre de los cuerpos en la Tierra. Reconocimiento de que la aceleración provocada por la gravitación es independiente de la masa o composición de un cuerpo. Noción de campo de fuerza gravitatoria. Relación entre la caída libre de un cuerpo en la Tierra y el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, y de los planetas alrededor del Sol.
- *Energía*. Noción de energía cinética y potencial. Posibilidad de transformar energía cinética en potencial y viceversa. Conservación de la energía.
- *Movimiento armónico*. Noción de movimiento periódico, y en particular de movimiento armónico, ejemplificado a través de péndulos y resortes.

Procedimientos

Primer nivel. Realización de experiencias que introduzcan la noción de fuerzas de distinto tipo, como peso y rozamiento, y destaquen su carácter vectorial. Identificación del centro de masa de diferentes objetos, y de sus posiciones de equilibrio, estable o inestable.

Segundo nivel. Experimentación con planos inclinados y caída de cuerpos para establecer las leyes de la caída libre.

Tercer nivel. Experimentación con péndulos de diferente longitud, y con distintas amplitudes. Representación gráfica del movimiento de un péndulo. Reconocimiento de las fuerzas que actúan sobre un péndulo, y de su posición de equilibrio. Análisis de la relación entre el período y la masa, amplitud y longitud, realizando gráficos con los datos obtenidos. Descubrimiento de la dependencia del período con la longitud.

Motivaciones

Las leyes del movimiento tienen por supuesto una gran importancia práctica, pues tienen un correlato inmediato con muchos fenómenos de la vida cotidiana, y permiten entender el funcionamiento de diversos sistemas mecánicos. Pero la importancia de su enseñanza radica, más que en sus aplicaciones prácticas, en que permiten ejemplificar, a través de experimentos sencillos y accesibles, un método de análisis y descripción de los fenómenos naturales, que de hecho constituye la base de la física moderna. La diferencia entre la concepción aristotélica y la galilea-

na del movimiento marca un hito en la historia del conocimiento científico. La comprensión del principio de inercia requiere la abstracción o idealización de un cuerpo libre de fuerzas, el cual si está en movimiento no se detendrá, noción que es en principio antiintuitiva, dado que en la experiencia cotidiana están siempre presentes las fuerzas de rozamiento.

Otra ley fundamental es la de la caída libre de los cuerpos, en particular la noción de que la aceleración provocada por el campo gravitatorio en cualquier cuerpo es la misma, independientemente de su masa o composición. Y desde el punto de vista conceptual, es importante la comprensión de que la misma fuerza que genera el peso de los objetos y los hace caer en la Tierra, es la que hace orbitar a una nave espacial, y provoca la rotación de la Tierra alrededor del Sol.

Este bloque temático es además importante para introducir intuitivamente la noción de energía, tanto cinética como potencial, su relación con el estado de movimiento de un cuerpo, y su conservación. También es ideal para introducir la noción de campo de fuerzas, descrito por una intensidad pero también por una dirección y un sentido, es decir por una magnitud vectorial, concepto matemático central para la descripción de muchos fenómenos físicos, que luego aparecerá, por ejemplo, en el análisis de las interacciones eléctricas y magnéticas. La noción de un campo de fuerzas, por oposición a una interacción a distancia instantánea, corresponde a una concepción radicalmente diferente de los preconceptos habituales sobre los mecanismos de interacción.

Por último, el estudio de las leyes del movimiento de un péndulo es un caso ideal para desarrollar el método de análisis de un problema, observando la dependencia de una variable, en este caso el período del péndulo, con los parámetros del sistema. Es un sistema adecuado para introducir el uso de métodos gráficos, construyendo diagramas cartesianos que permitan descubrir una ley o relación entre las variables del problema, para introducir la noción de extrapolación de los resultados de las mediciones, y para estudiar los límites de validez de las hipótesis realizadas o de las leyes descubiertas. El análisis del péndulo permite además introducir las características del movimiento armónico en general, caracterizado por una frecuencia de oscilación, una amplitud y una fase, que luego aparecerá en otros bloques temáticos, en relación con la noción de ondas.

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

Conceptos

- *Imanes y campos magnéticos.* Reconocimiento de los polos de un imán, y de la existencia de fuerzas tanto atractivas como repulsivas. Reconocimiento de las lí-

neas de fuerza de un imán. Noción de campo magnético. Funcionamiento de una brújula, y reconocimiento de la existencia de un campo magnético terrestre.

- *Carga eléctrica y campos eléctricos.* Electricidad estática. Concepto de carga eléctrica. Funcionamiento de un electroscopio. Reconocimiento de fuerzas eléctricas atractivas y repulsivas, y posibilidad de describirlas como debidas a cargas eléctricas de distinto signo.
- *Corriente eléctrica.* Comprensión de la corriente eléctrica como un flujo de carga eléctrica. Funcionamiento de una pila. Reconocimiento de la existencia de sustancias aislantes y conductoras de la electricidad. Corriente continua y alterna.
- *Inducción magnética.* Experimentos con imanes, brújulas y circuitos que demuestren la inducción magnética. Principios de funcionamiento de equipos eléctricos basados en la inducción. Posibilidad de convertir mutuamente energía mecánica en electromagnética a través de la inducción. Reconocimiento de la electricidad y el magnetismo como fenómenos relacionados.
- *Almacenamiento electrónico de datos.* Funcionamiento de micrófonos y parlantes. Registros analógicos y digitales de la información, y almacenamiento en diferentes medios (cintas magnéticas, discos ópticos, memorias de computadoras).

Procedimientos

Primer nivel. Experimentación con imanes cerámicos, reconociendo materiales magnéticos, indagando la posibilidad de magnetizar un material, descubriendo las líneas de fuerza. Construcción de una brújula y estudio de los efectos de imanes sobre la misma.

Segundo nivel. Generación de electricidad estática por frotación. Construcción y experimentación con un electroscopio. Experimentos con circuitos simples.

Tercer nivel. Experimentación con circuitos de corriente continua y alterna. Construcción de un electroimán, un timbre, un parlante. Análisis del efecto de campos magnéticos variables sobre circuitos eléctricos, para establecer las leyes de la inducción. Explicación del principio de funcionamiento de un transformador de tensión, un motor eléctrico y un generador de electricidad. Construcción de un transmisor y receptor de radio.

Motivaciones

Conviene centrar la descripción de los efectos eléctricos y magnéticos, como ya se habrá hecho en el caso gravitatorio, en la noción de campo de fuerzas, que aparece así como elemento integrador. La novedad importante es la existencia de fuerzas tanto atractivas como repulsivas, tanto en el caso eléctrico como en el magnético. El reconocimiento de que el funcionamiento de una brújula está determinado

por el campo magnético de la Tierra contribuye a desarrollar una concepción más amplia de nuestro planeta.

Un aspecto conceptual importantísimo de este bloque es el del reconocimiento de la electricidad y el magnetismo como diferentes aspectos de un mismo fenómeno, es decir la unificación en la descripción de fenómenos naturales aparentemente diversos. La búsqueda de unidad dentro de la diversidad de los fenómenos observados es un principio que ha guiado desde hace mucho tiempo la elaboración de modelos y teorías para describir las leyes de la naturaleza. Por ello creemos esencial arribar, luego del estudio por separado de los fenómenos eléctricos y magnéticos, a una comprensión profunda de la inducción electromagnética. Con experimentos de sencilla realización es posible evidenciar que la electricidad genera efectos magnéticos, y viceversa. De hecho, innumerables equipos de uso cotidiano, como transformadores, motores eléctricos y generadores de electricidad, se basan en este principio. Es además la base para comprender qué son las ondas electromagnéticas, lo cual permite otra unificación importantísima: la luz, ondas de radio y rayos X, entre otros, son todos fenómenos electromagnéticos.

ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Conceptos

- *Escalas.* Noción de los órdenes de magnitud de diferentes escalas, desde atómicas hasta galácticas.
- *Estados de la materia.* Diferencias entre gases, líquidos y sólidos. Noción de vacío.
- *Átomos y moléculas.* Noción del tamaño de un átomo. Modelo atómico: electrones y núcleo. Noción de que todos los elementos están compuestos por distintas combinaciones de los mismos constituyentes fundamentales.
- *Radioactividad.* Radioactividad natural y artificial. Emisión alfa, beta y gamma. Usos de la radioactividad. Peligros de la contaminación radioactiva. Fusión y fisión nucleares.

Procedimientos

Estimación del tamaño de una molécula, por ejemplo midiendo la superficie de una mancha de aceite en agua. Discusión de comparaciones entre diferentes escalas, como las atómicas y las planetarias. Descripción de los experimentos que llevaron al descubrimiento de los electrones y de los núcleos atómicos. Utilización de

modelos tridimensionales para representar diferentes moléculas. Descripción cualitativa de los procesos radioactivos, y del funcionamiento de un reactor nuclear.

Motivaciones

El objetivo central de este bloque es la comprensión de la estructura atómica y molecular de la materia, y que todos los elementos conocidos están formados por distintas combinaciones de las mismas partículas. La concepción atómica de la materia tiene una importancia capital, ya que a través de ella se puede entender por qué existen diferentes estados de la materia, cómo interactúa la materia con la luz y otras formas de radiación, y cómo intercambian energía distintos sistemas físicos. La noción de vacío es también conceptualmente importante, sobre todo la comprensión de que la mayor parte del volumen ocupado por la materia es vacío. Asociado a este hecho, una racionalización de las diferentes escalas de tamaño, desde las atómicas a las astronómicas, redundará en una visión más acabada del mundo que nos rodea.

La mayor parte de los temas de este bloque no podrán introducirse mediante una experimentación directa, y muchos aspectos deberán enseñarse de un modo puramente descriptivo e informativo. Creemos, de todos modos, que constituyen una información valiosa que debe transmitirse a este nivel, aunque sólo pueda ser elaborada en forma más acabada en niveles superiores de la educación.

ASTRONOMIA

Conceptos

- *Sistema solar.* Distinción entre planetas y estrellas. Reconocimiento del Sol como una estrella más entre muchas otras similares. Órbitas de los planetas. Origen de las estaciones del año. Relación entre la Luna y las mareas. Eclipses.
- *Estrellas y galaxias.* Reconocimiento de la agrupación de estrellas en galaxias. Noción del número de estrellas en una galaxia. Noción cualitativa del mecanismo de generación de energía de las estrellas, y de evolución estelar.
- *Cosmología.* Evolución del Universo según el modelo de la gran explosión.

Procedimientos

En este caso las posibilidades de realizar una indagación directa son limitadas. Se pueden discutir las diferentes interpretaciones históricas del movimiento de los pla-

netas, y construir modelos de sistema planetario, que ayuden a visualizar las órbitas de los planetas, el origen de los eclipses y de las estaciones del año. Se describirá el funcionamiento de un telescopio óptico. Se describirá cualitativamente el proceso de fusión como fuente de energía del Sol. Se describirá la agrupación de estrellas en galaxias y, de un modo puramente informativo, la evidencia de que el Universo se expande.

Motivaciones

La astronomía es una de las disciplinas más antiguas, y que más ha despertado la curiosidad humana desde hace milenios. Además, la fascinación por las estrellas, planetas y viajes espaciales es muy común entre los niños. Un concepto fundamental es la comprensión de que la fuerza que domina la estructuración del Universo, desde las órbitas de los satélites hasta la agrupación de las estrellas en galaxias, es la misma fuerza gravitatoria que nos mantiene en la Tierra. Entre los conceptos de importancia filosófica que deben destacarse figura la noción de que los objetos celestes no son inmutables. Las estrellas evolucionan, pasando por fases muy diferentes, y nuestro Sol es similar a miles de millones de otras estrellas parecidas, muy probablemente con sus propios sistemas planetarios. Por último, las teorías sobre el comportamiento del Universo a gran escala, en particular su expansión a partir de un estado en que toda la materia estaba mucho más concentrada, cuando aún no existían las estrellas y planetas, es una información muy valiosa aunque sólo pueda ser transmitida a un nivel simplificado y enciclopédico.

SONIDO

Conceptos

- *Ondas de sonido.* El sonido como la vibración de un medio material. Propagación del sonido en el aire, en líquidos y en sólidos. Noción de la velocidad de propagación del sonido, y de su dependencia con el medio de propagación. Imposibilidad de propagación del sonido en el vacío. Reflexión, difracción e interferencia de ondas sonoras.
- *Frecuencias de vibración.* Relación entre el timbre agudo o grave de un sonido con la frecuencia de vibración de la onda, y de la intensidad del sonido con la amplitud de la onda. Funcionamiento del oído humano y su sensibilidad a ciertas frecuencias. Ultrasonido.
- *Resonancias.* Reconocimiento de la existencia de frecuencias de vibración naturales de ciertos objetos. Posibilidad de excitar esas frecuencias en forma resonante.

- *Efecto Doppler*. Reconocimiento de la variación del timbre percibido según el movimiento relativo entre la fuente sonora y el receptor.

Procedimientos

Experimentación con diapasones, tambores, cuerdas, campanas, tubos y otros instrumentos. Reconocimiento del sonido como la vibración de un medio, visualizando el movimiento de partículas producido por una onda sonora. Posibilidad de reflejar el sonido en una superficie. Experimentación con fuentes sonoras que permitan descubrir el fenómeno de interferencia, reconociendo regiones de interferencia constructiva y destructiva. Construcción de instrumentos musicales. Análisis de la posibilidad de almacenar la información de un sonido en una grabación o de transferirla a ondas electromagnéticas, y de volver a reproducirlo. Análisis del funcionamiento de un parlante y de un micrófono. Análisis del uso del ultrasonido como método de reconocimiento de formas (ecografías, medición de profundidad en el océano, etc.). Experimentación del efecto Doppler, escuchando sirenas en movimiento.

Motivaciones

El descubrimiento y aprendizaje de las propiedades del sonido es importante por dos razones diferentes. Una de orden práctico es su relación con el sentido del oído. No es necesario ahondar en que, dada la importancia del oído para nuestra percepción del mundo, es necesario profundizar la comprensión de los mecanismos que determinan la emisión, transmisión y recepción del sonido. De hecho, gran parte de los temas relacionados con la emisión y propagación del sonido pueden discutirse aprovechando fenómenos de la vida cotidiana. Por ejemplo, una estimación de la velocidad del sonido en el aire puede lograrse midiendo la diferencia entre el momento en que se ve un rayo y cuando se escucha el trueno. La otra motivación para la enseñanza de este bloque temático es la posibilidad de ejemplificar en forma muy directa y sencilla las propiedades más importantes de los fenómenos ondulatorios en general, a través del sonido. No es muy difícil realizar experimentos de interferencia con sonido, en los que el detector será el propio oído de los alumnos, con lo cual el fenómeno de interferencia destructiva —en el que superponiendo sonidos se obtiene silencio— quedará claramente demostrado, y a partir de allí puede desarrollarse la noción de superposición de ondas en fase o fuera de fase como posible explicación. Esta experiencia favorecerá luego el desarrollo de la interpretación ondulatoria de la luz. Análogamente, el efecto Doppler es de fácil percepción en el caso del sonido, y su reconocimiento facilitará la comprensión del mismo fenómeno en el caso de la luz. El concepto de

frecuencia, asociado en este caso al timbre de un sonido, será también de fácil incorporación, al igual que la existencia de frecuencias naturales de vibración de ciertos objetos, dependiente de su composición y forma, y la posibilidad de hacerlos resonar, como en el típico ejemplo de la rotura de un cristal por un sonido de la frecuencia adecuada.

La familiaridad, a través de la radio y televisión, con la posibilidad de transmitir la información de un sonido mediante ondas, puede ser aprovechada para motivar la discusión de las diferentes formas de almacenar datos, y la posibilidad de transferir la energía mecánica de una onda sonora a energía electromagnética.

GASES Y LIQUIDOS

Conceptos

- *Densidad*. Nociones de peso, volumen y densidad. Densidad del agua y del aire. Noción del aire como un fluido. Noción de vacío entre moléculas. Cambios de densidad y de estado con la temperatura.
- *Presión*. Presión como fuerza aplicada sobre una superficie. Presión de un gas en un recipiente. Presión atmosférica y presión hidrostática.
- *Flotación*. Noción de volumen desplazado por un sólido en un líquido, y reconocimiento de la fuerza de empuje que realiza el líquido. Principio de Arquímedes.
- *Ondas en líquidos*. Difracción e interferencia de ondas en el agua.

Procedimientos

Experimentación con agua, alcohol, y soluciones, para reconocer diferentes densidades de líquidos, y variaciones de densidad. Experimentos con vasos comunicantes. Construcción de un medidor de presión atmosférica. Experimentación con diferentes sustancias, y objetos de diferente forma, para analizar la flotabilidad. Experimentación con una cuba de ondas, para visualizar los fenómenos de interferencia y difracción de ondas.

Motivaciones

El aprendizaje de este bloque temático tiene también, como en el caso del sonido, una doble motivación: su correlato con fenómenos cotidianos por un lado, y su potencialidad para visualizar propiedades de los fenómenos ondulatorios por el otro.

Las nociones de peso y volumen son bastante intuitivas, pero la noción de la conservación del peso al cambiar la forma de un objeto o de la constancia de la densi-

dad del material que lo compone no son tan elementales, y muchas veces existen preconceptos equivocados sobre el tema. La adquisición de la noción de conservación de la cantidad de sustancia y la modificación de ese tipo de preconceptos es importante para muchos fines prácticos. La presión es también un concepto cotidiano, pero la diferencia, por ejemplo, entre la presión que ejerce un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene respecto de la presión atmosférica, es conceptualmente difícil.

La flotación es también un fenómeno cotidiano cuya comprensión no es, sin embargo, intuitiva. La comprensión de por qué un cuerpo flota es un ejercicio muy importante de modificación de preconceptos habituales, tales como que la flotabilidad depende exclusivamente del peso del objeto.

Destacamos finalmente la importancia de aprovechar la familiaridad y la relativa facilidad de experimentación con ondas en el agua para reforzar las nociones de interferencia de ondas, por ejemplo mostrando que la suma de dos movimientos puede producir quietud.

CALOR Y TEMPERATURA

Conceptos

- *Temperatura y Calor.* Diferencia entre calor y temperatura. Reconocimiento de materiales conductores del calor. Flujo del calor de regiones calientes a frías. Noción de equilibrio térmico. Funcionamiento de un termómetro. Escalas de temperatura. Dilatación de cuerpos. Cambios de color con la temperatura. Relación entre temperatura y energía interna de una sustancia.
- *Teoría estadística de los gases.* Noción del elevado número de partículas que componen una pequeña cantidad de un gas. Necesidad de una descripción estadística. La presión como un efecto colectivo promedio. Relación entre presión, volumen y temperatura de un gas.
- *Irreversibilidad.* Noción de la diferencia entre un proceso reversible y otro irreversible temporalmente.
- *Transiciones de fase.* Cambios de estado con la temperatura.

Procedimientos

Clasificación de diferentes materiales en conductores o aislantes del calor. Estudio de la velocidad de propagación del calor en distintas sustancias. Discusión de las condiciones de equilibrio térmico. Establecimiento de la dirección del flujo de calor en los experimentos de conducción. Análisis del funcionamiento de un ter-

mómetro, y de diferentes escalas de medición de la temperatura. Reconocimiento de la coexistencia de fases experimentando con agua y hielo. Discusión de la diferencia entre la posibilidad y la probabilidad de que ocurra un determinado suceso cuando el número de partículas involucradas es enorme, por ejemplo que los fragmentos de un vaso roto se recompongan espontáneamente, o que todas las moléculas del aire se agolpen en una esquina del aula, para introducir la noción de irreversibilidad.

Motivaciones

La termodinámica es un tema tradicional y de gran correlato con fenómenos cotidianos. La diferenciación entre los conceptos de calor y temperatura es esencial para una correcta comprensión de estos fenómenos. La importancia de los procesos termodinámicos está claramente ejemplificada con el profundo cambio tecnológico y social desatado por la máquina de vapor. Sin embargo, creemos que la enseñanza de este tema, en una época en que los avances tecnológicos tienen más que ver con otras ramas de la ciencia, debe orientarse a aspectos conceptualmente más fundamentales, como la noción de irreversibilidad, o las transiciones de fase, o la noción de un sistema complejo, en este caso por el elevado número de partículas que lo constituyen.

III. CONTENIDOS BASICOS COMUNES DE FISICA PARA LA EDUCACION POLIMODAL

1. Consideraciones generales

La mayoría de las consideraciones generales hechas en el capítulo anterior con referencia a la Educación General Básica se aplican también a la propuesta de contenidos para la Educación Polimodal. La enseñanza motivada en el hecho experimental es crucial también en esta etapa. Un laboratorio suficientemente equipado se vuelve imprescindible para profundizar los conocimientos adquiridos en el período anterior.

Algunos de los bloques temáticos propuestos son continuación de los de la EGB, tratados a un nivel de mayor profundidad: Mecánica, Óptica, Electricidad y Magnetismo, Estructura de la Materia y Astronomía. Se agregan también Relatividad Especial y Mecánica Cuántica. La profundización de los temas ya vistos durante la EGB se dará fundamentalmente desde el punto de vista cuantitativo y matemático. Muchos fenómenos estudiados durante la EGB de modo fenomenológico y cualitativo serán ahora analizados utilizando herramientas matemáticas más elaboradas, y formalizando las leyes de la física en términos de relaciones matemáticas precisas. Se fomentará, por otro lado, la distinción entre el fenómeno natural en sí y la representación matemática de las leyes que lo describen, reconociendo las idealizaciones involucradas en muchos modelos, y las limitaciones de ciertas hipótesis.

Los conceptos centrales siguen siendo *Energía, Ondas y Campos de Fuerzas*, los cuales serán ahora definidos y analizados con mayor rigor matemático. Los contenidos que destacamos como más importantes y de aprendizaje imprescindible en este nivel son: leyes del movimiento de Newton, ley de gravitación universal, leyes de Kepler para el movimiento planetario, ondas electromagnéticas, y modelo atómico de Bohr.

2. Contenidos

MECANICA

Conceptos

- *Leyes de Newton*. Formulación matemática de las leyes fundamentales del movimiento. Condiciones iniciales necesarias para predecir un movimiento resolviendo las ecuaciones de movimiento: posición y velocidad inicial. Análisis de los movimientos de caída libre y tiro oblicuo. Movimiento en sistemas no inerciales. Descripción cualitativa del péndulo de Foucault.
- *Conservación de Energía e Impulso*. Definición de energía, impulso lineal e impulso angular. Conservación de estas cantidades para sistemas aislados.
- *Gravitación*. Ley de gravitación universal. Fuerza gravitatoria inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Principio de superposición. Leyes de Kepler y descripción detallada del sistema planetario.
- *Movimiento circular*. Velocidad angular de rotación, velocidad tangencial, y aceleración centrípeta en un movimiento circular.
- *Movimiento armónico*. Posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para un movimiento armónico. Péndulos y resortes como ejemplos. Frecuencias propias y resonancias.
- *Caos*. Ejemplos elementales de movimientos caóticos. Noción de indeterminismo clásico, manifestado como una muy fuerte dependencia en las condiciones iniciales.

Procedimientos

Realización de prácticas de laboratorio con objetos móviles, planos inclinados, resortes, péndulos, etc., midiendo posición, velocidad y aceleración. Presentación gráfica de los resultados de las mediciones y ajuste de los resultados experimentales a las curvas predichas teóricamente por las leyes de movimiento. Desarrollo de la noción de ajuste de una curva experimental para obtener un parámetro del modelo que describe al fenómeno, o una dependencia, por ejemplo la del período del péndulo con la inversa de la raíz cuadrada de la longitud. Establecer la costumbre de realizar gráficos cartesianos de las diferentes magnitudes que describen el problema y de la posibilidad de utilizar el de una de ellas para deducir el de otras, por ejemplo el de la velocidad y aceleración a partir del gráfico de la posición en función del tiempo.

Desarrollo de ejemplos prácticos de las leyes de conservación, por ejemplo de la del momento angular a través de giróscopos.

Realización de experiencias con péndulos simples y péndulos acoplados. Análisis del rango de validez de la aproximación de movimiento armónico para un péndulo.

Construcción, por ejemplo utilizando imanes, de un sistema mecánico con comportamiento caótico y análisis de la estrecha dependencia del movimiento con las condiciones iniciales.

Motivaciones

Uno de los objetivos de este bloque temático es dar una presentación más acabada y matemáticamente rigurosa de las leyes del movimiento, haciendo hincapié en su carácter vectorial, que permita además desarrollar la noción de predictibilidad de un resultado experimental, a partir de las leyes conocidas y los datos iniciales del problema. Ello requiere resolver una ecuación de movimiento para determinadas condiciones iniciales y luego comparar el resultado del cálculo matemático con una medición, teniendo además en cuenta la existencia de errores de medición. Este tipo de ejercicios destacan la diferencia entre el fenómeno natural en sí y la representación del mismo implícita en el modelo que lo describe.

Destacamos la importancia de realizar representaciones gráficas de las diferentes magnitudes que describen un movimiento. La utilización de gráficos cartesianos permite por ejemplo introducir intuitivamente la noción de espacio de las fases, donde no se grafican o representan la posición en función del tiempo, por ejemplo, sino la velocidad o el momento lineal en función de la posición. El primero aparece habitualmente como algo más real e intuitivo, representando la trayectoria real de una partícula. Es importante poder desarrollar la capacidad de pensamiento abstracto que permita entender que el segundo también permite sacar conclusiones sobre el movimiento.

El análisis del movimiento armónico, ejemplificado con péndulos y resortes, es importante como ejemplo de un movimiento continuado con permanente transformación periódica de energía cinética en potencial, y para ejemplificar conceptos más generales de fenómenos ondulatorios. El análisis, aunque sea cualitativo, de sistemas de péndulos o resortes acoplados, es útil por la posibilidad de realizar analogías macroscópicas mecánicas para el comportamiento de los átomos en un sólido, por ejemplo, y en general para construir una conceptualización clásica del comportamiento microscópico de la materia.

Como tema final de este bloque proponemos una introducción sencilla a la noción de caos en sistemas mecánicos. Existen varios sistemas simples con móviles que tienen un comportamiento caótico y que pueden utilizarse para desarrollar la

noción de que, pese a que las leyes del movimiento clásicas son deterministas — en el sentido que fijadas las condiciones iniciales la evolución futura de un sistema está determinada por completo— en ciertos casos la extrema dependencia en las condiciones iniciales vuelve a la descripción determinista irrelevante.

OPTICA

Conceptos

- *Optica ondulatoria.* Detalles de los fenómenos de difracción e interferencia, en particular de su dependencia con la longitud de onda de la luz en una interpretación ondulatoria. Propiedades de polarización de la luz.
- *Espectros.* Diferentes rangos del espectro electromagnético: ultravioleta, visible, infrarrojo, y su relación con la longitud de onda. Funcionamiento de un espectrógrafo de red. Distinción entre espectros de líneas de emisión y absorción de diferentes sustancias, y su utilización para reconocer elementos.
- *Fotones.* Propiedades corpusculares de la luz. Relación entre la energía del fotón y la frecuencia de la onda. Interpretación de los fenómenos ópticos desde el punto de vista corpuscular.

Procedimientos

Realización de experiencias de descomposición de la luz natural con prismas y redes de difracción, mostrando analogías y diferencias entre ambos métodos. Descripción, construcción y utilización de un espectrógrafo de red.

Realización de experiencias de difracción e interferencia utilizando un láser. Evaluación de tamaños y distancias características en las imágenes de difracción e interferencia, y estudio de su dependencia con el color de la luz utilizada, para introducir la relación entre color y longitud de onda, y una clasificación del espectro luminoso (ultravioleta, visible, infrarrojo).

Estudio de los espectros de emisión y absorción para diferentes elementos utilizando un espectrómetro. Estudio de espectros de líneas de elementos puros. Análisis de espectros de diferentes materiales para deducir su composición química.

Motivaciones

La inclusión de este tema en la Educación Polimodal tiene dos motivaciones principales: reafirmar la interpretación ondulatoria de la luz e introducir los principios de la interacción de la radiación con la materia. La espectroscopía es la herra-

mienta principal para desarrollar estas nociones, ya que permite el estudio de las propiedades atómicas y moleculares de la materia a través de su interacción con la luz. La noción que se desea desarrollar es que la luz que emite un cuerpo es una impronta de su constitución interna.

Los fenómenos de interferencia y difracción son esenciales para comprender la naturaleza ondulatoria de la luz. Ya se habrán realizado experiencias en esa dirección durante la EGB. En esta etapa conviene integrar las nociones adquiridas sobre interferencia en sonido, ondas de agua y luz, y desarrollar un análisis un poco más cuantitativo, por ejemplo que permita identificar las longitudes de onda involucradas en cada caso. Para la luz, puede destacarse la sensible dependencia de las franjas de interferencia con cambios en las dimensiones del sistema, debido a su pequeña longitud de onda, y cómo ello es la base de algunas aplicaciones prácticas, como por ejemplo la metrología. La interpretación ondulatoria de la luz es tanto un elemento central para la formulación de la física moderna, como una noción importante para la comprensión de un número grande de desarrollos tecnológicos recientes.

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

Conceptos

- *Ley de Coulomb.* Fuerza eléctrica inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Campo electrostático creado por una partícula cargada. Principio de superposición. Distribución de cargas. Cargas en materiales conductores y en materiales dieléctricos. Polarización en un medio dieléctrico. Capacitores.
- *Ley de Ohm.* Cargas en movimiento: corriente eléctrica. Origen de la resistencia en un circuito eléctrico. Relación entre resistencia, diferencia de potencial y corriente. Nociones elementales de superconductividad.
- *Ley de Faraday.* Ley de inducción: relación entre la corriente inducida y la variación de flujo magnético. Relación entre fenómenos eléctricos y magnéticos. Fuerza ejercida por un campo magnético sobre partículas cargadas.
- *Ondas electromagnéticas.* Validez de la ley de Faraday independientemente de los circuitos eléctricos y posibilidad de que un campo eléctrico y magnético exista por sí mismo, independientemente de las cargas que lo generaron, bajo la forma de una onda electromagnética. Reconocimiento de las ondas de radio, microondas, luz, rayos X y rayos gamma como ondas electromagnéticas de diferente longitud de onda. Mecanismos de generación de radiación electromagnética en los diferentes rangos del espectro. Radiación de ondas por cargas aceleradas.

Procedimientos

Realización de prácticas de laboratorio parcialmente orientadas, para comprobar las leyes principales de la electricidad y el magnetismo, con énfasis en la representación gráfica de los resultados y las estimaciones de los errores de medición.

Discusión de cómo y por qué se establecen distribuciones de carga en volumen y en superficie. Análisis de la polarizabilidad de un material dieléctrico. Discusión del efecto de apantallamiento del campo. Análisis del comportamiento de materiales conductores.

Realización o muestra de experimentos de difracción e interferencia con microondas, que permitan establecer analogías con los mismos fenómenos en el caso de la luz. Evaluando las diferencias de tamaño entre los dispositivos experimentales en ambos casos (separación entre rendijas, etc.), se puede orientar el reconocimiento de la luz como onda electromagnética, al igual que las microondas, pero con una longitud de onda mucho menor, y extender este concepto a otros rangos del espectro electromagnético. Descripción de un generador de rayos X.

Motivaciones

La noción de un campo de fuerzas, que decrece como el cuadrado de la distancia a la fuente, y la superposición lineal de los efectos de varias fuentes, son comunes a la gravitación y a la electricidad. Son conceptos importantes que definen una representación de estos fenómenos. En la realidad, muchos fenómenos macroscópicos son muy complejos de analizar, pero los principios básicos quedan descriptos por esta reducción a una situación idealizada, sumando el campo producido por cada carga por separado. El carácter vectorial del campo de fuerzas es también un concepto importante que puede tratarse en forma más rigurosa en este nivel de la enseñanza.

Conviene profundizar en esta etapa el fenómeno de inducción magnética, no sólo por sus aplicaciones prácticas, sino más bien para ahondar la relación entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos, para facilitar la comprensión de una onda electromagnética como una oscilación de campos eléctricos y magnéticos con existencia propia, al margen de las cargas eléctricas que los hayan generado. Uno de los objetivos centrales de este bloque temático es precisamente desarrollar el concepto de ondas electromagnéticas, y que la luz visible, los rayos X o gamma, las ondas de radio son todos fenómenos electromagnéticos, que sólo difieren por su longitud de onda. Además de ser conceptualmente importante, esta noción facilita la comprensión de muchos desarrollos tecnológicos modernos.

ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Conceptos

- *Atomo de Bohr*. Niveles discretos de energía de los electrones en un átomo como explicación de los espectros de emisión de los elementos. Fuerzas que mantienen ligado a un átomo. Noción de los tamaños característicos de un átomo y del núcleo atómico. Energía de ligadura y de ionización.
- *Estructura atómica de la materia*. Interpretación atómica de la estructuración de la tabla periódica de los elementos. Protones y neutrones. Isótopos.
- *Radioactividad*. Elementos estables e inestables. Radioactividad natural y artificial. Canales de decaimiento. Emisión alfa, beta y gamma. Noción de vida media y descripción estadística de un proceso de decaimiento. Aplicaciones prácticas de la radioactividad. Peligros de la contaminación radioactiva.
- *Energía nuclear*. Procesos de fisión y fusión. Energía de ligadura de un nucleón. Estimación de la energía liberada en una reacción nuclear. Funcionamiento de un reactor nuclear. Posibilidad de transformar masa en otro tipo de energía. Relación $E=mc^2$.
- *Partículas elementales*. Principio de funcionamiento de los aceleradores de partículas. Su utilización en investigación, para estudiar la estructura interna de los núcleos atómicos y de protones y neutrones. Descripción de algunas de las partículas actualmente consideradas elementales: quarks, electrones, fotones, neutrinos. Aplicaciones prácticas de los aceleradores de partículas.

Procedimientos

Descripción de los experimentos que llevaron al descubrimiento del electrón, y a las características del núcleo atómico. Introducción del modelo atómico de Bohr y del postulado de la existencia de niveles discretos de energía como explicación de los espectros de emisión de los diferentes elementos.

Análisis de la estructura de la tabla periódica de los elementos, relacionando las propiedades químicas de los elementos con su estructura electrónica. Discusión de las abundancias naturales de algunos isótopos.

Descripción matemática de un fenómeno de decaimiento exponencial, caracterizado por un tiempo de vida media. Análisis del método de datación de fósiles por cronología isotópica.

Realización de cálculos de balance de energía en reacciones nucleares, a partir de los datos de las masas de los elementos intervinientes.

Experimentación con una cámara de niebla. Descripción del funcionamiento de detectores, como un Geiger.

Descripción de los principios de funcionamiento de aceleradores de partículas y sus aplicaciones en ciencia y tecnología.

Descripción de la predicción teórica sobre la existencia del neutrino como explicación de propiedades del decaimiento beta.

Motivaciones

Uno de los objetivos de este bloque es profundizar los conceptos adquiridos durante la EGB sobre la estructura atómica de la materia, en particular la noción de que todo lo que nos rodea está formado por agregaciones diferentes de los mismos constituyentes básicos. Uno de los aspectos más importantes a profundizar es la posibilidad de investigar esa estructura interna de la materia a través de su interacción con la luz, en particular mediante la espectroscopía. El modelo atómico de Bohr, surgido como explicación a observaciones espectroscópicas, ha jugado un papel central en la formulación de la teoría cuántica y es un esquema de representación de la estructura atómica muy poderoso.

Otro tema importante por su gran impacto sobre la sociedad es el de la física nuclear. La construcción de bombas atómicas, la generación de energía nuclear, los peligros de la contaminación radioactiva, los usos médicos y aplicaciones tecnológicas de la física nuclear son temas centrales sobre los cuales sería deseable que el mayor número posible de personas tenga una opinión formada basada en la mayor información posible. Desde el punto de vista conceptual, el reconocimiento de la masa de una partícula como otra forma de energía y la posibilidad de que ésta se transforme en energía de otro tipo en un proceso radioactivo, ajustándose a la conocida fórmula $E=mc^2$ predicha por la teoría de la relatividad, es una noción profunda que conviene destacar.

Así como los primeros aceleradores permitieron alcanzar las energías necesarias para “romper” los núcleos atómicos y estudiar sus propiedades, las siguientes generaciones de aceleradores permiten estudiar la estructura interna de la materia a escalas aun menores a la de protones y neutrones. Aunque el impacto social y tecnológico de la física de partículas a muy altas energías no sea comparable al de la física nuclear, es éste un tema de investigación básica de frontera que merece ser destacado en la enseñanza polimodal, pues manifiesta la curiosidad humana por conocer cada vez más sobre la estructura de la materia.

RELATIVIDAD ESPECIAL

Conceptos

- *Experimento de Michelson-Morley*. Descripción del experimento, e interpretación de su resultado como la constancia de la velocidad de la luz independientemente del estado de movimiento del observador.
- *Sistemas de referencia*. Descripción del movimiento de un objeto por observadores en movimiento relativo. Adición de velocidades. Sistemas inerciales.
- *Principio de relatividad*. Consecuencias de la constancia de la velocidad de la luz en las nociones de simultaneidad, longitud y tiempo. Relación causa-efecto. Dilatación del tiempo. Experimentos que prueban la validez de la teoría de la relatividad. Energía de una partícula relativista.

Procedimientos

Descripción del funcionamiento de un interferómetro en general, y del experimento realizado por Michelson y Morley en particular. Discusión de interpretaciones alternativas del resultado, en particular refutando la necesidad de un medio material como soporte para la propagación de la luz y estableciendo que la velocidad de la luz es la misma en todo sistema de referencia inercial. Análisis de experimentos mentales (situaciones idealizadas como trenes moviéndose a velocidades cercanas a la de la luz) para establecer las consecuencias de la constancia de la velocidad de la luz en las nociones de simultaneidad, y en el carácter relativo de las nociones de longitud e intervalo de tiempo entre dos eventos. Descripción de experimentos que prueban la validez de la teoría.

Motivaciones

La teoría de la relatividad especial formulada por A. Einstein tiene una especial trascendencia y ha influido mucho en las formas de pensamiento moderno, aunque por lo general no se conoce demasiado su verdadero significado, o sólo se conocen aspectos parciales o distorsionados de sus conclusiones y consecuencias. Las nociones esenciales de la relatividad, sobre todo en lo que hace a su implicancia sobre conceptos muy básicos, como simultaneidad, distancia o tiempo, pueden describirse con bastante rigurosidad aun sin introducir todo el aparato matemático de la teoría, partiendo del experimento que establece la igualdad de la constancia de la velocidad de la luz independientemente del estado de movimiento del observador, pasando por situaciones ideales que ejemplifiquen sus importantes consecuencias, usualmente antiintuitivas a la experiencia cotidiana, y describiendo

do luego los experimentos que se realizan hoy en día, por ejemplo en grandes aceleradores de partículas, que comprueban la validez de sus postulados. La teoría de la relatividad especial, así como la mecánica cuántica, no son teorías sobre algún sistema físico específico, sino que tienen un alcance y significado más profundo y general. Se supone que todas las interacciones fundamentales conocidas deben describirse por una teoría cuántica y relativista. Aunque entrar en el detalle de cada una de ellas sea tema sólo para especialistas, las nociones básicas de la relatividad, así como de la mecánica cuántica, deberían formar parte de la cultura general de la población.

MECANICA CUANTICA

Conceptos

- *Dualidad onda-partícula.* Aspectos ondulatorios y corpusculares de la luz y de los electrones. Efecto fotoeléctrico. Difracción de electrones. Interpretación probabilística de la mecánica cuántica.
- *Principio de incerteza.* Imposibilidad de medir simultáneamente posición y velocidad de una partícula. Expresión matemática del principio de incerteza de Heisenberg.
- *Efecto túnel.* Confrontación del comportamiento clásico y el cuántico para una partícula frente a una barrera de potencial. Ejemplos de situaciones donde se manifiesta el efecto túnel: emisión alfa, diodos semiconductores, etc.

Procedimientos

Descripción de experimentos de difracción de electrones, resaltando el carácter ondulatorio del fenómeno, pero esta vez para partículas. Aplicación de este fenómeno en los microscopios electrónicos.

Análisis de experimentos de efecto fotoeléctrico y discusión de su interpretación en términos de fotones. Relacionar la energía del fotón con la frecuencia de la luz, a través de la constante de Planck.

Descripción del principio de incerteza a través de experimentos mentales.

Comentar ejemplos prácticos de la existencia del efecto túnel: funcionamiento de diodos túnel, de un microscopio de efecto túnel.

Motivaciones

Junto con la relatividad especial, la teoría cuántica constituye la base de las teorías modernas sobre las interacciones que se consideran fundamentales. La validez y la

necesidad de utilizar estas teorías para la descripción de la materia se ponen de manifiesto a escalas alejadas de la escala humana, es decir a nivel atómico y a velocidades cercanas a la de la luz, en general de manera bastante antiintuitiva. Además el nivel de sofisticación matemática necesario para formular estas teorías es relativamente elevado. Sin embargo, las nociones básicas de la mecánica cuántica pueden transmitirse mediante la descripción y el análisis de algunas de sus propiedades más importantes, como el comportamiento ondulatorio de los electrones o la posibilidad de una partícula de atravesar una barrera de potencial que según la teoría clásica sería insalvable (efecto túnel). De hecho estos efectos tienen aplicaciones prácticas, en microscopios electrónicos o en circuitos semiconductores, por ejemplo. Junto al principio de incerteza, que también ha tenido un impacto filosófico profundo, ejemplifican las limitaciones de la mecánica clásica. La enseñanza de los principios y rudimentos de la mecánica cuántica es entonces importante no sólo por la extensión, vigencia y por las aplicaciones prácticas de la teoría, sino también porque sirve como ejemplo del carácter limitado y a veces parcial de teorías y modelos que por cierto tiempo pueden aparecer como respuestas muy acabadas a la descripción de los fenómenos naturales.

ASTRONOMIA

Conceptos

- *Astrometría*. Coordenadas astronómicas. Paralaje como método para medir distancias. Unidades astronómicas de distancia: años luz y parsecs.
- *Sistema planetario*. Teorías sobre la formación de los planetas. Estimación de la edad de la Tierra. Características de otros planetas del sistema solar. Posibilidad de existencia de otros sistemas planetarios.
- *Evolución estelar*. Reacciones nucleares que generan energía en las estrellas. Diferentes etapas de una estrella. Estimación de la duración futura del Sol.
- *Radioastronomía*. Posibilidad de observar las estrellas a través de su emisión en radiofrecuencias. Pulsares, cuasares, y otros objetos celestes con emisión significativa en radiofrecuencia. Estrellas variables.
- *Cosmología*. Evidencias de la expansión del Universo. Descripción más detallada del modelo de la Gran Explosión.

Procedimientos

Familiarización con las escalas de distancia astronómicas: tamaños de galaxias y distancias entre galaxias.

Descripción del uso de la espectroscopía como método para determinar la composición y temperatura de una estrella, y para determinar su velocidad por efecto Doppler.

Descripción detallada de las reacciones nucleares que ocurren en el Sol y realización de cálculos que permitan estimar la energía generada en cada proceso, y el tiempo que tardará en agotarse su combustible nuclear.

Descripción del funcionamiento de un radiotelescopio y de las mediciones realizadas con radiotelescopios de pulsares y quasares.

Descripción de la observación de la expansión del Universo por espectroscopía de galaxias lejanas (efecto Doppler) y descripción de las mediciones de la radiación cósmica de fondo de microondas, como evidencias del modelo de la Gran Explosión.

Motivaciones

Un aspecto conceptual importante que puede desarrollarse en esta etapa es cómo se determina la composición, temperatura, masa y velocidad de estrellas y galaxias, siendo que, obviamente, no podemos tomar muestras, pesarlas, o cronometrar su movimiento, y que toda la información que tenemos es la luz que nos llega de ellas. La posibilidad, mediante la espectroscopía, de determinar propiedades de objetos ubicados a miles de años luz de distancia es fascinante.

También es posible volver más cuantitativa y detallada en esta etapa la noción de evolución estelar, analizando cuáles son las reacciones nucleares que son fuente de energía en las estrellas.

Una contribución importante de la astronomía moderna que merece destacarse es la posibilidad de observar las estrellas no sólo a través de la luz visible que éstas emiten, sino también por la radiación que emiten en otras frecuencias, por ejemplo en radiofrecuencias. Ello abre nuevas perspectivas y ventanas de observación del cielo.

Por último, pueden también profundizarse las teorías cosmológicas sobre la evolución del Universo.

IV. CONTENIDOS PARA LA FORMACION Y ACTUALIZACION DOCENTE

1. Consideraciones generales

Los contenidos para la capacitación docente deben naturalmente coincidir con los propuestos en las partes II y III. Por ello consideramos más adecuado sugerir en esta parte, en lugar de un listado de contenidos, una serie de recursos y métodos que podrían emplearse para promover la capacitación y actualización docente, y algunos procedimientos alternativos que consideramos apropiados para una mejor presentación de los Contenidos Básicos Comunes propuestos en las partes anteriores. Ningún conjunto de contenidos, por más brillante o completo que sea, puede implementarse sin una adecuada formación y actualización docente. Este es un punto fundamental, en el que habría que invertir el máximo esfuerzo, presupuesto y atención. La propuesta de contenidos desarrollada en las partes anteriores es ambiciosa, y para su enseñanza requiere un intenso programa de capacitación docente.

Como hemos recalcado anteriormente, un objetivo importante de la enseñanza de la física (o de cualquier ciencia) es generar una actitud crítica ante un problema; desarrollar esquemas de análisis y de pensamiento y métodos de aproximación para su resolución, y fomentar de esta manera la creatividad y el pensamiento crítico. Los estímulos para que los chicos puedan seguir este camino deben provenir de, y ser encausados por, los docentes que deberán tener una actitud similar a la de los alumnos, inquisitiva y abierta ante las diferentes situaciones que sin duda aparecerán a lo largo de las experiencias que se realicen. Sobre todo será importante que en cada grupo se acepte trabajar sin temores a lo desconocido, que en definitiva es la esencia del trabajo de investigación. Lo importante ante una situación desconocida es la de saber plantearse el problema a resolver, y una vez hecho esto, buscar nuevos interrogantes. Con cada dilema que se resuelve, se generan muchos más, y esta situación es la que da la motivación para continuar investigando y aprendiendo.

2. Relación con los centros universitarios

Consideramos importante que exista un continuo y estrecho contacto entre los docentes (en particular los del nivel de Educación Polimodal) y los centros universitarios. La universidad es un ámbito donde se realiza investigación y se genera conocimiento, y por lo tanto es un ambiente propicio para la capacitación y perfeccionamiento profesional de los docentes. En nuestro país existen numerosos centros de estudio universitario de excelente nivel en el área de física que podrían perfectamente brindar este servicio a la comunidad muy eficientemente, con la necesaria adecuación de recursos presupuestarios para ese fin.

La relación de los docentes con la universidad podría plantearse a través de laboratorios de perfeccionamiento docente que dependan o estén supervisados por los respectivos departamentos de física de los centros universitarios; donde, con equipamiento similar al que se contaría en los gabinetes de cada centro educativo, se puedan ensayar o desarrollar nuevas experiencias para luego volcar en las aulas en forma dinámica. Además deberían implementarse cursos periódicos de perfeccionamiento y capacitación en el ámbito universitario. Esta relación permitiría por un lado una adecuada actualización en los temas que se enseñan y por otro —muy importante— que los docentes de la EGB y de la EP tengan un contacto más directo con la actividad de investigación.

3. Supervisor o Coordinador de ciencias naturales

Pensamos que se podría incorporar, al nivel de la EGB, la figura de Supervisor/a o Coordinador/a de ciencias naturales. Este coordinador debería tener una formación universitaria, en cualquier disciplina de las ciencias naturales. Creemos que esa formación universitaria es importante, pues habrá generado un contacto más estrecho con la investigación científica. Entre los roles del coordinador podrían contarse: el de atender a un adecuado equipamiento y mantenimiento de los gabinetes de ciencias naturales; el desarrollo o práctica junto a los docentes de posibles experimentos de laboratorio; y, en suma, actuar como referente para los docentes en temas de ciencias naturales. Ayudaría también a homogeneizar algunos criterios y métodos de enseñanza en los diferentes establecimientos. Ponemos énfasis en esto, ya que un aspecto importante para lo que consideramos debe ser una adecuada enseñanza de la física pasa por la actitud y el método de trabajo de maestros y maestras.

4. Propuesta de gabinetes de ciencias naturales

Hemos recalcado en todo este documento la necesidad de disponer de un gabinete de ciencias naturales en cada centro educativo para la enseñanza de la física. Es-

te gabinete, por supuesto, cumplirá mejor su cometido cuanto más equipado se encuentre. Pero en ningún momento se debe perder de vista su finalidad principal. Conviene sacrificar la sofisticación del equipamiento de un laboratorio de enseñanza en aras de la claridad de una demostración; es decir, no conviene presentar fenómenos conceptualmente sencillos utilizando equipamiento muy sofisticado, pues se corre peligro de que el equipo empleado esconda la esencia de lo que se quiere mostrar.

En base a nuestra propuesta de contenidos esenciales, aquellos que consideramos que no pueden dejarse de lado en esta etapa de la enseñanza, este gabinete debería tener equipamiento para cubrir, por lo menos, experimentos de:

- *Fuerzas y movimiento*: ley de la caída libre de los cuerpos. Gravitación.
- *Luz*: descomposición espectral de la luz. Fenómenos de difracción e interferencia, e interpretación ondulatoria de la luz.
- *Electricidad y magnetismo*: fenómeno de inducción electromagnética. Posibilidad de intercambiar energía mecánica con energía electromagnética.
- *Estructura de la materia*: estructura atómica y molecular de la materia.

En cuanto al quinto tema fundamental, *Astronomía*, debería encararse su enseñanza con métodos alternativos al trabajo en laboratorio, como los que sugeriremos más adelante.

En muchos casos el equipamiento necesario no requiere gran sofisticación. Es, sin embargo, importante disponer de un área de trabajo y de un conjunto de materiales con los cuales planificar y desarrollar actividades de experimentación y muestra de los fenómenos naturales. Creemos, de todos modos, que se justifica plenamente una inversión presupuestaria que permita dotar a cada escuela de un conjunto de elementos que favorezcan la investigación y la experimentación por parte de alumnos y docentes. Si bien muchos fenómenos interesantes pueden experimentarse con elementos sencillos, hasta de uso cotidiano, como los que describe el manual de la UNESCO para la enseñanza de las ciencias, creemos que el contacto con equipos algo más sofisticados es altamente deseable. Dotar a cada escuela con, por ejemplo, computadoras, equipos láser, laboratorio fotográfico, sistemas de video, sería una inversión plenamente justificada.

No creemos necesario dar aquí una lista exhaustiva de elementos que debieran integrar el laboratorio. Lo central es contar con un ámbito de trabajo, y con elementos mínimos que garanticen la posibilidad de desarrollar la creatividad y la motivación para seguir estudiando. A título de ejemplo, los siguientes son algunos elementos necesarios para realizar experimentos de física en los temas principales al nivel de la Educación General Básica:

- 1) Experimentos de óptica: lentes, espejos, filtros, bancos ópticos, prismas, redes de difracción, lámparas espectrales. Sería deseable contar también con un láser y con equipo de fotografía.
- 2) Experimentos de mecánica: péndulos, relojes, resortes, bancos de pruebas.
- 3) Experimentos de electricidad y magnetismo: imanes de distinto tipo, circuitos a pilas, electroscopios, bobinas, *kits* para armar motores eléctricos, timbres, parlantes, etc.

A título exclusivamente indicativo, y como ejemplo del tipo de equipamiento para experimentos de física que podría incluirse en un laboratorio de ciencias bien dotado para un establecimiento de la Educación Polimodal, hacemos una lista del conjunto de elementos modernos que podrían conformarlo. Esta lista está basada en un catálogo de Pasco, compañía estadounidense que se dedica a la producción de equipamiento para la enseñanza de física. Creemos que sería deseable que se promoviera la producción en el país de elementos similares y se generara un programa de equipamiento de las escuelas.

- Para los experimentos de fuerzas y movimiento:

- 1) Banco de pruebas para móviles, construido sobre un colchón de aire, dotado con detectores de posición por ultrasonido y luminoso, y con disparador eléctrico para impulsar los móviles.
- 2) Dinamómetros, con posibilidad de interconectar a computadoras.
- 3) Máquina para demostraciones de movimientos ondulatorios, construida en base a péndulos de torsión acoplados, y que puede usarse para ejemplificar ondas estacionarias, propagación, resonancias, etc.
- 4) Computadoras personales tipo 386 con monitor del tipo VGA, con interfases conectadas a los equipos de medición.

- Para los experimentos con la luz:

- 1) Sistema de óptica avanzado, que incluya un láser, lentes, espejos, polarizadores, redes de difracción, medidores digitales de intensidad de luz, etc.; y que permita realizar experimentos de difracción, interferencia e interferometría.
- 2) Sistema avanzado de microondas, que permita hacer experimentos de interferencia, difracción, estudio de polarización, similares a los que se hacen con el *kit* de óptica, pero en el rango de microondas.
- 3) Fuentes para lámparas espectrales, y lámparas de diferentes elementos (Ar, CO₂, He, H, Kr, etc.).
- 4) Espectrómetro de red, para la observación de espectros.

- Para los experimentos de electricidad y magnetismo y estructura de la materia:
 - 1) Laboratorio para experimentos demostrativos de electrostática.
 - 2) Conjunto de bobinas con diferentes números de espiras, y núcleos de ferrite, para realizar experimentos con transformadores, de inducción, etc.

Esta lista es exclusivamente indicativa, puede ampliarse o modificarse de muchas maneras. La incluimos para ejemplificar el tipo de elementos que podrían equipar un laboratorio de enseñanza moderno. No es deseable tener experimentos completos totalmente preparados. Es mejor contar con elementos lo suficientemente versátiles como para permitir diseñar muchos experimentos diferentes a partir de ellos. Se deben incluir también equipos que puedan usarse tanto en forma manual como a través de una computadora, que es una herramienta muy útil en los laboratorios de investigación, y que por ser un elemento tan difundido en nuestro tiempo no debería estar ausente en los laboratorios de enseñanza.

5. Métodos complementarios y alternativos al gabinete de ciencias naturales

Para la realización de algunos experimentos dentro de los temas que hemos propuesto se necesitaría equipamiento muy sofisticado. En algunos casos, sería imposible realizar los experimentos correspondientes en la propia escuela. Para salvar en parte este inconveniente, se podría implementar el uso de material audiovisual, por ejemplo videos de clases demostrativas o de experimentos con cierta sofisticación. Sería interesante contar con varios equipos de producción de este tipo de material, en distintas regiones del país. Estos videos podrían suplir la realización de experimentos con alto grado de sofisticación o paliar, al menos parcialmente, las deficiencias de gabinetes de ciencias menos equipados.

BIBLIOGRAFIA

- HANN, Judith, 1991, *How Science works*, The reader's Digest Association, Pleasantville, Nueva York.
- LEVINAS, Marcelo L., 1991, *Ciencia con creatividad*, Buenos Aires, Aique.
- Nuevo Manual de la UNESCO para la enseñanza de las ciencias*, 1975, Buenos Aires, Sudamericana.
- PASCO Scientific 1993 Physics Experiments and Apparatus Catalog*.
- ROCHAT, Hermann, 1966, *Guía para el uso del material experimental científico Matex*, Lausanne, Matex.
- SUND, R. B. y L.W. TROWBRIDGE, 1969, *La enseñanza de la ciencia en la escuela secundaria*, Buenos Aires, Paidós.

ANEXO

NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

- Dra. Victoria BEKERIS, Profesora Adjunta del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Especialidad: Física Experimental de Bajas Temperaturas y Superconductividad.
- Dr. Hernán BONADEO, Jefe de la División Física del Sólido de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Investigador del CONICET. Especialidad: Física del Sólido.
- Dr. Francisco Piero DIODATI, Investigador del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA), categoría IDB2, y Profesor Titular de la Universidad Tecnológica Nacional y de la Universidad de Buenos Aires. Especialidad: Física del Láser.
- Dr. Julio DURÁN, Secretario de la Asociación Física Argentina. Jefe de la División Física Solar de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Especialidad: Energía Solar. En su carácter de Secretario de la AFA, derivó la consulta a Anibal Gattone y Agustín Rela.
- Dr. Guillermo DUSSEL, Profesor Titular y Director del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Investigador del CONICET. Especialidad: Física Nuclear Teórica.
- Dr. Ricardo FARENGO, Investigador de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Especialidad: Fusión Nuclear.
- Dr. Anibal GATTONE, Investigador del CONICET y de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Especialidad: Física Nuclear.
- Dr. Alejandro HNILO, Investigador del CONICET en el Centro de Investigaciones del Láser y sus aplicaciones. Especialidad: Optica Cuántica y Caos.
- Dr. Marcelo LEVINAS, Investigador del CONICET en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio y Profesor Asociado en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires. Especialidad: Teoría de Campos y Cosmología; Historia y Enseñanza de la Ciencia.

Dr. Angel MARZOCCA, Profesor Adjunto en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires e Investigador en la empresa FATE. Especialidad: Física de Materiales.

Dra. Carmen NÚÑEZ, Investigadora del CONICET en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio. Especialidad: Física Teórica de Altas Energías y Cosmología.

Walter J. Mulhall, Física

Doctor en Física, Universidad Nacional de Cuyo; Director del Area de Formación y Perfeccionamiento Docente del Departamento de Física de la Escuela de Formación Básica de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Nacional de Rosario.

SUMARIO

Análisis y propuesta para el diseño de Contenidos Básicos Comunes en Física

1. Introducción
 2. Sistema Educativo (SE)
 3. Proceso de educación
 4. Ciencia fáctica: la física
 5. Esquema de los tres espacios: estructura conceptual de una teoría física
 - 5.1. Leyes teóricas
 - 5.2. Hipótesis
 - 5.3. Semántica y sintaxis
 6. Esquema de interacción
 - 6.1. Reservorio de interacción
 - 6.2. Transferencia de información: Referencia inercial
 - 6.3. La falta de un método único
 7. Tecnología
 - 7.1. La innovación
 - 7.2. Triángulo de relaciones
 - 7.3. Calidad
 8. Propuesta de diseño curricular en Física
 - 8.1. Generalidades
 - 8.2. Conceptos y descripciones básicas
 - 8.3. Psicología cognitiva
 - 8.4. Metodología del aprendizaje
 - 8.5. Evaluación
 - 8.6. Contenidos básicos
 9. Formación de los docentes
 10. Educación y trabajo
 11. Propuesta estructural
 12. Síntesis
- Anexo: Nómina de colegas consultados

ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE CONTENIDOS BÁSICOS COMUNES EN FÍSICA

1. Introducción¹

La Ley Federal de Educación, N° 24.195, se establece para producir una transformación positiva y normar el sistema educativo nacional.

Se modifica la estructura de los niveles, reemplazando los actuales primario y secundario por una Educación General Básica (EGB) de nueve años de obligatoriedad y una Educación Polimodal (EP) de tres años como mínimo. Siendo obligatorio el último año de la Educación Inicial (EI), artículo 10 de la Ley. La Educación Cuaternaria (EC) y regímenes especiales son componentes del sistema educativo que se adosan al tronco presentado.

La definición de un diseño curricular, el de Física en nuestro caso, implica necesariamente plasmar en un proyecto pedagógico el modelo de ser humano y de nación que la sociedad aspira a alcanzar en el presente momento histórico, con la contribución significativa del sistema educativo.

Consideramos que la presente concepción de nuestro Colegio Nacional, con bachilleres generales como egresados, no satisface la demanda actual de la sociedad. El eje humanístico se debe complementar con el conocimiento científico-tecnológico para que ello permita a los miembros de la sociedad:

- a) ampliar su experiencia, dentro de lo cotidiano y acceder a sistemas de mayor complejidad;
- b) comprender los avances tecnológicos para poder operar con ellos.

La Ley prioriza la dimensión ética de las personas, siendo función de la EP conformar una educación integral que posibilite tanto la integración laboral como la prosecución de estudios.

¹ Ley Federal de Educación N° 24.195.

La sociedad cobija su sistema educativo, sistemático o no sistemático, cuya función será preparar a sus ciudadanos, desde sus primeros años, proveyéndolos del conocimiento y la formación cultural, con formación ética, solidaridad, aptitud y actitud laborales que les permita insertarse en dicha sociedad y contribuir a su desarrollo para mejorar la calidad de vida del grupo humano que la constituye. Esto implica, también, que la formación los capacita, básicamente, para que como miembros de la sociedad contribuyan al cambio de la misma, cuando se considera que los valores sobre los cuales se basa o fundamenta no son los apropiados.

A fin de precisar el alcance semántico de algunos términos utilizados, en lo anteriormente expresado, acotamos qué interpretamos por:

SOCIEDAD: el conjunto de individuos relacionados e interactuando a través de valores culturales, bienes, servicios, esfuerzos comunes y factores conflictivos.

MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA: implica incrementar la capacidad de satisfacer las necesidades de los miembros de la sociedad, tanto materiales como vivienda, alimentación, salud, transporte, etc., y no-materiales como educación, disfrute de la naturaleza, formación artística, intelectual, etc.

El desarrollo de una sociedad es un proceso continuo e incesante, con un ritmo variable según las circunstancias o factores presentes (históricos, económicos, políticos y sociales). Esto determina diferentes grados de desarrollo, que provocan grandes desigualdades.

CULTURA: repertorio de conocimientos, ideas, creencias, artes, ética, leyes, costumbres, nivel general de educación o grado de desarrollo de sus recursos humanos y cualquier otra capacidad o hábito adquirido por el ser humano como miembro de la sociedad.

Ella es el resultado de la evolución histórica, social y económica, es viva y dinámica. Define la vida y orienta la conducta del pueblo.

Establecida la base conceptual de nuestro pensamiento sobre los requerimientos generales al Sistema Educativo Nacional, nos dedicamos a continuación, y específicamente, al “Sistema Educativo” y al “Proceso de Educación”.

Luego, el trabajo se bifurca en dos ramas:

a) Una que plantea nuestra concepción de hacer física:

- Ciencia fáctica - La física
- Esquema de los tres espacios - Estructura conceptual de una teoría física

- Esquema de interacción (qué entendemos por)
- Tecnología

A continuación se establece una currícula de Física para:

- la Educación General Básica, y
- la Educación Polimodal

Terminando con nuestro pensamiento sobre el docente de Física, su formación y reciclaje.

b) Otra vinculada con la problemática *educación y trabajo*. En ella se plantea una primera parte *conceptual* y en la segunda se establece una *propuesta estructural*.

Debo puntualizar que esta parte del trabajo se elaboró con la colaboración del Ing. A. Bolis, cuya intervención ha sido fundamental en la propuesta estructural, en la cual se sintetiza un trabajo inédito de su consultora, referente a educación técnica.

2. Sistema Educativo (SE)

Su existencia, como así también las de otras instituciones, se determinará por las tareas y funciones que debe cumplir para la sociedad que lo cobija y lo soporta económicamente y por la jerarquía y calidad con que satisface los requerimientos que se le imponen.²

En la actualidad, la sociedad impone sus requerimientos al SE a través de la Ley Federal de Educación, N° 24.195/93.

Es responsabilidad del SE plasmar un ser humano que sea protagonista y fuerza dinámica de la cultura de su pueblo y de la cultura universal. Contribuyendo con su propio esfuerzo al modelo de nación a que aspira, siendo su meta fundamental mejorar la calidad de vida.

Ha caracterizado al SE argentino, en lo referente a las ciencias fácticas, que los contenidos y metodologías empleadas no guardan articulación ni atienden al proceso que ha llevado a su desarrollo. Son características básicas la acentuada tendencia hacia la reproducción del conocimiento y la falta de confrontación con lo concreto. Ha estado concebido:

² W. Mulhall y M. Massa de Llarull, 1988, "Bases y Lineamientos para un Programa de Educación en Física", en: *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 2, pp. 93-101.

- a) Con una enseñanza básica mínima, con funciones de homogeneización cultural y universalización de los instrumentos básicos, la lecto-escritura y el cálculo.
- b) Un nivel medio polarizado sobre la base de humanismo-tecnologías, como se desprende de la estructura de los bachilleratos y las escuelas con terminalidad, con un marcado acento enciclopedista que se articula en un cierto eje cultural.
- c) Un nivel superior alcanzado por algunos, que acceden así a formas más elaboradas de conocimientos y técnicas, en general, con un bajo índice de creatividad.

La responsabilidad del SE será producir la calidad y cantidad necesaria de personas que desarrollen la investigación científica como así también su aplicación al desarrollo tecnológico. La función del SE debe ser más amplia y fundamental, debe transferir no sólo los conocimientos sino las formas de pensamiento, las actitudes desarrolladas y las responsabilidades a ellos ligadas, de las personas que desarrollan el conocimiento y la tecnología.

El papel de la educación en un contexto de democracia debe ir más allá del esquema básico de universalidad y libertad de acceso a cualquier nivel. Es necesario enfatizar la calidad de los conocimientos que se transmiten y los mecanismos con que se desenvuelve la capacidad de razonamiento. La educación debe trascender el plano de la información de manera tal que el sujeto sea capaz de generar experiencias inteligentes. Erich Fromm expresó: “El fin primordial de la educación es formar hombres que sean capaces de hacer cosas nuevas y no de repetir lo que otros han dicho o hecho, es formar creadores, descubridores e inventores”. Al mismo respecto, alguien expresó: “El profesor que sólo sirve para profesor, no sirve como profesor”. Por favor, interpretar el espíritu y sentido de la oración.

El SE debe incorporar, junto al desarrollo humanístico, el pensamiento racional y la metodología de las ciencias fácticas y de la tecnología, junto con el concepto de calidad, en la formación cultural de los ciudadanos.

Quizás sea sensato plantearse la evaluación de la calidad y eficiencia de la organización de nuestro SE, evaluando su servicio educacional y sus productos, los educandos; utilizando los procedimientos actuales de evaluación de empresas.

3. Proceso de educación

El proceso de educación de un individuo pretende transformarlo desde un estado inicial de conocimiento (A) en otro estado (B) de un mayor bagaje de conocimiento y operatoria, incluyendo mejor manejo manual o experimental.

El estado de conocimiento (A) es caracterizado por la historia previa del educando e involucra: a) su nivel intelectual, conocimientos y preconcepciones previas; b) su operatoria, habilidad manual y experimental; c) su contexto social, que incluye su hogar y el modelo de sociedad.

El estado (B) es definido por los conocimientos y habilidades que se desean alcanzar.

La transformación $(A) \rightarrow (B)$ debe tener lugar en un tiempo preestablecido, por ejemplo la duración de un ciclo educativo o un año, tanto la transformación $(A) \rightarrow (B)$, como el tiempo necesario para lograrla, deben ser establecidos coherentemente. A su vez, para lograrlo se necesita establecer una metodología del proceso enseñanza-aprendizaje.

Considerando que no hay metodología aplicable al proceso enseñanza-aprendizaje que tenga éxito cuando el educando no tiene motivaciones para aprender, se debe buscar una metodología motivante, que despierte el interés del educando por el tema que se está tratando. Generalmente, esto se consigue cuando el conocimiento por adquirir se considera útil, esto es, permite interpretar o explicar hechos de la vida cotidiana y los trascendentes.

En cursos de física, aparte de su valor intrínseco, resulta motivante el abordaje histórico de los temas, además proponemos materializar una metodología constructivista, la cual tiene al educando como principal foco de atención, pues es el constructor de su propio conocimiento.

El educador juega un papel muy importante en esta metodología, pues debe tener claro el enclave conceptual y epistemológico del tema cuyo conocimiento se está construyendo.

El docente es una figura central en el proceso enseñanza-aprendizaje, en el que se capacita al educando. Su actitud debe ser activa, participativa y profesional.

Para que el docente sea protagonista y actúe como profesional de la docencia, se lo debe capacitar y rejerarquizar. Lo que entre otras cosas implica que la organización del sistema educativo sea eficiente, brindando y satisfaciendo los requerimientos bibliográficos, laboratorios experimentales, talleres y el hábitat adecuado.

Además es necesario que el salario del docente sea decente y le permita al menos, satisfacer sus necesidades mínimas.

Se deben establecer los requerimientos y estrategias apropiadas para la formación de los docentes y para los docentes actualmente en ejercicio de establecerse, un plan eficiente de reconversión y capacitación.

Los textos o bibliografía, el docente y el educando forman parte de un sistema estructurado. Por ello, la selección de los textos apropiados, libres de errores conceptuales y deficiencias significativas, es un ítem muy importante a considerar en el proceso enseñanza-aprendizaje.

4. Ciencia fáctica: la física³

Podríamos empezar por preguntarnos: ¿qué es la ciencia?, o equivalentemente, ¿qué hacen los científicos cuando hacen ciencia? Quizá se pueda contestar: “Es una construcción humana que, partiendo de los hechos o eventos observados que la naturaleza y/o la experiencia nos brindan, trata de establecer relaciones entre ellos, buscando descubrir las leyes que los gobiernan. Permitiendo interpretar o predecir lo desconocido en términos de lo ya conocido, o sea, trascender la experiencia directa.”

Para Einstein, el objeto de todas las ciencias es coordinar nuestras experiencias y aunarlas en un sistema lógico. Mientras que para Niels Bohr, el propósito de la ciencia es extender el alcance de nuestras experiencias y reducirlas al orden.

Al hacer ciencias puede concebirse que la observación de eventos se complementa con las siguientes operaciones:

a) Una operación *creadora*, en la cual el ser humano modeliza los hechos observados que son base para la asociación e introducción de conceptos, con los cuales se plantea describir los mismos. Ejemplo son: sistema, masa, velocidad, momento lineal y angular, etc.

Por ejemplo, para describir el movimiento o cambio de posición en el tiempo de un cuerpo, se introducen los conceptos de sistema, posición, tiempo, etc.

Por repetidas observaciones, controlando las condiciones de operación y con intuición y creatividad se estableció como ley “límite” con base experimental o empírica, la llamada ley de inercia: “Un sistema de masa m y dimensiones pequeñas (puntual), no sometido a ‘interacción’, se mueve conservando su momento lineal $P=mv$ siendo: v , la velocidad del sistema puntual.”

Introducidos los conceptos, a los cuales se los hace matemáticamente operativos, y como producto de una cadena hipotética deductiva se construye una estructura teórica, que constituye una imagen o “modelo” de los hechos observados.

En un modelo, el hecho o evento concreto se sustituye por un esquema ideal, con propiedades rigurosamente fijadas, sujeto a interacción con otros sistemas. Todo descrito en términos lógico-matemáticos.

Es evidente que se aspira a que las propiedades y relaciones del modelo se correspondan con las características de los hechos observados se debe recordar que la correspondencia no es total, ya que en la modelización se hace abstención de ciertas propiedades que son consideradas no-relevantes o no-controlables: i) el

³ W. Mulhall, M. Massa, S. Marchisio y P. Sánchez, 1985, *Introducción a la teoría de la estructura de la materia* (Notas).

color de una bola de billar se considera irrelevante cuando se analiza su comportamiento sometida a interacción mecánica; ii) la fluctuación de densidad y temperatura se consideran no-controlables en el análisis de ciertos procesos.

Queremos remarcar que hitos trascendentales en el desarrollo de la “ciencia física” fueron: 1) la introducción de un lenguaje lógico-formal cuando los griegos estructuraron la lógica; 2) cuando el ser humano distingue entre sus creaciones (conceptos y modelos) y los hechos de la naturaleza.

Con lo segundo, el ser humano concientiza que crea una descripción de los hechos observados y así lo primero, acepta que, a pesar del incesante cambio que observa en el flujo de fenómenos, existe un orden y una lógica subyacente.

Quizás se pueda decir que la búsqueda de ese orden lógico constituye el quehacer de la ciencia.

b) Otra operación *confrontadora*, en la cual se comparan hechos observados y construcción imaginada o modelo. Si casan los unos con los otros se ha descubierto la “realidad” que los hechos observados arcanizaban.

El modelo se desarrolla junto a ciertas hipótesis y conceptos, que dan progresivamente cuerpo a una teoría. En el espacio teórico y valiéndose de la razón como instrumento, el científico infiere y predice.

La validez de una teoría, en su rango de aplicación, reside en el número de fenómenos que es capaz de explicar y en las predicciones que se corroboran experimentalmente.

En consecuencia, se puede afirmar que el conocimiento explicativo no consiste en describir innumerables hechos brutos, sino que mediante la intuición empírica y la facultad de síntesis y el orden de la mente describe la armonía y las relaciones que vinculan los hechos producidos naturalmente o artificialmente.

Los hechos, por ellos mismos no constituyen una ciencia, pero la ciencia trata con hechos, J. H. Poincaré decía al respecto:

Ciencia se construye con hechos, al igual que una casa se construye con ladrillos, pero una colección de hechos no pueden llamarse ciencia, así como una pila de ladrillos no puede llamarse una casa.

Para entender como obra un científico, quizá resulte ilustrativo la figura que presenta Ortega y Gasset en el libro *En torno a Galileo*. A semeja la actitud del científico al de un observador que, desconociendo el juego de ajedrez, se acerca a una pareja que lo practica. El allegado silenciosamente observa el movimiento de las piezas durante la partida. El análisis de las sucesivas jugadas de ésta y quizás otras partidas, lo llevan a descubrir las reglas del juego.

La línea de pensamiento, que denominaremos “pensamiento científico”, se desarrolla juntamente al desenvolvimiento de un cierto “código” y un “lenguaje” que le es propio. En el proceso de evolución de las ciencias, el pensamiento, el código y el lenguaje están indisolublemente ligados. Se han desarrollado en el tiempo hasta alcanzar sus formas actuales, evidentemente no definitivas.

5. Esquema de los tres espacios: estructura conceptual de una teoría física⁴

La física, al dar una visión de la naturaleza basada en la permanente interacción de unos pocos componentes (electrones, protones, neutrones, fotones, etc.), respetando ciertos principios de conservación, ha producido una maravillosa síntesis que ha permitido o posibilitado una serie de desarrollos tecnológicos que caracterizan nuestra civilización. Esta gran unidad del método de análisis de los fenómenos naturales ha llevado a que las otras ciencias fácticas hayan ido convergiendo hacia la física, al reconocer que los fenómenos que ellas estudian son, en definitiva, manifestación de la estructura atómica molecular de la materia y, por lo tanto, requieren los mismos principios para su aplicación.

Un buen conocimiento del proceso de configuración de una teoría permite orientar las actividades docentes para el desarrollo de la abstracción, la representación y las operaciones que caracterizan el pensamiento científico.

El esquema de los tres espacios se presenta como un referencial para el análisis del proceso de construcción de una teoría física. El mismo ha sido estructurado basándonos en los criterios y relaciones con que los físicos han ido configurando la ciencia como construcción humana, con dos componentes básicos: a) la creadora; b) la confrontadora.

Un evento, un proceso o determinado comportamiento detectado en el universo físico por el científico, se constituye en un elemento motor para la búsqueda racional del conocimiento. Dada la amplia y compleja gama de relaciones en que se desenvuelve dicho fenómeno, el sujeto adopta una primera actitud científica: aislar mentalmente su objeto de estudio, esto es, precisa su “sistema de estudio”. Surge así, en el espacio de los hechos observables, la distinción entre un sistema dentro del medio ambiente en relación con otros sistemas, con las múltiples interacciones que los vinculan.

⁴ W. Mulhall y M. Massa, 1987, “La construcción de modelos como base para generar la estructura conceptual de una teoría física”, *Memorias de la V Reunión Nacional de Educación en la Física*, Mar del Plata, pp. 394-400.

La necesidad de definir el sistema hace que el científico establezca sus propiedades. Entre ellas seleccionará aquellas que, como hipótesis de trabajo, considera relevantes en relación con la problemática que intenta abordar. Vincula a los atributos o propiedades del sistema conceptos (entes teóricos) que los definen.

Podemos pensar que se establece una correspondencia biunívoca entre el espacio de los atributos y el de los conceptos.

La definición de tales conceptos es un proceso creativo. Es el científico el que caracteriza el atributo con determinada definición. Las correspondencias establecidas, consideramos que funcionan como “principios puentes” entre ambos espacios. Relacionan elementos abstractos, los conceptos, con elementos empíricos. El significado de concepto, así como el criterio para establecer los “principios puentes”, comienza a configurar el contexto de la teoría.

La definición debe ser operativa, para ello se formula una nueva correspondencia, entre el espacio de los conceptos y el de los entes matemáticos representativos o “espacio formal”. O sea, a cada concepto se le hace corresponder un cierto ente matemático que lo representa. Esta correspondencia, no sólo introduce al ente matemático, sino que, conjuntamente, incorpora la estructura matemática asociada. Esta correspondencia se interpreta como “principios puentes” entre ambos espacios y define el marco de la estructura teórica que se está construyendo.

Por lo anteriormente establecido, se tiene que si la representación de un concepto es un vector, queda incorporada en la teoría el álgebra y el análisis vectorial. Las operaciones propias de la estructura formal pasan a funcionar como “principios internos” de la teoría.

Se completa o define el concepto estableciendo los mecanismos de medición, que permitirán asociarle al atributo un valor numérico. Con ello, la propiedad alcanza la categoría de “observable físico”, o sea, que esto permite trabajar sobre el espacio de los hechos observables a nivel de las mediciones.

El sistema se caracteriza por un conjunto de observables “relevante” en relación con el hecho que interesa y “completo” en el sentido que provee la máxima información del mismo. Los valores asociados a estos observables, por medición o teóricamente, en un instante determinado definen el estado del sistema en aquel valor de la variable temporal.

El conjunto de hechos observados, asociados con el sistema, se van acumulando sistemáticamente. El científico no procede a ciegas. Ordena y clasifica sobre la base de sus propias conjeturas o bien con criterios que sintetizan la experiencia de la ciencia, en los múltiples procesos de prueba error, en ella vividos. Ordena y clasifica, a los efectos de detectar regularidades o relaciones matemáticas entre observables. Estas relaciones formulan las “leyes empíricas”. La teoría se establece, primariamente, para dar un marco explicativo a las leyes empíricas.

La teoría puede estar expresada por los observables que caracterizan al modelo del sistema físico como en la física clásica, o con entidades abstractas que no corresponden a observables físicos como la función de estado u onda de la mecánica cuántica.

Ahora bien, como la teoría intenta interpretar o predecir los fenómenos, debe siempre admitir una derivación contrastadora, o sea que a los observables se le pueda asociar un número (su medición), correspondiente al estado del sistema.

5.1. Leyes teóricas

En un determinado marco teórico se puede plantear un modelo de situación de un sistema y, por un proceso hipotético-deductivo, inferir relaciones no observadas aún.

La contrastación experimental positiva de las leyes teóricas sirve de aval a la teoría de referencias, que así muestra su carácter predictivo.

5.2. Hipótesis

Cuando los hechos acerca de un problema son conocidos y reunidos, el científico se encuentra con aquella parte de su investigación que requiere mucho de su imaginación. Debe formular una posible solución a su problema. Esto se llama o conoce como “la formulación de una hipótesis”. Sin hipótesis, continuar investigando está falto de propósito y guía.

La formulación de hipótesis es un hecho subjetivo, su formulación no se enseña. Sin embargo, la educación científica debe favorecer y desarrollar la actitud para formular hipótesis.

En la expresión de C. Hempel:

No hay reglas de inducción generalmente aplicables por medio de las cuales se puedan derivar o inferir mecánicamente hipótesis a partir de datos empíricos. La transición de los datos a la teoría requiere de imaginación creativa. Las hipótesis y teorías científicas no se derivan de los hechos observados sino que se inventan para dar cuenta de ellos. Son conjeturas relativas a las conexiones que se pueden establecer entre los fenómenos que se están observando, y relativas a las uniformidades y regularidades que subyacen a éstos.

Es posible reconocer distintos modelos de hipótesis, que determinan el desarrollo de diferentes tipos de pensamientos. Se pueden mencionar:

- a) Aquellas que son sugeridas por las relaciones empíricas (pensamiento casual).
- b) Aquellas que se derivan de otros modelos previos ya propuestos en relación

con una descripción afín o que se han desarrollado en otro contexto y que se aplican por analogía (pensamiento analógico).

c) Aquellas que se caracterizan por ser originales, suponen un cambio radical de los modos comunes de pensamiento (pensamiento trascendente). Este tipo de hipótesis puede modificar o cambiar un paradigma, entendiéndose por tal un modelo general de interpretación que enmarca determinadas concepciones, principios y criterios que se aplican al concebir modelos específicos vinculados a situaciones concretas; generalmente se enuncian para reemplazar otra hipótesis que presenta inconsistencia con algún testimonio contrastador.

Por otra parte, las hipótesis pueden hacer referencia a aspectos vinculados con la configuración de una teoría. Así se puede reconocer:

- 1) Las que generan el modelo, en el marco de un paradigma, al conjeturar el sistema completo de observables relevantes, que representan al objeto observado.
- 2) Las que definen los sistemas con interacciones que escapan a la observación, caso de la interacción gravitatoria.
- 3) Las que se vinculan con el enunciado de algún concepto límite, como el de *proceso reversible*.
- 4) Las que se formulan en términos de leyes que se presume gobiernan las variables teóricas vinculadas con el modelo. Por ejemplo: Ley de la conservación de energía.

Las hipótesis pueden actuar como “principios puentes” o “principios internos”. El contexto de hipótesis configura el “modelo”.

5.3. Semántica y sintaxis

Con la teoría de la mecánica cuántica y con la interpretación de Copenhague, se puso en evidencia que una teoría debe completarse con su interpretación. Una teoría cerrada, en el sentido de Heisenberg, consiste en una estructura matemática, una semántica física y un orden o sintaxis.

La semántica tiene por finalidad establecer el significado de las palabras, dicho significado sólo se puede expresar usando otras palabras. Esto lo expresaba N. Bohr en danés: “*Vi haenge i sproget*” que puede traducirse, “estamos colgados del lenguaje”.

La semántica de una teoría cerrada debe referirse a un lenguaje que existía anteriormente a la invención de la nueva teoría y que es necesario para hacer la nueva teoría posible.

6. Esquema de interacción⁵

Las ciencias fácticas o experimentales, como la física, operan sobre un universo de observables que se presentan en una infinidad de sucesos naturales.

En los distintos procesos, realizados conforme a una gran variedad de condiciones, se vislumbra la existencia de relaciones que tienden a mantenerse constantes dentro de la complejidad de las transformaciones simultáneas. Esta constancia no parece ser una mera coincidencia, sino que tiende a sugerir la existencia de cierto orden o lógica subyacente.

El físico, el químico, el biólogo, etc., se dedican así, a la búsqueda de regularidades para establecer una estructura con orden y significado. La única justificación de nuestras estructuras mentales está en el grado en que se comparan las teorías con los hechos observados.

La enseñanza de la física debe apoyarse sobre una estructura lógica, a través de la cual se introduce gradualmente al educando en los niveles de conceptualización operados en el campo científico y en el formalismo matemático, necesario para hacer operativos los conceptos.

El esquema lógico que se elige respeta una concepción profesional y simultáneamente favorece un pensamiento abierto a las posibilidades de cambio que se producen en la ciencia.

Se considera que la conceptualización, junto con “el esquema de interacción”, permitirá difundir los conocimientos científicos, minimizando el empleo de las herramientas de cálculo, lo que permitirá propagar la educación en física como componente cultural.

La física se desarrolla sobre conceptos primarios de naturaleza sensorio-genéticos, tales como:

- Espacio
- Tiempo
- Materia
- Energía

y los principios de conservación y leyes experimentales asociadas, como:

⁵ W. Mulhall, M. Massa *et al.*, 1985, “Propuesta para una organización conceptual de física general: el esquema de interacción”, *Memorias de la IV Reunión Nacional de Educación en la Física*, Tucumán.

- Conservación de la masa
- Conservación del momento lineal
- Conservación de la energía
- Principio de irreversibilidad

Cada observación supone la objetivación de su origen en el espacio y la ordenación en el tiempo, con un carácter netamente relativo, ya que se ubica y ordena una observación particular en el conjunto de todas ellas. Ello determina cuatro aspectos básicos:

- a) El carácter netamente relativo de las nociones de espacio y tiempo.
- b) El reconocimiento implícito de que toda observación y toda teoría asociada a ellas, se elabora desde un sistema de referencia directamente vinculado a un observador.
- c) La validez o igualdad de las leyes y de las mediciones para observadores situados en el mismo referencial.
- d) La necesidad de discutir la transferencia de información entre distintos referenciales y así universalizar el conocimiento.

El concepto de interacción entre sistemas está caracterizado por:

- i) Un sistema material inerte libre de interacción no cambia su estado, en consecuencia, cuando un sistema cambia su estado, está en interacción con otro sistema.
- ii) El intercambio energético.

En el “esquema de interacción” se considera el *universo físico* (U) conceptual y operativamente compuesto por los siguientes elementos:

- 1) *Sistema* (S): es la porción de universo cuyo comportamiento interesa estudiar y se lo caracteriza por su cantidad de materia y de energía y otros observables relevantes para el fenómeno en estudio.
- 2) *Medio ambiente* (MA): constituido por el resto del universo o sistema complementario ((U)=(S) U (MA)).
- 3) *El observador* (O): es el que adopta la actitud científica de aislar el sistema, su objeto de estudio. Se autodiferencia tanto del sistema como del medio ambiente. El observador se separa con todos los instrumentos con que recaba información, adopta su referencial espacio-temporal y a él refiere los datos recogidos.

El sistema S' evoluciona en el tiempo, cambia su estado esencialmente por la interacción entre (S) y (MA). Ahora bien, la observación y el proceso de medición son

esencialmente ejecutados por (O), la existencia de contingencias no controlables conducen a incertidumbre en las mediciones. En consecuencia, los tres subsistemas: observador, sistema y medio ambiente están en interacción en el acto de observación.

En física clásica o determinista se desprecia o considera controlable las interacciones entre (S) y (O) y entre (MA) y (O). Esta hipótesis no es aceptada en física cuántica, en este caso (O) se plantea un formalismo no determinista (probabilístico).

El análisis de la interacciones permite establecer su categorización:

- Interacción mecánica.
- Interacción térmica.
- Interacción electromagnética.

6.1. Reservorio de interacción

Cuando el medio ambiente absorbe la interacción sin modificar su variable característica, o sea, la acción de (S) sobre él, cuando ambos interactúan se dice que es “reservorio de la interacción” (concepto límite). Por ejemplo, un reservorio de calor no modifica su temperatura cuando cede o recibe una cantidad finita de calor.

Cuando el medio ambiente no es un todo reservorio, la porción (S), “no reservorio de (MA)” debe considerarse como parte del sistema.

6.2. Transferencia de información: Referencial inercial

La universalidad del conocimiento científico exige que la información de observación asociada a un observador (O_1) sea transferible a otro observador (O_2). Estando este último en una relación dada de transformación respecto a (O_1). Esto permite en un determinado marco teórico, comparar y correlacionar ambas observaciones, las realizadas por O_1 y O_2 , de un mismo evento.

La mecánica clásica (no-relativista) introduce como sistema de referencia el referencial *inercial*, como aquel en el cual un cuerpo libre, no interactuante, no es acelerado.

Desde que la ausencia de interacción sólo puede ser detectada por la ausencia de aceleración, al menos que todas las fuentes de interacción sean conocidas, un referencial inercial no es estrictamente definible.

Otros autores introducen el referencial inercial como aquel para el cual el espacio es homogéneo e isótropo. El espacio presenta estas simetrías cuando no hay fuentes de interacción.

Las leyes de la mecánica clásica son invariantes con respecto a la transformación de Galileo que conecta referenciales de un sistema de referenciales inerciales, suele expresarse por los referenciales inerciales; son equivalentes.

Las ecuaciones de Maxwell para el electromagnetismo, esencialmente la ecuación de onda, no son invariantes por la transformación de Galileo, conectando sistemas inerciales.

Se pueden considerar que esta inconsistencia llevó a establecer la teoría restringida de la “relatividad”, que postula la equivalencia de todos los sistemas inerciales, pero la ley de transformación que conecta dos sistemas inerciales no es la de Galileo sino la de Lorentz, llevando por ello a la reformulación de la mecánica.

6.3. La falta de un método único

Frecuentemente se sugiere que el éxito de la ciencia es el resultado de aplicar el “método científico”. Pero si por método científico se interpreta el conjunto de normas y reglas, según el cual los científicos de ahora y del pasado han realizado su trabajo. Es evidente que no existe. Sin embargo, hay un código de comunicación del trabajo que se utiliza una vez realizado el mismo.

Se comprende el deseo de establecer un procedimiento a seguir en todo trabajo científico, ello beneficiaría el campo de la educación. Pero como se ha puntualizado anteriormente, la descripción de los eventos naturales exige mucha creatividad en la formulación de hipótesis.

El proceso de descubrimiento ha sido tan variado como el temperamento (o ángel) de los científicos. Como ejemplo puede citarse: a) Darwin decía que había obtenido una teoría con la cual trabajar, mientras leía “por entretenimiento el tratado de Malthus sobre la población”; b) una de las contribuciones de Kekulé en la química le vino durante el sueño.

Casos similares han sucedido a los científicos en todos los campos. No obstante, ciertos elementos de la construcción de la ciencia física, son de aceptación general:

- a) Causalidad.
- b) Lógica u orden interno del comportamiento de los eventos naturales.
- c) Creatividad, que involucra entre otras cosas hacer las hipótesis que:
 - c_1) establecen el conjunto completo de observables relevantes, que representan o definen teóricamente el sistema de estudio;
 - c_2) definen la interacción del sistema de estudio, con otros sistemas;
 - c_3) definen el comportamiento del modelo, dentro de un paradigma.
- d) Contrastación experimental de los resultados teóricos obtenidos. Einstein sostenía: “si no existe el desplazamiento de las rayas espectrales hacia el rojo, la teoría general de la relatividad es insostenible.”

7. Tecnología

La entendemos como el conjunto ordenado de conocimientos utilizados en la producción y comercialización de bienes y servicios. Se destaca que el conjunto de conocimientos que definen una cierta tecnología está integrado no sólo por conocimientos científicos provenientes de las ciencias fácticas, formales o sociales, sino también por conocimientos empíricos. Es fundamental la aplicación de principios racionales, en el control o reordenamiento del espacio; la materia, la energía, la informática y los recursos humanos, son fines y funciones relacionadas con necesidades humanas.

Si bien la ciencia y la tecnología tuvieron su origen y desarrollo inicial por caminos diferentes (fruto de la separación entre mente —conocimiento racional— y mano —conocimiento práctico—) es hoy indudable su interrelación. La continua expansión de la investigación científica dedicada a la exploración de los secretos de la naturaleza y a su control para su utilización social, es un estímulo cada vez más importante para el desarrollo tecnológico. Recíprocamente la tecnología ha posibilitado la apertura de nuevos campos del conocimiento y acelerado el desenvolvimiento de otros.

El acontecer tecnológico transcurre en el espacio de las estructuras productivas de bienes y servicios, por ello los programas de política científica y tecnológica deberán ser coherentes con las circunstancias socio-políticas y económicas de la sociedad. La concientización de esta situación, por toda la sociedad o por la gran mayoría de los individuos que la conforman, indica la clara necesidad de que el sistema educativo produzca una cultura que incorpore el racionalismo de la ciencia y de la técnica.

7.1. La innovación

Con este concepto significamos la incorporación del conocimiento —propio o ajeno— con el objeto de generar o modificar un proceso productivo de bienes o servicios. Se diferencia del descubrimiento científico y del invento.

El descubrimiento es la puesta en evidencia de un comportamiento natural. El bombeo óptico se inscribe en esta categoría. El invento es un principio nuevo de funcionamiento imaginado para alcanzar un objetivo. El láser es el nuevo invento que explota el descubrimiento del bombeo óptico. Un invento no es necesariamente útil ni necesariamente susceptible de realización práctica.

La innovación técnica es la aplicación de una idea nueva, llevada a su realización concreta. El encuentro de lo técnicamente posible con lo socio-económicamente deseado es una innovación tecnológica.

La innovación tecnológica no puede desarrollarse si termina en un objeto fabricable que no encuentra compradores por ser demasiado caro o por ofrecer un ser-

vicio insuficiente, para justificar el reemplazo de otros objetos, o que choca con intereses económicos o culturales.

Por ejemplo, el supersónico Concorde, toda una innovación técnica, se encontró en condiciones económicas desfavorables (la crisis petrolera entre otras). Inversamente, si no se logra poner técnicamente a punto un producto, sea cual fuere su demanda de mercado, se vuelve a la situación anterior. Tal fue el caso de los Comet, primeros aviones comerciales a chorro, que debieron ser retirados de circulación luego de una serie de catástrofes causadas por un problema no resuelto de fatiga de materiales.

No basta con que se encuentren lo posible y lo deseado para que germine la innovación, también es necesario un innovador capaz de revelar la existencia de esa potencialidad.

7.2. Triángulo de relaciones

Enfocada como un proceso político conciente, la acción de insertar la ciencia y la tecnología en la misma trama del desarrollo significa saber dónde y cómo innovar. La experiencia constituye el resultado de la acción múltiple y coordinada de tres elementos fundamentales en el desarrollo de las sociedades contemporáneas: el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica. Podemos imaginar que entre estos tres elementos se establece un sistema de relaciones que se representaría por la forma geométrica de un triángulo en donde cada uno de ellos ocuparía los vértices respectivos.

Como consideramos que los miembros de cada una de las estructuras anteriormente mencionadas deben estar conscientes del papel que desempeñan la ciencia y la tecnología en el desarrollo de la sociedad. Y como consideramos al sistema educativo el responsable principal de esa concientización, complementando el triángulo de Sabato y Botana, con un sistema central, que se conecta con los tres vértices y que representan el sistema educativo.

7.3. Calidad

Es un concepto ligado a un producto o un servicio y que mide su aptitud para el uso o para satisfacer los requerimientos del usuario.

La aceptación por el mercado de un producto o servicio, está íntimamente relacionado con su calidad y precio. Después del éxito comercial de las empresas japonesas, casi todas las empresas montan su estructura con el eje de la calidad: su finalidad es satisfacer al usuario.

Consideramos que todos tienen derecho a recibir productos y servicios de calidad, y que el sistema educativo debe colaborar a concientizar dicho derecho.

8. Propuesta de diseño curricular en Física

8.1. Generalidades

El esquema de contenidos básicos se propone para la EGB y la EP.

Hoy nadie discute la importancia de la enseñanza de las ciencias, quizá sea por la gran acumulación de conocimientos y su rápida aplicación tecnológica. Por ello consideramos que se debe dar cabida a contenidos científicos en todos los niveles de educación general.

Para proponer un diseño curricular en el área de las ciencias de la naturaleza se tuvo presente que muchos de los educandos que concurren a la EGB y EP no desarrollarán profesión científica; por ello se considera importante que los educandos adquieran un razonable buen manejo del saber científico o explicativo, con sus bases conceptuales y procedimentales, que les permita abordar, con visión crítica y pensamiento reflexivo una interpretación de los hechos de la vida cotidiana, un oficio o profesión.

Recordemos que la física es una ciencia fáctica o de la naturaleza y que su conocimiento se construye con la búsqueda de un orden lógico que, se acepta, subyace a los continuos cambios que muestran los eventos naturales.

Quizá lo más difícil para el aprendizaje y manejo de las ciencias naturales es que, en la estructuración del conocimiento científico, las cosas no se explican como se ven. No prima lo que se denomina el “sentido común”.

En efecto, lo sintético y universal del conocimiento científico actual, o saber explicativo, utiliza situaciones límite o extrapoladas, que no se observan en la naturaleza. Por ejemplo, en mecánica se tiene el principio de inercia, cuando un sistema no interactúa con ningún otro, conserva su estado de movimiento o velocidad, respecto a un determinado sistema de referencia.

En el proceso de construcción del conocimiento se reemplazan o describen los hechos observados, mediante una imagen o modelo. En la construcción de un modelo se utilizan conceptos, definidos para tal fin. Su representación matemática los hace operativos. Por ejemplo, para describir el movimiento o cambio de posición en el tiempo de un cuerpo, se utilizan los conceptos de posición, tiempo, velocidad, etc. La definición de un concepto y su representación formal es un proceso creativo, en el cual el científico caracteriza un atributo del sistema en estudio.

El conjunto de conceptos fundamentales y sus correspondientes representaciones definen un paradigma o teoría general cerrada.

Un modelo se construye dentro del marco de un paradigma y como producto de una cadena hipotético-deductiva, se genera una estructura teórica de lo observado.

La historia de la física ha mostrado que cuando en el marco de un paradigma no se pueden explicar ciertos hechos observados, se puede generar un nuevo paradigma, como sucedió con la física clásica y la física cuántica.

Se completa o define un concepto, estableciendo los mecanismos de su medición, que permitirán asociarle al atributo un valor numérico. Con ello, el concepto alcanza la categoría de observable.

Esto permite trabajar sobre los hechos observables a nivel de las mediciones.

Evidentemente, se aspira a que las propiedades y relaciones del modelo se correspondan con las características de los hechos observados. Esta correspondencia no es total; en la modelización se hace abstención de ciertas propiedades que son consideradas no relevantes o no controlables.

8.2. Conceptos y descripciones básicas

Para iniciar la búsqueda del conocimiento explicativo, el sujeto racionalmente adopta una actitud científica, aísla mentalmente su objeto de estudio, precisa su sistema, ubicándolo en el espacio y observando su evolución en el tiempo, asociando una apropiada geometría al continuo espacio-tiempo.

Surge así, en el espacio de los hechos observables, la distinción entre un sistema dentro del medio ambiente, en relación con otros sistemas, mediante las múltiples interacciones que los correlacionan.

Para definir el sistema, dentro de un marco teórico, el científico establece sus propiedades o atributos; seleccionando aquellos que considera relevantes para la problemática que intenta abordar. Vinculando a los atributos, conceptos, esencialmente observables, para describir los eventos observados.

La definición de los conceptos es un proceso creativo muy complejo y que suele involucrar un apreciable tiempo.

La observación del sistema supone la objetivación de su origen en el espacio y su ordenación en el tiempo, con un carácter netamente relativo, ya que se ubica y ordena una observación particular con respecto a un observador. Lo que implica cuatro aspectos básicos:

- a) El carácter netamente relativo de las mediciones de espacio y tiempo.
- b) El reconocimiento de la importancia del sistema de referencia, vinculando al observador.
- c) La igualdad de leyes y mediciones, para observadores situados en el mismo referencial.
- d) Para universalizar el conocimiento es necesario analizar la transferencia de información entre distintos referenciales u observadores.

La física se desarrolla sobre conceptos primarios o ejes de construcción, tales como:

Espacio - Tiempo
Masa - Energía

y los principios de conservación y leyes experimentales como:

- conservación de la masa;
- conservación de la energía;
- conservación del momento lineal;
- ley de irreversibilidad

e introduciendo conceptos como el de simetría.

Las descripciones fundamentales de la física clásica utilizan los conceptos de:

- a) partícula: con localización de momento lineal y energía
- b) campo: sin localización de los conceptos fundamentales. En esta descripción se tiene el movimiento ondulatorio u ondas.

En la construcción de la ciencia física un sistema cambia de estado por interacción con otros sistemas. El análisis permite, en la física clásica, establecer una categorización de las interacciones en:

- Mecánica
- Térmica
- Electromagnética

Cuando se ha reunido una buena cantidad de información sobre el problema que se está considerando, el científico se encuentra en aquella parte de su investigación que requiere mucho de su imaginación, debe formular una posible solución a su problema. Esto se conoce como la formulación de una hipótesis. Sin hipótesis, continuar investigando está falto de propósito y guía.

Consideramos que la formulación de hipótesis es un hecho subjetivo, su formulación no se enseña. No obstante, la educación científica debe favorecer y desarrollar la actitud para formular hipótesis.

8.3. Psicología cognitiva

Se puede considerar que las personas disponen de diferentes tipos de conocimientos de los fenómenos, el descriptivo, el procedimental y el explicativo, bien diferenciados y que cumplen funciones distintas.

La enseñanza de las ciencias fácticas no debe descuidar la importancia de estos conocimientos. Por ello, se hace una somera descripción de lo que se entiende por cada uno de los conocimientos enunciados:

- a) Un saber descriptivo consiste en el conocimiento factual del universo.
- b) Un saber procedimental consiste en los procedimientos efectivos de que se dispone para actuar sobre el universo.

El conocimiento descriptivo describe cosas que se saben y pueden expresarse:

- las noches son oscuras
- los pájaros vuelan
- los objetos de madera flotan en el agua
- los terrones de azúcar se disuelven en agua

o por qué es preciso ejecutar las acciones con un procedimiento determinado, por ejemplo: hay que presionar el embrague cada vez que se cambie de marcha.

El conocimiento explicativo o saber “por qué” no sería reducible a los anteriores e implica el dominio de la construcción de modelos que darían significado a los hechos.

La comprensión de la ciencia está fundamentalmente relacionada con el conocimiento explicativo, el cual se encuentra fuertemente ligado a los conocimientos conceptuales u procedimentales. No siendo fácil, a veces imposible, la separación de dichos conocimientos.

El educando debe ser introducido al pensamiento científico, con sus actitudes, códigos y procedimientos. Es sumamente importante la formación de una “actitud científica”, basada en conocimiento y desarrollo de habilidades.

El desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje de los contenidos básicos, que se propondrán, en los diferentes ciclos de la educación; deben estar fuertemente influenciada por la psicología cognitiva piagetiana, con sus pensamientos concreto y formal. No debe forzarse, al desarrollo de una estructura formal, al educando cuya edad no lo habilita para ello, porque se encuentra en la etapa del pensamiento concreto.

8.4. Metodología del aprendizaje

El proceso de enseñanza de la física consiste fundamentalmente en promover un cambio de ideas y representaciones, intuitivas y erróneas en la mayoría de los casos, con el fin de acercar al entramado conceptual del conocimiento científico, tal como aparece estructurado en el momento actual. Puntualizamos que la forma-

ción debe ser acompañada por información y procedimientos.

Es necesario partir en la enseñanza del nivel de desarrollo mental e intelectual del educando, conectando los conocimientos previos con los materiales de aprendizaje, para lograr la construcción de *aprendizajes significativos*.

En este proceso de enseñanza-aprendizaje, el educador desempeña un papel muy importante, siendo crucial que esté capacitado para crear una actitud crítica y reflexiva. Conocer cómo se construye el conocimiento científico, mediante la modelización de los hechos y, además, establecer métodos de investigación, en el nivel o ciclo que se haya capacitado para actuar.

En el área de ciencias de la naturaleza consideramos que se debe adoptar una concepción del aprendizaje basada en lo que se conoce como *constructivismo*, este enfoque plantea que:

Los educandos construyen su conocimiento a partir de sus ideas y representaciones previas.

En la *Psicología educativa* de Ausubel, Novak y Hamesian se expresa:

Si se tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno sabe. Por lo tanto, averigüese esto y enséñese en consecuencia.

En averiguar y conceptualizar lo que el alumno sabe está la ambigüedad del constructivismo, pues de ello se pueden derivar implicaciones sustancialmente distintas.

8.5. Evaluación

El método de evaluación se debe conformar coherentemente con el diseño curricular. No sólo permitirá evaluar al educando, sino también a las estrategias metodológicas y metodologías utilizadas.

Sólo se aconseja un tratamiento justo y no estresante para el alumno.

8.6. Contenidos básicos

8.6.1. Generalidades

Los contenidos básicos se proponen para que con un apropiado desarrollo de los mismos se genere en los educandos:

a) Una actitud y aptitud de análisis crítico y reflexivo, que se soporte en el conocimiento científico.

b) Una capacidad que le permita explicar eventos de la vida cotidiana y comprender hechos trascendentes.

Para ello se considera apropiado para el desarrollo de los contenidos básicos a proponerse el planteo de una lógica espiralada. Los temas se revén con mayor amplitud y profundidad para generar en el educando:

- i. Un encauzamiento de la curiosidad espontánea sobre el medio y lograr formar una actitud científica en edad temprana. El aprendizaje de las ciencias implica observar, comparar, interrogar, dudar, suponer, verificar.
- ii. Un saber descriptivo y procedimental de los eventos naturales que observa, o desea provocar.
- iii. Un saber explicativo de razonable buen nivel.

8.6.2. Propuesta de contenidos básicos

Con los requerimientos planteados se propone una misma currícula de contenidos básicos para la EGB y EP, con diferente aproximación a los temas listados. Se propone:

A)

- ¿Qué es hacer física?
- Proceso de medición. ¿Cómo se hace una ciencia natural?
- ¿Qué es medir?

Evidentemente la medición nos saca del caos y nos permite transferir información, comercializar, etc. Con referencia a las mediciones, proponemos:

- Incertidumbre de una medición
- Medición de longitud, tiempo y masa o cantidad de materia
- Sistema de unidades
- Incertidumbre casual, valor más probable.

B) MECANICA

Tanto histórica como lógicamente, la mecánica representa el fundamento de la física y el prototipo de estudio de las otras ramas. Los conceptos que se introducen en Mecánica aparecen reiteradamente. Ya en tiempos de Galileo existía el axioma:

IGNORATO MOTU, IGNORATUR NATURE

B1) CINEMATICA

- ¿Qué es el movimiento? Espacio, tiempo
- Sistema de referencia
- Velocidad
- Aceleración
- Caída de los cuerpos
- Tiro oblicuo, superposición

B2) ESTATICA

- Nociones elementales de la Estática conocidas por los antiguos griegos
- Concepto de interacción: fuerza, frotamiento, peso, masa gravitatoria, equilibrio, balanza, máquinas simples.
- Fuerza: inercia de la masa.

B3) LEYES DEL MOVIMIENTO

El sistema filosófico de Aristóteles para describir los hechos naturales estaba marchitándose bajo los ataques de hombres como Galileo e iba a ser reemplazado por una Nueva Filosofía de la Ciencia Experimental. Esta había logrado ser respetada cuando Newton formuló las leyes del movimiento y, mediante la introducción de la ley de Gravitación, pudo explicar las leyes de Kepler.

- Leyes del movimiento
- Sistema de referencia inercial
- Caída de los cuerpos
- Péndulo: oscilaciones
- Trabajo
- Energía mecánica: cinética y potencial
- Mecánica relativa

C) ASTRONOMIA

Muchos de los métodos e ideas directrices de la ciencia fueron intuitos cuando se intentó reducir al orden el movimiento aparentemente caótico de las estrellas, sol, planetas y Luna.

Aunque existe una amplia evidencia de que civilizaciones primitivas, en numerosas partes del mundo, habían recopilado jalones importantes del conocimiento as-

tronómico y matemático, podemos situar los comienzos de la ciencia, tal como actualmente se la conoce, en la mente creativa e imaginativa de los grandes pensadores griegos.

- Cuerpos celestes
- Sistema planetario
- Historia: teorías geocéntricas y heliocéntricas. Leyes empíricas de Kepler
- Estaciones, eclipses, etc.
- Gravitación universal
- Explicación teórica de las leyes de Kepler

D) FENÓMENOS TERMICOS - ENERGIA

La teoría de los fenómenos térmicos nace en el siglo XIX, cuando se quiere incrementar la eficiencia de las máquinas térmicas.

El vocablo *energía* fue establecido a fines del siglo XIX. La misma es una propiedad que tienen los sistemas y que cuando ellos interactúan se transfiere de uno a otros y se relaciona con el cambio de estado de los sistemas interactuantes. Es un concepto que desempeña un papel unificador en el desarrollo de la física.

- Sistema
- Pared adiabática
- Interacción térmica: temperaturas y calor
- Temperatura empírica
- Termómetros: escalas
- Dilatación de los cuerpos
- Cambios de estado de agregación
- Gases de equilibrio: termómetro de gas
- Energía interna, trabajo y calor. Principio de conservación de la energía
- Procesos. Irreversibilidad. Entropía: temperatura termodinámica. Máquinas térmicas.

E) MEDIOS CONTINUOS - LIQUIDOS Y SOLIDOS

Del conocimiento de la hidrostática y de la mecánica de los fluidos en movimiento hacen uso muchos equipos y accesorios de uso cotidiano, como la distribución domiciliar de agua.

Así como el comportamiento de los cuerpos sólidos a diferentes solicitaciones de carga.

La teoría de los medios continuos, establecida en el siglo XIX, hace uso de la descripción o teoría de campos.

- Modelo continuo de la materia: sólidos y fluidos
- Hidrostática: presión
- Ley de Pascal
- Ley fundamental
- Flotación
- Tensión superficial
- Capilaridad
- Estática del sólido: solicitaciones y deformaciones
- Fluidos en movimiento: caudal, viscosidad, pérdida de carga
- Vuelo de un avión

F) ELECTROMAGNETISMO

Las experiencias con materiales eléctricos y magnéticos se remontan a varios siglos atrás, pero los fenómenos de inducción fueron descubiertos por M. Faraday, alrededor de 1830, resultando muy grande su impacto tecnológico, con la aparición de los motores y generadores eléctricos, los transformadores, etc.

La energía eléctrica, fácil de transportar, se utiliza en iluminación, funcionamiento de electrodomésticos y otros.

Maxwell logró una gran síntesis teórica de los procesos electromagnéticos, utilizando la teoría de campos e introduciendo el concepto de corriente de desplazamiento. Ello lo llevará a postular la existencia de ondas electromagnéticas, luego descubiertas por Hertz, lo que hizo posible una gran revolución en las comunicaciones, apareciendo la radio y otros equipos.

- Fenómenos eléctricos y magnéticos
- Campos
- Corriente eléctrica, magnetismo
- Resistencia, ley de Ohm
- Efecto Joule
- Circuitos eléctricos
- Ley de inducción: equipos eléctricos: generadores, motores, transformadores, etc.
- Corriente alterna

G) ELECTROQUIMICA

Estas nociones introducen las pilas, acumuladores y revestimiento galvanoplástico, se utilizan en la vida diaria; los primeros como fuente de energía en equipos y accesorios, mientras que lo último se utiliza para la protección superficial de algunos elementos.

- Electrólisis
- Leyes de Faraday
- Recubrimiento superficial
- Pilas
- Acumuladores

H) RELATIVIDAD

Es un tema de fuerte raigambre popular, aunque no comprendido en la mayoría de los casos. La relación masa-energía nos permite, en el marco de los procesos nucleares, entender la generación de energía solar.

- Simultaneidad, mediciones de longitud y tiempo
- Interpretación de la experiencia de Michelson
- Morley
- Equivalencia masa-energía

I) LA LUZ

- Los fenómenos ópticos, que se relacionan con la luz, forman parte de nuestras vidas.
- La luz: velocidad de propagación
- Concepto de rayo de luz
- Geometría de la luz: reflexión y refracción. Ojo humano: teoría de la visión
- Instrumentos ópticos

J) ONDAS

- Propagación ondulatoria de una perturbación
- Ecuación de onda
- Frecuencia y longitud de onda
- Transporte de energía

J1) ONDAS MECANICAS - EL SONIDO

- Polarización: ondas de compresión
- Velocidad de propagación
- Oído: audición
- Ultrasonido
- Características del sonido

- Resonancia
- Reflexión y refracción
- Instrumentos acústicos
- Escala musical

J2) ONDAS ELECTROMAGNETICAS

- Velocidad de propagación
- Polarización. La luz como onda electromagnética
- Calor: dispersión cromática
- Difracción e interferencia
- Propagación de señales electromagnéticas: generación y recepción
- Radio, televisión, teléfono, etc.

K) FISICA CUANTICA - FISICA NUCLEAR

La epistemología y la historia de las ciencias son recursos básicos para el análisis del proceso de conceptualización en la teoría de la Estructura de la Materia y llevan a las concepciones del pensamiento cuántico.

La estructura atómica de la materia y los fenómenos nucleares están en la base de la interpretación de fenómenos cotidianos: reacciones químicas, centrales nucleoelectricas, bomba atómica, etc.

K1) FISICA CUANTICA

- Espectroscopía: series espectrales
- Estructura del átomo: modelo de Rutherford
- El átomo de Bohr: emisión electromagnética, fotones
- Rayos X
- Moléculas: enlace atómico
- Análisis químico por espectroscopía: astrofísica.

K2) FISICA NUCLEAR

- Estructura del núcleo: protones y neutrones
- Radioisótopos
- Radiactividad
- Reacciones nucleares: fusión y fisión
- Aplicaciones industriales y medicinales

- Conservación de alimentos
- Reactores nucleares de fisión y fusión
- Energía solar

Los contenidos básicos propuestos tienen por finalidad que su desarrollo:

- a) Incorpore como actitud fundamental en el alumno/a un pensamiento crítico y reflexivo, basado en el razonamiento lógico factual de las ciencias de la naturaleza.
- b) Habilite al alumno/a a describir y explicar los hechos cotidianos y los trascendentes del universo en que vive.

8.6.3. Propuesta de desarrollo

Consideramos que lo que se propone exige que:

- deba ser probado y quizá modificado en el aula, en los diferentes contextos;
- que se cuente con el hábitat y medios pedagógicos apropiados.

Además que el/los docente/s sean idóneos para desarrollar y hacer aprender los temas de su incumbencia, promoviendo el pensamiento crítico y reflexivo.

8.6.3.1. Educación Inicial

Si bien consideramos que no se debe ni se puede plantear una enseñanza estructurada de las ciencias. Se debe proponer investigaciones para aumentar la formación de una actitud científica en el educando, iniciándolo en el aprendizaje de:

- observar
- comparar
- interrogar
- dudar
- suponer
- verificar

Esta actitud científica o de pensamiento racional se deberá cultivar a lo largo de la formación en ciencias naturales.

Debemos iniciar a los niños en la formación temprana de actitudes científicas, aprovechando las oportunidades que surgen de la curiosidad sobre el medio y también evitar la adquisición intuitiva de conceptos erróneos.

8.6.3.2. Educación General Básica (EGB)

Para los niños, la ciencia, o sea, los fenómenos naturales, no aparece estructurada, como para los científicos, cuando la describen o explican. El enfoque analítico que separa las ciencias naturales en disciplinas, tales como Física, Química, Biología, Geología, entre otras, no se manifiesta en los hechos concretos. En general, la persona no científica no posee una mente estructurada para encuadrar los eventos observados según disciplinas o áreas. Tampoco según una división temática, por ejemplo, en Física, según fenómenos mecánicos, térmicos, electromagnéticos, etc. Consideramos importante que el docente tenga su conocimiento estructurado de acuerdo a una clasificación temática para que ella se incorpore al acervo de conocimientos del educando.

Por lo anteriormente expresado se propone para el Primer y Segundo Ciclo de la EGB:

a) Enseñanza integrada de las ciencias naturales, siendo necesario establecer un equilibrio entre las diferentes ciencias.

b) Por situar al niño en la etapa del pensamiento concreto, se aconseja el desarrollo experimental o *procedimental* de los contenidos básicos. Generando siempre el “¿por qué?”, para promover la formación de una actitud científica y el saber explicativo.

En el Nivel Inicial y los dos primeros ciclos de la EGB se aconseja utilizar como guía o modelo para generar un texto apropiado:

- *Iniciación a la ciencia y a la ecología*, de Ruth Louhau
- “Actividades científicas en relación con la energía”, del Departamento de Energía de Estados Unidos.

Tercer Ciclo de la EGB

Consideramos que en esta etapa el educando comienza a desarrollar el pensamiento *formal*, por ello proponemos:

- a) la enseñanza de las ciencias naturales debe plantearse por disciplina;
- b) se debe reconsiderar o considerar los temas propuestos en los contenidos básicos, orientando al educando hacia un saber explicativo.

A nuestro entender, los contenidos básicos propuestos conforman el bagaje necesario para actuar crítica y reflexivamente y explicarse el universo que conforma su entorno. Si la experiencia muestra que la amplitud del temario resulta ambiciosa, en la reducción del mismo damos prioridad a la formación de una actitud y pensamiento científico o racional, que relaciona al ser humano con la naturaleza.

8.6.3.3 Educación Polimodal

Consideramos que el educando se encuentra en una edad a la que le corresponde un mayor desarrollo del pensamiento formal y coherente con una lógica espiralada de la enseñanza. Se propone, entonces:

- i. las disciplinas o materias deben enseñarse separadamente;
- ii. la enseñanza debe profundizar los conocimientos adquiridos en la EGB, planteando los mismos contenidos básicos;
- iii. se debe desarrollar un trabajo que integre las ciencias, la tecnología y los aspectos económicos y de mercado para complementar un proceso que genere un producto, un bien o un servicio.

En este nivel de la educación se deberá establecer:

1. Las materias que constituyen la formación troncal, que habilitan para continuar estudios universitarios.

Responsable: Ministerio de Cultura y Educación de la Nación.

2. Diseño curricular para conformar las diversas disciplinas, que corresponda a las diferentes orientaciones que establece el artículo 16 de la Ley N° 24.195.

Responsable: Ministerio de Cultura y Educación de la Nación.

3. Su articulación con un nivel superior, no universitario.

Responsable: Ministerio de Educación de cada provincia.

8.6.3.4. Banda horaria

La banda o carga horaria para el desarrollo de los contenidos básicos propuestos en las ciencias naturales, de Física en particular, deben ser coherentes entre sí.

Queremos puntualizar que tanto Física como Matemática desarrollan el pensamiento lógico que, en el primer caso, se apoya sobre principios factuales, pues intenta describir los eventos que se observan en el universo que nos rodea, mientras que, en el segundo, los principios son formales.

En el Documento Serie A N° 8, versión 3, se nota una reducida carga horaria dedicada a las ciencias naturales, mientras se privilegia la de matemática. Esto se considera manifestación de un no claro análisis de los objetivos actuales de la educación, ligado a un prejuicio atávico.

9. Formación de los docentes

El docente de ciencias, en el nivel y considerando la capacidad del grupo con el que trabaja, debe manejar el proceso enseñanza-aprendizaje orientando las actividades de forma de presentar las representaciones y operaciones que caracterizan el pensamiento científico. Por ello, uno de los ejes a considerar en la formación de docentes de Física es la relación que debe establecer con la ciencia.

Es hoy incuestionable que debemos concebir al docente como un sujeto que además de conocer profundamente y actualizadamente su disciplina, sabe como administrarla. Ambos aspectos son fundamentales: el primero para garantizar la calidad del conocimiento; el segundo, supone un adecuado manejo psicognitivo del grupo de educandos, evitando que el conocimiento se presente como acabado, repetitivo y cerrado.

Ello requiere contar con un docente clarificado del enclave epistemológico de los conceptos físicos. Nuestra concepción de la estructura de Física es presentada en los puntos 4, 5 y 6.

El docente deber ser preparado para desarrollar las capacidades de los educandos, de manera que les permita aprender a estructurar lo que observa. La psicología cognitiva proveerá el marco para la construcción del conocimiento desde la perspectiva y con las posibilidades de los educandos.

Los cursos de Física para la formación deben metodológicamente capacitar para el conocimiento de la disciplina como proceso y como producto. Ello establece la necesidad de comprender el proceso de construcción de un modelo, y para qué se lo utiliza.

La construcción del conocimiento explicativo supone no sólo la organización de una red conceptual con informaciones y relaciones que llevan hacia el pensamiento científico, sino cierta vivencia de la problemática de la estructuración del mismo y el desarrollo del lenguaje.

Consideramos que los puntos 4, 5 y 6 han sido estructurados teniendo en cuenta los elementos, criterios y relaciones con que los físicos han ido configurando la ciencia.

La historia y la epistemología de la física, junto con la psicología cognitiva y la lingüística, proveen el marco referencial para la organización del aprendizaje de la física y su correlación con las matemáticas.

Investigaciones con profesores de física de nuestro país, realizadas durante el desarrollo de cursos-taller, han revelado que con frecuencia el docente carece de un claro conocimiento del proceso de construcción de modelos y de la configuración de una teoría. Se supone que esto influye poderosamente en los criterios, métodos y valoraciones con que se desenvuelven los aprendizajes.

Para diseñar la currícula de formación de docentes consideramos interesante tener en cuenta:

- a) Recomendaciones para la formación de profesores de Física en Latinoamérica. V Reunión Latinoamericana de Educación en Física, 1992, Granado, Brasil.
- b) Recomendaciones de la VIII Reunión Nacional de Educación en Física, 1993, Rosario, Argentina.

Comentario final

Las exigencias sobre los docentes, impuesta por los requerimientos a que deben responder, hacen una tarea difícil su formación y reciclaje. Por ello, consideramos sensato apuntalar el desempeño de los docentes con una buena, completa y apropiada bibliografía y textos.

10. Educación y trabajo⁶

Para crear una cultura de trabajo, que incorpore en los miembros de la sociedad una actitud favorable hacia el mismo, consolidando su valor cultural y combatiendo la sociedad de la especulación y de la bicicleta económica-financiera, es fundamental que en la educación se tenga clara idea de ello y hacia dónde y cómo deben evolucionar nuestras empresas para subsistir y ser fuentes de trabajo. Lo difícil y complejo de la situación de nuestra sociedad y quizás de siempre, hace necesario una acción de gobierno en el plano económico y empresarial que complemente el accionar educativo. Recordemos que los individuos responden fuertemente al modelo de sociedad que se les presenta.

⁶ Ministerio de Cultura y Educación y OEA, 1993, *La Educación Polimodal: Nuevas relaciones entre Educación y Trabajo*.

El cambio y globalización de los mercados internacionaliza la nueva cultura de los negocios, influyendo y repercutiendo no sólo en lo político y económico, sino también en los requerimientos a nivel general de educación. Esto se agudiza en nuestro país por encontrarse en un proceso de transformación y hace más compleja su demanda al sistema educativo.

Conceptos como los de “calidad, productividad y competitividad”, se van incorporando en los procesos productivos de bienes y servicios. La reconversión industrial y tecnológica exige la formación de recursos humanos de perfiles específicos, y el reciclaje y la capacitación de los ya disponibles.

El mercado internacional introduce interesantes cambios y variantes debidos a la innovación tecnológica en productos, materias primas, procesos y equipos, lo que constituye un fenómeno continuo y cotidiano, creando problemas a sociedades no desarrolladas.

Los sistemas de producción de bienes y servicios, comercialización y organización son sometidos a profundas transformaciones, adecuando su funcionamiento a las exigencias derivadas de la innovación y de los sistemas de gestión de calidad (para satisfacer los requerimientos de los usuarios), entre ellos:

- De la producción en gran escala a la pequeña serie.
- De la línea de montaje a la automatización flexible.
- De la política de stock a la producción justo a tiempo (*just in time*).
- Al diseño y calidad total.
- Del consumo masivo al personalizado.
- De la empresa integrada a la empresa flexible.

Los efectos de estas modificaciones implican cambios significativos sobre las dimensiones cualitativas y cuantitativas del requerimiento laboral, llegando a plantear los cambios de oficios, en algunos casos por desaparición de alguno de ellos. Esto está ligado a la concepción de la organización de las empresas y establece un factor significativo en la relación “educación-trabajo”. La demanda y el cambio de desarrollo científico y tecnológico exigen diseñar estrategias que garanticen una formación troncal básica en ciencias naturales, matemáticas, informática, computación y tecnología, para formar un recurso humano polivalente.

Esta concepción de la formación del recurso humano se puede contemplar con escuelas de formación profesional, que preparan para el campo laboral. Estas escuelas pueden estructurarse en base a la demanda laboral local o regional. Además se responsabiliza, en parte, a las empresas, porque se solicita su participación en la estructuración de las escuelas de formación profesional y capacitación de sus cuadros.

11. Propuesta estructural

La Ley Federal de Educación trata un poco taxativamente la:

- Educación Inicial.
- Educación General Básica.
- Educación Polimodal.

A la articulación con el campo laboral sólo se refiere en la Educación Polimodal, a la cual aparte de ser considerada propedéutica para estudios superiores, universitarios o no, se le requiere el desarrollo de habilidades instrumentales, incorporando el trabajo como elemento pedagógico, que acredita para el acceso a los sectores de la producción y el trabajo.

Una propuesta estructural deberá satisfacer, como mínimo, los siguientes objetivos:

- 1) Se proveerá una salida con capacitación laboral, luego de la EGB.
- 2) Debe darse una formación profesional o capacitación laboral que facilite la inserción en el mundo del trabajo.
- 3) El incesante avance científico y el desarrollo tecnológico actúan sobre los procesos productivos, generando continuos cambios. Ello haría necesario una formación flexible y polivalente.

Las escuelas de formación profesional y capacitación laboral, deben estructurarse paralelas al eje que forman la EGB y la EP.

La formación de técnicos superiores e ingenieros técnicos, no universitarios, se deberá estructurar después de la EP. Mayores detalles a propósito de la estructuración se precisan en trabajos inéditos⁷ de la consultora del Ing. A. Bolis.

12. Síntesis

Se puntualizan las ideas y conceptos que se consideran fundamentales, facilitando la lectura y comprensión del presente trabajo. El análisis se realiza por ítem.

⁷ Ing. A. Bolis, 1993, "Informe y propuesta sobre el Sistema de Educación Técnica"; e Ing. A. Bolis, 1994, "Propuesta estructural referente a la Educación Técnica".

1. Se plantea la estructura del Sistema Educativo Nacional, como lo norma la Ley Federal de Educación N° 24.195. Se solicita que los egresados de la EP tengan una fuerte formación científico-tecnológica que complemente al eje humanístico de la educación. El Sistema Educativo debe contribuir significativamente en la formación cultural de los miembros de la sociedad.

2. La sociedad impone requerimientos al SE a través de la Ley Federal de Educación. El SE es el responsable de organizar y plasmar, con jerarquía y calidad, la educación.

3. El proceso de educación se interpreta como una transformación, que lleva de un estado de conocimiento (A) a otro estado (B), de conocimiento. Se considera que los responsables del SE, deben suministrar las condiciones para el buen funcionamiento del proceso de educación. La disposición de bibliografía o textos apropiados, que no contengan errores conceptuales y deficiencias significativas, se considera un ítem muy importante.

4. Se esquematiza cómo el ser humano constituye la ciencia y cómo lo explicativo. Se transforma en predictivo, es decir, predice lo desconocido a partir de lo conocido. Se establecen los dos pasos fundamentales en la construcción de la ciencia: uno creador, en el cual se modeliza lo observado; y el otro confrontador, en el que se comparan los hechos modelizados con los observados. Además, se consideran como hitos trascendentes en el desarrollo de las ciencias físicas, cuando: i) los griegos estructuran la lógica, dando lugar a un lenguaje formal; ii) el ser humano distingue entre sus creaciones (el modelo) y los hechos de la naturaleza.

5. Se configura una teoría científica, utilizando tres espacios:

- El de los hechos.
- El de los conceptos.
- El formal.

6. Utilizando el esquema de interacción, se describe cómo el científico busca el orden subyacente, en los hechos observados. Hace ciencia.

7. Se establecen los conceptos de *tecnología* e *innovación*, además de las necesarias correlaciones entre gobierno, sistema productivo e infraestructura de la ciencia y la tecnología, como se presentan en el triángulo de relaciones de Sábato y Botana.

8. Se enuncian los posibles efectos de la psicología cognitiva en el diseño curricular. Se adopta la posición de Ausubel para la construcción del conocimiento. Se presentan diferentes tipos de conocimientos:

- el declarativo,
- el procedural y,
- el explicativo o científico.

8.1. Se discurre un planteo de currículo para Física, para la EGB, con el criterio de los ejes temáticos: Espacio, Tiempo, Masa y Energía.

Como ejemplo de construcción de un proceso científico, se considera y analiza un ejemplo de la vida cotidiana, la fabricación de una torta.

8.2. Se plantea un currículo básico para la EP. Dando preponderancia, además de los ejes temáticos enunciados en la EGB a:

- Mediciones: conceptos y procedimientos.
- Leyes de conservación.

Se considera que en este nivel la enseñanza debe ser por disciplina.

9. Se fijan condicionantes para estructurar la formación de docentes.

10. Se plantea que los requerimientos laborales actuales necesitan de una estructura y currículo flexibles, en lo referente a la formación profesional.

11. Se fija la idea de que:

- La formación profesional y la capacitación laboral deben estructurarse, paralelas al eje que forman la EGB y la EP, después de la EGB.
- La formación de técnicos superiores, no universitarios, se debe estructurar después de la EP.

ANEXO
NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

- Dr. CECCATO, H.: Prof. Universidad Nacional de Rosario, Investigador Principal del CONICET. Especialización en Física (Redes neuronales).
- Dr. DE SANCTIS, O.: Prof. Universidad Nacional de Rosario. Especialización en Física (Cerámicos).
- Lic. GALLES, C., Prof. Universidad Nacional de Rosario, Especialización en Física (Relatividad; Historia de las Ciencias).
- DR. HAMITY, H.: Prof. Universidad Nacional de Córdoba, Especialización en Física (Relatividad; Educación).
- DR. MAIZTEGUI, A. P.: Presidente Academia Ciencias de Córdoba, Prof. Universidad Nacional de Córdoba, Especialización en Física, Educación.
- Lic. MASSA, M.: Prof. Universidad Nacional de Rosario, Especialización en Física (Resonancia para-magnética; Educación).
- ING. MITNIK, F.: Director Area Técnica, Proyecto Joven, Prof. Universidad Nacional de Córdoba, Especialización en Educación Técnica.
- Dr. RIVAROLA, R.: Prof. Universidad de Rosario, Investigador Principal del CONICET. Especialización en Física (Colisiones cutómicas).
- Dr. WELTI, R.: Prof. Universidad Nacional de Rosario. Especialización en Física (Electromagnetismo, aplicaciones).
- Dr. ZANDRÓN, O.: Prof. Universidad Nacional de Rosario, Investigador Principal del CONICET. Especialización en Física (Teoría de Campos).

Héctor F. Ranea Sandoval, Física

Doctor en Física, Universidad Nacional de La Plata; Investigador Independiente del CONICET. Profesor Asociado Ordinario en la Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

SUMARIO

Nota aclaratoria

- I. Enfoques para el abordaje de la integración de los Contenidos Básicos Comunes desde la física
Estado actual de las ciencias y de la educación en Argentina, desde el punto de vista de un universitario
 1. Estado actual de la física
 2. Fundamentación de la selección y organización de los CBC
 3. Consideraciones de carácter general sobre la enseñanza de la física en la escuela
- II. Propuesta de Contenidos Básicos Comunes de Física para la Educación General Básica
Resumen y reflexiones a partir de la primera parte
 1. Fundamentación de la inclusión de los bloques temáticos
 - 1.1. Objetivos de la enseñanza de la física, por nivel
 - 1.2. Fundamentación de las respuestas a las tres preguntas principales de la primera parte
 - 1.3. Fundamentación en función de los objetivos
 2. Bloques temáticos
 - 2.1. Nivel Inicial
 - 2.2. Educación General Básica
 - 2.3. Contenidos por bloque
- III. Propuesta de Contenidos Básicos Comunes de Física para la Educación Polimodal
 1. Fundamentación de la inclusión de los nuevos bloques temáticos
 - 1.1. Fundamentación en función de los objetivos
 - 1.2. Bloques temáticos. Profundización
- IV. Enfoques sobre la formación docente
Advertencia al lector
Introducción

1. Preparación de un docente de física
2. Implementación de laboratorios y museos de ciencia
3. Evaluación en ciencias experimentales

Agradecimientos

Comentarios finales

Bibliografía

Anexo 1. Relación entre el presente documento y el Documento Serie A, N° 6

Anexo 2. Criterio de consulta y nómina de colegas consultados

Nota aclaratoria

Las partes II y III del presente trabajo han sido elaboradas con la colaboración especial de la Dra. Graciela Bertucelli (UNCPBA-CONICET).

I. ENFOQUES PARA EL ABORDAJE DE LA INTEGRACION DE LOS CONTENIDOS BASICOS COMUNES DESDE LA FISICA

“A menudo nos embruja alguna palabra.
Por ejemplo, la palabra ‘saber’.”
Wittgenstein

Estado actual de las ciencias y de la educación en Argentina, desde el punto de vista de un universitario

Es evidente que la ciencia está pasando universalmente por un punto delicado y esto, no es para menos, se refleja en el abordaje de su enseñanza a nivel no universitario y en su divulgación.

Un ejemplo reside en las tan mentadas aplicaciones de la física, de la biología, etc. que han terminado por subordinar los principios básicos en el imaginario. Como, a su vez, aquéllas son de actualidad y llenan, por lo tanto, espacio en medios de difusión pública, hay quienes creen que deben ser llevadas de manera inmediata a las aulas para recobrar el favor de los aprendientes hacia las ciencias.

También están quienes, en cambio, a partir de ideas surgidas sobre todo de la física, piensan que pueden demostrar que ésta es una falsedad (o algo por el estilo), o que está muerta. Hacen entonces recurrir a sus lectores a libros especializados en la teoría y práctica del solipsismo o de la fantasmalidad del otro en la autoayuda y el misticismo y eso retorna a ellos como pingües ganancias, ya que no es otro el mensaje enviado desde los mismos medios ya citados.

Creo que la sociedad está reclamando una educación, pero no por los canales habituales de expresión y eso torna más difícil el problema de abordar un complejo de contenidos básicos y una metodología de formación docente. El reclamo de la mayoría está implícito y por ello es complicado de leer. Se siguen ejemplos públicos que contradicen lo enseñado en las aulas y eso suele tomarse de manera errónea como señal de vetustez de los contenidos.

Las ciencias exactas tienen una ventaja enorme sobre las demás, a saber: son simples; no fáciles, simples, porque estudian sistemas cuya complejidad puede graduarse, porque experimentan sobre fenómenos que pueden ser controlados o preparados estadísticamente, y sin embargo, han demostrado no ser inmunes a estos vientos: se pretende de ellas que reflejen el mundo actual, la situación de las

últimas aplicaciones, ya! y muchas otras cosas que hacen a mucha gente creer que en las aulas aquéllo debe reemplazar a las leyes básicas.

Con esta espiritualidad muy *new age*, entonces, se termina por no estar seguro de nada y eso se transmite a los que aprenden, de manera sutil pero inexorable, de forma tal que terminan por no entender ni lo simple ni lo complicado. O prefieren no hacerlo porque, en tanto, parece ser inútil. Pero “no es posible hacer experimentos si no hay algo de lo que no se duda” (Wittgenstein), pues si no, la enseñanza de la ciencia se transformaría en una actividad no sólo no científica sino pre-científica y daría como resultado una mente anticientífica. ¿Puede la educación ser una apología de lo útil? ¿Puede serlo la enseñanza de las ciencias? ¿Pueden serlo las ciencias?

No hay duda sobre ciertos aportes de la ciencia a la mejora de la calidad de vida (dicho sea sin ingenuidades) y hasta de la aparición de ciertos derechos (la filosofía está considerada en esta frase), pero los aportes no han venido (salvo excepciones muy curiosas) de gente no entrenada. No se conocen aportes revolucionarios desde la ignorancia supina (incluido el descubrimiento del fuego, su generación y sus aplicaciones).

Volviendo a la situación de la ciencia, señalo que no dije que la misma fuese crítica. La ciencia, tal como se la entiende, tiene períodos revolucionarios en los que cambia los modos de ver al universo, no procesos de cambio de organización en los que simula cambiar de temas de preferencia. Esas modas son usuales, sin embargo, pero tienen un efecto puramente anecdótico sobre el comportamiento de algunas franjas de científicos, casi nunca con efectos perdurables y aun cuando fueran necesarias, yo no quisiera que los conceptos de moda y de revolución queden fusionados en una misma expresión. Curiosamente, quienes acostumbran en este tiempo a hablar de los paradigmas, sostienen a su vez la pseudo ciencia y esto repercute en el aula.

El sistema educativo, en cambio, sí presenta un estado de crisis, de transformación. Pero la escuela sola, el profesor solo, el alumno solo no son los responsables de que se opte por un cambio estructural que no sería necesario por el mero paso del tiempo. El problema central, ahí sí, yace en el paradigma social, desde hace mucho más tiempo que el que preferiría recordar, aunque hayamos considerado mejor al vivillo que al trabajador; no hay duda de que el estudio y la sabiduría no son caminos para alcanzar la posición social soñada. También desde hace tiempo la sociedad cree que la fuga de cerebros obedece a una cuestión salarial y que el incentivo necesario para instalar en el país a los científicos es una mejora en este aspecto. Un ligerísimo repaso por la situación en otros países debería servir para demostrar que ello no basta.

En este contexto, la elección de temas de física para la escuela no es sorprendente, no es revolucionario con comillas, no es innovador y no tiene recursos para disimular la física en aplicaciones, o camuflar el rigor de las matemáticas para evitar

el desbande. No se intenta tampoco tener una persona informada, de modo tal que se sirva de los cálculos y conocimientos para utilizarlos en su profesión, sino de encontrar un equilibrio con la formación de una mente capaz. O sea, con una apertura hacia el desarrollo de la creatividad.

1. Estado actual de la física

Si se insiste en reducir la situación de la física a las dimensiones de un trabajo como éste, habrá de convenirse de antemano en que la empresa sólo puede tener un aliento indicativo; es decir, demostrativo de que es un área no paralizada. Esto, dicho así, sin otro preámbulo, es la indicación de que este autor está convencido de que el futuro es incierto, de que no hay calmantes ni muertes que puedan evitar la angustia del público o de los científicos y que, justamente, es ése el motor: la pregunta. ¿Y qué es una pregunta sino el futuro?

En esas condiciones me interesa recalcar, de todo el universo de temas de física (sólo su inicialización exige a las editoras de revistas científicas la impresión de un opúsculo bastante voluminoso en tamaño folio), unos pocos temas que pueden servir como fundamentación a las preguntas básicas que serán abordadas en los próximos capítulos de los cuales éste es su introducción, a saber: 1) ¿qué debe saber de física todo ciudadano?; 2) ¿qué debe saber de física todo ciudadano que aspire a ingresar al sistema universitario? A las cuales he agregado una pregunta previa: ¿qué debe saber de la física (o de la ciencia) todo ciudadano?

Desde el punto de vista conceptual, la física tiene por resolver un problema de fondo en el que, sin querer, se entrelazan todos los demás problemas. Se trata de las controversias entre la relatividad general y la física cuántica o sea de las dificultades para cuantificar la interacción gravitatoria.

Este problema trae aparejadas dos cuestiones: por un lado la crítica a la relatividad general, y por el otro la crítica a la cuántica. En este último aspecto es interesante comentar que ésta ha generado avances espectaculares en el dominio de las cuestiones de su competencia, pero carece hasta el momento de una interpretación única y consistente en la que en principio todos acuerden; es decir, un sistema de significados reducibles al sentido común, con el que todos los especialistas estén de acuerdo y que codifique todos los experimentos, reales o pensados.

Estas situaciones críticas están abriendo un espacio de amplísimas posibilidades, entre las cuales se pueden mencionar las cuestiones de las constantes en cosmología, la dinámica estelar, la detección de ondas gravitatorias, la materia extraña, las variables escondidas, etc. que tienen aspectos de una y otra.

Sin embargo no toda la física está en las estrellas o en lo insondablemente pequeño, también se están desarrollando teorías de lo macroscópico, de la materia floja, los superconductores y los agregados de pocas partículas, tema éste en el que la cuántica toma a su cargo la descripción explícita de una situación cuasi macroscópica.

Uno de los mejores ejemplos de cómo la exogamia temática ha venido enriqueciendo la física es el estudio del clima —sujeto de varias ciencias— el cual puede ser modelado (por ahora en forma muy aproximada) gracias a los conocimientos generados en las áreas de sistemas fuera del estado de equilibrio, fenómenos de turbulencia, caos determinístico, estadística, informática, etc.

Por último, siempre es interesante referirse a los temas de energías no convencionales, que abarcan desde las energías eólica, solar, etc., hasta un redimensionamiento de la energía nuclear, en el que el tema de reprocesamiento de la materia combustionada ocupa un lugar preponderante y que debe tenerse en cuenta para cualquier esclarecimiento del público hacia ese problema —el cual podría generar consecuencias ambientales importantes—. En esta temática se encuadran las búsquedas de fusión nuclear controlada.

Es decir: reduje el universo temático a cinco problemas, de los cuales el energético es el que probablemente tenga más impacto público, aunque reconozco que esta aseveración es temeraria porque la historia de la física demuestra que “es muy difícil predecir algo, sobre todo el futuro” (Bohr).

Los cinco problemas son:

- 1) Leyes fundamentales. Controversia entre cuántica y relatividad. Interpretaciones de la Cuántica. Experimentos sobre predicciones de las teorías de unificación de las interacciones básicas.
- 2) Nuevos materiales. Materia floja, agregados intermedios, superconductores.
- 3) Física de sistemas macroscópicos. Clima terrestre.
- 4) Sistemas fuera del equilibrio termodinámico. Biofísica.
- 5) Energías no convencionales. Impacto ecológico de la generación y consumo de energía.

Desde el punto de vista metodológico, en cambio, la física tiene un problema común: el desarrollo de experimentos capaces de discernir entre modelos y teorías diversos y la inversión en recursos materiales y humanos.

Nota: La integración de los CBC de Física no puede tener sino como referencia remota a la situación actual y real de la física. Más bien se tendrían que tener referencias a cuestiones actuales o “modernas” al sólo efecto de demostrar que se dis-

pone de una base de conocimientos que tiene futuro, que está sujeta a cambios, que no está paralizada. Pero pretender tomar como punto de partida esta situación en el límite puede acarrear el fracaso de la enseñanza de las ciencias, pues sólo se podría enseñarlas a un nivel de divulgación en el cual, quizás, se aprende lo nuevo, pero no se producen en general buenas preguntas, ni se pueden encarar a ese nivel situaciones experimentales, que son las que sirven para formar un sentido científico en los aprendientes.

2. Fundamentación de la selección y organización de los CBC

La selección de temas de física tiene que tender, en la etapa de la enseñanza que se está tratando aquí, a formar y consolidar un sentido crítico, entendiendo por tal una personalidad que sepa: elaborar la información; utilizar los conocimientos para crecer en una sociedad democrática en expansión; descubrir los problemas; formular apreciaciones (modelos cualitativos) que le ayuden a crear sobre la base del conocimiento y no a rechazar sobre la base de la ignorancia.

Nota: Me apresuro aquí a deslizar que por sentido crítico no entiendo espíritu paranoico y que por sentido científico es claro que no entiendo aquel que propende a la extinción de la creatividad. El sentido común es el sentido de la adaptación, casi diría de la resignación.

El estudio de la física, en particular, debe servir para establecer un límite a la analogía: realidad = experimento = verdad que se suele plantear desde el púlpito; debe dejar establecido que existe un método básico de elaboración lógica para formular experimentos —cosa que tiene sus detractores y agresores, y sus defensores racionalistas a ultranza—, y que en su momento me ocuparé de explicar.

Estudiar la física que se puede enseñar será una de las verdades de perogrullo que utilizaré en la definición de los CBC. Esto tiene sus implicaciones ya que, por ejemplo, debe quedar claro que la física no es, como se está proclamando desde el neoaristotelismo, un cerrojo puesto al conocimiento a partir de axiomas inmutables. En esto hay que ser rotundos: “Sobre aquello de lo que no se puede hablar, se debe callar” (Wittgenstein), cosa que sí pone un nuevo tipo de navaja de Occam ante quienes por ignorancia son incapaces de reflexionar sobre aquello que hablan y deberían callar.

Es notable e incoherente que se enseñe la historia de Galileo, el sistema de Copérnico, las mediciones de Brahe y los cálculos de Kepler (si alguien puede hacer esta distinción) como paradigma opuesto al del universo propuesto por los aristo-

télicos y modelado por —entre otros— Ptolomeo, y nadie sepa explicitar en qué consisten esas diferencias, más allá de una pátina de anécdotas que sólo sirven para crear la imagen de Ptolomeo como un irreparable estúpido, con salpicaduras a Aristóteles y a toda una teoría de grandes pensadores de la civilización, más allá de que sus modelos de universo hayan resultado inválidos. El otro ejemplo que se puede citar aquí de esta incoherencia, es el pasaje del modelo atómico de Rutherford al de Bohr: la cuestión de la radiación electromagnética por cargas aceleradas, si bien no es posible dictarla en una etapa tan temprana del desarrollo del sentido científico, no es conocida por quienes la pregonan en la profundidad que debieran conocerla y entonces todo aparece y desaparece entre abracadabras que luego sirven para que quienes tienen interés en el irracionalismo generalizado, saquen a relucir sus galas recién adquiridas en charlas brevísimas, en conferencias mal traducidas y en conceptos mal aprehendidos sobre caos, sinérgica y cuántica, y resuelvan, desde esa pátina, que esa creencia en las conferencias marca el declino final (hasta la misma muerte) de las ciencias.

Todas estas incongruencias forman un entretejido demasiado denso de desenmarañar aun para los especialistas, que tiene como primera víctima el aprendiz y como segunda (en simultánea) la materia. Las matemáticas, la química y la física (que sufren de parecidas enfermedades interescolásticas) pasan así directamente —o por medio de esta epistemología alquímica— al rubro de materias muertas en el sentido literal de la muerte. Y esto es lo que menos se necesita, sea para que se incentive el conocimiento o la actitud científica, sea para que se lo critique desde la sabiduría.

A partir de lo anterior, parece evidente que un gran peso de ese plomo cae sobre un sistema que facilita la disertación, la repetición en forma de letanías de un conocimiento que fue adquirido duramente, a través de siglos de sabiduría acumulada (“parándome sobre los hombros de gigantes, pude ver más lejos” dice un vitral de la catedral de Chartres) y que se reducen a polvo a través de respuestas dogmáticas a las preguntas obvias que pueden surgir de los aprendientes, tan alejadas de la actitud científica como la de quienes pedían la cabeza de Galileo lo estaban del Aristóteles que pretendían defender.

En resumidas cuentas, el saber superficial, eso que sólo brilla enfrente de las bambalinas, es pernicioso cuando se lo ejerce, sobre todo para quienes deberían aprehenderlo, aunque no sean los únicos perjudicados. En efecto, el resultado es una apatía general que conspira contra los objetivos propuestos.

Esta versión de la realidad hace desembocar al método en el autoritarismo, ya que el maestro (patrón y medida de todas las cosas) dispone qué es lo que debe saberse y cuáles son las dudas razonables y por lo tanto las preguntas que deben hacerse. En ese caso el absurdo es total: por un lado la falta de criterio, por el otro el desinterés; en ese escenario cualquier objetivo suena a voluntarismo y resulta en

la selección de pocos elegidos, con disposición fuerte hacia el pensamiento científico pero irremisiblemente segregados de los demás aprendientes y por los demás aprendientes y por lo tanto paradigmas de lo inalcanzable pero inútil.

A esto debe sumársele una prédica general que por un lado, cuasi oficial, pone en duda la necesidad de invertir en el desarrollo científico no aplicado pues su utilidad industrial es baja y por otro, cuasi científico, pregona que la ciencia es tal en tanto bien de uso (utilitario), lo cual no genera ni simpatía entre los jóvenes, ni interés en indagar lo imaginable.

Esto es parte del fracaso de la educación, porque en gran medida reside en el enamorarse de una palabra –por ejemplo: saber– y en eso habita el futuro como necesidad epistemológica e involucra a la memoria como sustento necesario de conocimientos científicos, refutables o no. Esto en sí mismo es una seria objeción a la enseñanza de lo que no se sabe.

3. Consideraciones de carácter general sobre la enseñanza de la física en la escuela

Mencioné algo sobre el método científico. Como se trata de física y su enseñanza, deberé explicar al respecto un poco más. No existe un método científico en el cual se englobe todo el intrincado mecanismo de la creatividad. Pero sí existe un procedimiento. Hay quienes dicen que “la ciencia es la estética de la inteligencia” (Bachelard). Esta proposición establece un claro escenario, demasiado contundente, acerca de los límites entre creación e inteligencia. Por mi parte siempre he pensado que si la poesía es la estética de la imaginación, la ciencia es el proceso a la imaginación. Frase que, si bien más ecléctica, elabora un ingrediente quemado en las brasas del método cartesiano y exaltado en la nueva tendencia de la epistemología sin ciencia (nueva versión de la ciencia infusa, a mi parecer).

A quienes no creen que la ciencia posee mecanismos de procesamiento de la imaginación (como la ley es un proceso a las relaciones humanas) cabría preguntarles si vacunarían a sus hijos con elementos imaginados por un chamán de moda. Y a los que sólo creen en el método habría que preguntarles qué produjeron ellos de interesante en la ciencia en los últimos cinco años, en lo que hayan aplicado el método y sólo el método, sin incurrir ni siquiera un poco en algo desvinculado de él. Tampoco la ley puede procesar todas las relaciones humanas y, de hecho, aquellas no legislables son las mejores de todas.

Pero si por un lado está la cuestión del método, por otro lado está la universalidad de la ciencia. Y en esa universalidad está prácticamente eliminado el concepto de identidad nacional o cosas por el estilo. Por un lado están los, digamos, científicos argentinos y por el otro la ciencia. No creo en una ciencia nacional, pero sí

en una ciencia con dificultades nacionales que le son propias. En síntesis, no veo cómo se conectan, cómo pueden concebirse contenidos de física que contribuyan a la búsqueda de la identidad nacional (en el supuesto que la búsqueda en sí pueda resultar útil en sentido gnoseológico y político).

En otra punta de este polígono, encuentro a quienes por un lado pretenden que con la ciencia se resuelvan los problemas sociales y por el otro quienes quieren marginarla porque la encuentran ineficaz para todo lo que no sea contaminación y muerte (en el sentido fisiológico) del planeta. ¿Puede la ciencia resolver problemas sociales? ¿Es la ciencia el verbo de las armas? Para mí, ninguno de quienes realizan tan temerarias afirmaciones tiene bien en claro que la ciencia no son los científicos, o se guardan bien de hacerlo saber al público y que, salvo en un libro de Platón y algunos pasajes de More, los filósofos nunca (o muy pocas veces) gobernaron.

En este sentido, la enseñanza de la física tiene que dejar claro cuáles son sus límites, cuáles sus premisas y objetivos. Es inútil hacerla sujeto de mitos de omnipotencia y de única sabiduría, tanto como lo es quitárselos del todo. Entre los aspectos más positivos que la física, entre otras ciencias, ofrece, está el de la valoración de lo abstracto como herramienta de transformación, cosa que tal vez quedó guardando polvo en muchas memorias hoy por hoy, pero que desde que se pudieron representar los primeros rasgos de la realidad en las paredes, aun como parte de rituales mágicos, se sabe que el hombre es capaz de generar lo inasible y transformarlo en otra realidad, pasando por caminos complejos. Así, la ciencia, la cultura y la sociedad son las puntas visibles de un árbol sumergido que procesan la realidad con sus métodos y llegan a la transformación: en eso reside el futuro.

Otro trío, pero entre cuyos resultados nada bueno puede encontrarse, está conformado por: la magia, el irracionalismo y los autoritarismos. Aun cuando aislados puedan ser metáforas útiles de lo real, en interacción son jinetes de un apocalipsis negro. La enseñanza de las ciencias, de sus aciertos y de sus limitaciones, debería contribuir no a desterrar lo mágico sino a no creer en las prácticas de la magia y a evitar su contacto con el autoritarismo, y a desterrar el autoritarismo pero no a condenar alguna teoría de lo irracional.

Antes de terminar, quiero creer que hay un error salvable en pensar que la productividad y el eficientismo son sinónimos, correlatos o coadyuvantes de la creatividad. Este vértice del polígono es más rígido, pues en la actualidad se destaca entre los rubros a premiar. Hay demasiados ejemplos que sirven como evidencia de lo contrario a orillas de cualquier mar o río y casi cometo la indiscreción de dar una lista. Ellos no dejaron de trabajar —tal vez— un solo día en lo suyo (para crear hay que sudar), pero la comparación con los anunciantes del producto más conocido de la compañía fabricante de la primera gaseosa, no resiste el menor análisis: de un lado la creatividad, del otro la oportunidad. Sin embargo, ser creativo es ser

lo segundo para los miembros de la sociedad excluida de la educación: tarde o temprano podrá ser confundida al respecto. Tampoco pueden avalarse campañas educativas en las que la creatividad se confunde con hiperactividad.

En este polígono hay más vértices, pero es necesario que el enfoque de la enseñanza de las ciencias pueda abrirse paso hacia una diferenciación entre ciencia, tecnología y técnicas, muchas veces confundidas en la sociedad tal vez por el hecho mismo de que son siempre furgones de cola en los pensamientos de los gobernantes y se les dan destinos más que fríos en los pasillos del poder. Por otro lado están quienes profieren que la ciencia es inútil a la hora de innovar tecnológicamente. Veamos, para finalizar, un par de citas (los paréntesis son agregados míos que —creo— actualizan el lenguaje sin desvirtuar su contenido): encontré esta cita de Casimir, un brillante físico teórico que trabajó en la Phillips y que deseo reproducir completa para ilustrar mi pensamiento al respecto:

He oído decir que el papel jugado por la investigación académica en la innovación (tecnológica) es pobre. Es la mayor estupidez con la que he tenido la fortuna de tropezar.

Por cierto, uno puede especular ociosamente acerca de si los transistores podrían haber sido descubiertos por gente sin entrenamiento o no hayan contribuido a la mecánica ondulatoria o a la teoría de electrones en sólidos. Pasó que quienes descubrieron el transistor eran versados en esos temas y sí contribuyeron a la teoría de los electrones en sólidos.

Uno se podría preguntar si los circuitos para computadoras pudieron haber sido encontrados por gente que quería construir computadoras. Pero lo que sucedió es que fueron descubiertos en la década del treinta, por físicos que trataban de contar partículas nucleares pues era gente interesada en la física nuclear. También puede uno preguntarse si no será que existe la energía nuclear porque hubo gente que se puso a buscar nuevas formas de energía o que la necesidad de nuevas fuentes de potencia haya llevado al descubrimiento del núcleo. Tal vez, sólo que no sucedió de esa manera, ya que estuvieron los Curie y Rutherford y Fermi y otros pocos.

Uno puede preguntarse si podría existir una industria electrónica sin el previo descubrimiento de los electrones, por gente como Thomson y H.A. Lorentz. De nuevo, no fue así como ocurrió.

También podría uno preguntarse si las bobinas de inducción en los motores de automóviles pueden haber sido hechas por empresas que querían realizar medios de transporte a motor y que se hayan tropezado con las leyes de la inducción. Pero las leyes de la inducción fueron encontradas por Faraday, muchas décadas antes.

O bien, si en la urgencia de proveer a una mejora en las comunicaciones, uno puede haber encontrado las ondas electromagnéticas. Pero no se encontraron de esa forma. Fueron encontradas por Hertz quien enfatizaba siempre la belleza de la física y se basó en el trabajo teórico de Maxwell. Creo que difícilmente se encuentre algún ejemplo en el que la innovación (tecnológica) ocurrida durante el siglo XX no se deba de la manera dicha al pensamiento científico básico.

Para finalizar esta parte, se puede mencionar esta cita, de J. J. Thompson:

La investigación en ciencias aplicadas conlleva a una reforma (innovación), la investigación en ciencia pura (básica) conlleva a revoluciones, y las revoluciones, sean políticas o industriales, son cosas extremadamente provechosas si usted está del lado ganador.

II. PROPUESTA DE CONTENIDOS BASICOS COMUNES DE FISICA PARA LA EDUCACION GENERAL BASICA

“La ciencia se construye de datos experimentales, tal como una casa se construye de ladrillos. Pero una colección de datos experimentales está tan alejado de la ciencia como una pila de ladrillos lo está de una casa.”
Poincaré

Resumen y reflexiones a partir de la primera parte

i) Premisas derivadas de la parte anterior

- La física se considera aquí una ciencia experimental y sólo como tal puede ser enseñada si el objetivo es que algo quede aprehendido por quien aprende.
- La educación, en este caso a través de la disciplina “física”, debe tender a la formación del sentido crítico, capaz de transformar la realidad o el modelo que tenemos de ella, desde el conocimiento y no desde la ignorancia.
- La creatividad juega en esto un papel de gran importancia por lo cual, en esta disciplina, debe guiarse la curiosidad a través de experimentos que deben ser jerarquizados en el contexto de cada etapa y fomentar la generación de preguntas.
- Se debe dejar un lugar indeterminado para la reflexión, haciendo no que la curiosidad quede siempre satisfecha, sino que puedan quedar preguntas en el aprendiente. Esto debe confrontarse con lo que sigue:
- Hay en cada contenido algo que debe enseñarse. El no enseñar no contribuye a generar la creatividad, sino que la aplasta al enfrentar al joven a la tarea de resolver el universo en soledad.
- La ciencia no necesariamente es sólo útil en tanto resuelve o participa de la solución de problemas cotidianos, sino que satisface requerimientos interiores a cada individuo, que se reflejan en un comportamiento social a gran escala.
- La enseñanza de las ciencias y de la historia de las ideas en la ciencia, es una de las herramientas (muchas veces insuficiente) para erradicar el autoritarismo implícito en la mayoría de los contenidos curriculares y su aplicación.
- Aprender el valor de lo abstracto como elemento de transformación.
- Vincular la ciencia —sólo cuando corresponda— con la tecnología y con la técnica y en este vínculo descubrir cuánto se deben una a otra y no cuánto se confunden.
- Distinguir: científicos de futurólogos, chamanes de científicos y pedir a cada uno lo que se supone que está en condiciones de dar.

Con las premisas anteriores como base, con objetivos por nivel como los que serán señalados a continuación, con acento en la vía experimental como metodológicamente indispensable para lograrlos y como mejor vía de acceso al conocimiento científico, haciendo la salvedad de que pocos objetivos podrían ser alcanzados en la situación actual (independientemente del método de evaluación excogitado para verificar el grado de aprendizaje), debido precisamente a la desinversión que golpea endémicamente a la educación en general y en particular a la infraestructura y laboratorios de enseñanza, aclarando pues que sobre este particular nos extenderemos más adelante con una propuesta para la innovación de la formación de docentes, la cual incluirá la temática del estudio experimental de la física como requisito indispensable a cumplir para que la propuesta tenga sentido, consideramos que todo ciudadano debe ser instruido en modo tal que adquiera —a través de la escuela— la serie de capacidades implícitas en la enseñanza de los bloques temáticos que se resumen más adelante, con su justificación correspondiente.

ii) Premisas derivadas de las conclusiones del taller-seminario del 10 de marzo de 1994

La siguiente serie debe ser analizada no como una propuesta de pedagogos, sino de docentes preocupados desde hace varios años por la enseñanza de las ciencias experimentales a niños y adolescentes. Aunque estas preocupaciones no siempre tuvieron frutos, las mismas dejaron algunas reflexiones. Por ello, la propuesta es sólo indicativa en lo que respecta a las primeras etapas, dejando a los especialistas la definición precisa de los tiempos y modalidades para iniciar a los niños en esta tarea. Sin embargo, debe quedar claro en este sentido que aquéllas que se formulen a través del análisis de los especialistas deberían ser conocidas por todos, a fin de poder opinar sobre ellas y someterlas a debate.

Por otra parte la idea de futuro —cuando se convierte en obsesión— corre el riesgo de quedar en ridículo. En la educación está implícita la idea de futuro, pero no se debe desviar de aquélla de quien aprende, en este caso no un futuro hombre del 2030 sino un niño o joven del momento que le tocó vivir. Uno no es en sí en tanto será. Es decir, se educa a la persona de hoy para que pueda ser ella misma, hoy y en el 2030 también.

Por último, los contenidos que aquí se presentan no permiten elaborar ya un plan, sino que son más bien los ingredientes del mismo y como tales deben ser entendidos, ya que —por ejemplo— no se los vincula temporalmente entre sí, salvo en líneas muy generales, ni se explicitan modos de enseñanza. El énfasis en la enseñanza experimental —por su parte— será considerado aquí el insumo básico.

iii) Campos en que la física actual, según quedó explicado en la primera parte de este documento, tendría un gran desarrollo, en relación con lo que se trata en estos documentos

- 1) Leyes fundamentales. Controversia entre cuántica y relatividad. Interpretaciones de la cuántica. Experimentos sobre predicciones de las teorías de unificación de las interacciones básicas.
- 2) Nuevos materiales. Materia floja, agregados intermedios, superconductores.
- 3) Física de sistemas macroscópicos. Clima terrestre.
- 4) Sistemas fuera del equilibrio termodinámico. Biofísica.
- 5) Energías no convencionales. Impacto ecológico de la generación y consumo de energía. (En parte, este tema está siendo cubierto por los especialistas convocados en las disciplinas vinculadas a Tecnología.)

Se hacía notar además que: “Desde el punto de vista metodológico la física, en cambio, tiene un problema común: el desarrollo de experimentos capaces de discernir entre modelos y teorías diversos y la inversión en recursos materiales y humanos.”

Con la salvedad que: “La integración de los CBC de física no puede tener sino como referencia remota a la situación actual y real de la física. Más bien se tendrían que tener referencias a cuestiones actuales o “modernas” al sólo efecto de demostrar que se dispone de una base de conocimientos que tiene futuro, que está sujeta a cambios, que no está paralizada. Pero pretender tomar como punto de partida esta situación en el límite, puede acarrear el fracaso de la enseñanza de las ciencias, pues sólo se podría enseñarlas a un nivel de divulgación en el cual, quizás, se aprende lo nuevo, pero no se producen en general buenas preguntas, ni se pueden encarar a ese nivel, situaciones experimentales, que son las que sirven para formar un sentido científico en los aprendientes.”

1. Fundamentación de la inclusión de los bloques temáticos

1.1. Objetivos de la enseñanza de la física, por nivel

Nivel Inicial. Iniciación y perfeccionamiento en la observación

- Metodología: Experimental-demostrativa.
- Algunos caminos: Observación pautada de fenómenos naturales. Dejar libre la curiosidad. Descubrimiento de una historia y/o de objetos en cuadros. Representación, colores y formas. Rompecabezas gráficos. Visitas programadas a mu-

seos de ciencias del tipo “participativo”. (Sobre estos, ver el APENDICE y, para más detalles, la cuarta parte de este documento.)

Educación General Básica. Formación del sentido crítico. Fortalecimiento de la creatividad. Manejo de la simulación de la realidad mediante experimentos y formulación de modelos simples

- Metodología: Experimental-demostrativa y experimental en la última etapa.
- Algunos caminos: historias encontradas en cuadros, ilustraciones, etc.; laberintos, manojos de cables, organización de material; observación en museos participativos-colectivos a través de visitas programadas a los mismos (sobre este particular, ver la cuarta parte); códigos, utilización de los elementos de matemática a disposición del nivel correspondiente. Experimentos de meteorología, electricidad, magnetismo, gases (aire) y gravedad. Utilización del cálculo gráfico y los ordenadores. Microproyectos de investigación. Noción de errores experimentales y limitaciones experimentales. Búsqueda de comentarios científicos en diarios locales y de la capital, en propagandas de TV. Problemas de ecología y medio ambiente. Observación astronómica. Análisis de la realidad. Noción de ley natural. Noción de magnitudes físicas y su medición.

Nivel Polimodal. Consolidación del sentido crítico, formación del sentido científico. Ética de la investigación científica y del conocimiento

- Metodología: Analítica y experimental.
- Algunos caminos: Desarrollo de experimentos y eventualmente de proyectos de ciencia en los que la física, sola o interviniendo con otras ciencias, totalice la imagen del universo en cuestión. Ver la tercera parte para los contenidos específicos.

1.2. Fundamentación de las respuestas a las tres preguntas principales de la primera parte

0. *¿Qué debe saber de la física todo ciudadano?*

i) Verdades de Perogrullo:

- 1) Debe saber qué es la física.
- 2) Debe saber qué puede saber.
- 3) Debe saber qué cosas le puede preguntar a las ciencias exactas y sobre cuáles éstas le podrán responder científicamente.
- 4) Debe saber que hasta ahora no existe otra ciencia, de los fenómenos físicos, que le dé respuestas razonables, aunque algunas respuestas no lo parezcan tanto.

ii) Verdades de sentido común:

- 5) Debe saber distinguir hechos de conjeturas.
- 6) Debe poder utilizar su criterio educado en la solución de ciertos problemas de la vida cotidiana.

iii) Verdades de sentido crítico:

- 7) Debe poder evaluar en forma neutral la información que recibe (esto no significa que no tenga que tomar partido).
- 8) Debe poder elaborar sus propios criterios ante los datos objetivos de la realidad para poder tomar partido.
- 9) Debe confiar en que el futuro todavía puede transformarse.

1. *¿Qué debe saber de física todo ciudadano?*

Aparte de lo señalado arriba, todo ciudadano tiene que acceder a la formación de las siguientes aptitudes:

Observación sistemática. Establecimiento de correlaciones (preferentemente a nivel cuantitativo). Medición con el grado de precisión adecuado al problema, lo cual implica poseer la idea de error en la medición. Análisis de los datos obtenidos por él u otros (a este respecto hay que señalar la importancia de experimentos sobre meteorología que incluso pueden tener aplicaciones prácticas directas). Capacidad de pregunta ante situaciones cotidianas. Solución o modelo del sistema analizado. Realización de una prueba experimental y aplicación de las matemáticas a la pregunta en los casos en que sabe que puede. Tener conciencia que existen límites de validez de su hallazgo o modelo. Lectura de material periodístico y de divulgación del conocimiento actual. (El orden en el que están citados los diferentes ítems, no les confiere ninguna jerarquía.)

Finalmente, es indispensable que adquiera aptitudes que coordinen el sentido crítico para ser capaz luego de poder comparar sus conclusiones con las derivadas del sentido común.

2. *¿Qué debe saber de física todo ciudadano que aspire a ingresar en el sistema universitario?*

Aparte de lo señalado arriba, todo ciudadano que aspire a ingresar al sistema universitario tiene que acceder a la formación de las siguientes aptitudes:

Capacidad de acceder a información más específica tanto de los aspectos actuales como los históricos de la física. Afinar la capacidad de observación. Capacitación artesanal (que no necesariamente impliquen trabajos complicados de taller) para la preparación y montaje de experimentos de laboratorio sencillos (construcción y uso de algún instrumental). Análisis matemático del problema. Introspección sobre el fenómeno y eventual generalización. Relación con otros problemas. Relación con otras áreas del conocimiento, por ejemplo: historia (a través de la historia política y de la historia de las ciencias), filosofía (ética, estética, teorías del universo, epistemología), arte (música, artes plásticas), química, biofísica, ecología, ciencias de la tierra, arqueología, etc.

1.3. Fundamentación en función de los objetivos

La elección de los bloques temáticos, tal como se adelantara en la primera parte de este documento, no va a presentar sorpresas, ni temas jamás hallados en los imaginarios planes de muchos profesores. Tal vez el aspecto más saliente —si se puede decir eso de la elección hecha— es que el énfasis de la enseñanza de la física debe estar puesto (a criterio de los autores) en el desarrollo de la capacidad de observación y de experimentación en el sentido de elaboración y desarrollo de un experimento, capacidad de evaluar los errores y mejorar la precisión y elaboración de un modelo.

En este sentido tiene que quedar claro que lo importante es que el aprendiente se familiarice con la abstracción, con las leyes fundamentales de la física del nivel que corresponda a partir de experimentos que él mismo pueda realizar o entender y cuyos resultados pueda interpretar o colaborar con los demás para interpretar. Es —a nuestro juicio— un error hablar de física transcribiéndola en términos de objetos familiares o ficticios sin antes estar familiarizados con los principios. Los artefactos que se tiene a disposición en el hogar (por ejemplo), desde luego que cumplen las leyes de la física, pero es un camino estéril tratar de rescatar éstas de un complejo tecnológico como el artilugio en cuestión y en cambio sí puede ser útil que, desde y a través de ellas, el aprendiente haga sus hipótesis sobre cómo podría funcionar el aparato. El cotejar sus hipótesis con las descripciones divulgativas puede incluso ser una vía de acceso a la creatividad.

Por otra parte, parecen un tanto tortuosas las propuestas de enseñar física a través de efectos especiales en películas o casos similares. En este punto, el problema estriba en que los efectos especiales son trucos y no leyes de la naturaleza, con lo cual se corren riesgos de interpretación de la realidad. Hay que recordar que muchas escenas de ficción tienen un muy lejano parentesco con las leyes de la física y el camino de traducirlas artificialmente desde la imagen trucada es necesariamente complicado. Ninguno de estos comentarios son excluyentes a nivel per-

sonal, en tanto cada docente puede aprovechar la ocasión para comenzar un debate sobre determinado tema, pero, desde el punto de vista de los objetivos, intentar institucionalizarlos, puede ser equivocado.

Siendo los objetivos los fundamentados más arriba en esta misma parte, parecería ocioso reflexionar a un nivel mayor sobre el particular, sin embargo, estimamos conveniente exponer la siguiente postura. La formación del sentido crítico no supone fomentar un escepticismo obsesivo sino metódico, ni pretende fomentar la paranoia educativa. Y la formación del sentido científico no pretende que todo ciudadano sea un científico ni que la ciencia sea lo único verdaderamente necesario e imprescindible. Se trata de que el ciudadano conozca de qué se está hablando cuando se habla de ciencia, de resultados científicos y de rigor científico.

2. Bloques temáticos

2.1. Nivel Inicial

La disciplina física en sentido más estricto no puede aportar a este nivel más que grandes líneas, como las ya presentadas en la sección destinada a los objetivos de la enseñanza de este tipo de ciencias en el nivel inicial.

2.2. Educación General Básica

Sin entrar a pormenorizar sobre las tres etapas internas que este período presenta, sería interesante poder introducir los siguientes bloques en la enseñanza obligatoria para todo ciudadano, siempre teniendo como base la discusión anterior:

- 1) Principios básicos de la física: Noción de ley natural. Leyes de conservación. Simetría. Estructura y organización de la materia.
- 2) Metodología experimental: Planteo de problemas y modelos de la realidad a través de experimentos, observaciones de fenómenos naturales o muestras participativas.

En este punto es importante recalcar que la enseñanza de temas tales como calor no responden a “viejas tecnologías” y por lo tanto no podrán ser encaradas en ese sentido, sino que se encaran como puntos de partida para el entendimiento del clima —por ejemplo—, aunque el nivel de acceso sea limitado y la referencia a ello debería señalarse cuantas veces se pueda. Es una torpeza habitual creer que la enseñanza de las leyes de la termodinámica está superada por

las nuevas tecnologías cuando la entropía, los sistemas fuera de equilibrio y la relación del hombre con la atmósfera están siendo temas de debate y de información parcializada permanentemente.

Para lograr el cumplimiento de estos grandes bloques temáticos se propone el siguiente esquema programático, haciendo notar que dado el período en que se desarrollan no deberá basarse sobre la representación matemática sino sobre el concepto físico:

1. Movimiento de cuerpos.
2. Electricidad y magnetismo.
3. Termodinámica y calor.
4. Óptica.
5. Simetría.
6. Estados de agregación de la materia; materiales y estructura de la materia.

Estos bloques, con diferente metodología y el agregado de algunos pocos más, pueden armar el esquema correspondiente al nivel polimodal, pues lo que cambia en dichos casos es el énfasis en las matemáticas y la lógica que serán característicos de éste último, y el hecho de que la justificación última y más profunda de todo lo que se expone no debe ser tan importante como para ocultar la variedad de los aspectos tratados por la física.

2.3. Contenidos por bloque

1. *Movimiento de cuerpos*: Movimiento. Inercia. Relatividad. Variables. Grados de libertad. Movimiento planetario. Energía. Impulso. Impulso angular: Su conservación. Oscilaciones: El péndulo. El trompo. Ondas: Sonido. Rozamiento.
2. *Electricidad y magnetismo*: Circuitos eléctricos. Corriente continua y alterna. Relación con las oscilaciones. Motores. Redes domiciliarias. Consumo de energía y potencia.
3. *Termodinámica y calor. Temperatura y calor*: Presión. Gases. Atmósfera. Transformaciones. Trabajo. Capacidad calorífica. Conducción del calor. Equilibrio. Estados estacionarios (ecología y física).
4. *Óptica*. Luz. Velocidad de la luz. Intensidad luminosa. Superficies y medios de propagación materiales. Formación de imágenes. Arco Iris. Interferencia, difracción y polarización de la luz. Redes de difracción y hologramas. Láseres.
5. *Simetría*. Operaciones de simetría. Redes cristalinas como redes espaciales.
6. *Estados de agregación de la materia; materiales y estructura de la materia*. Fases del agua y otros materiales (aire, carbón, etc.). Líquidos. Viscosidad.

dad y movimiento. Sólidos. Deformación. Plasticidad y elasticidad. Coloides (gelatinas, aerosoles). Átomos. Moléculas. Radiactividad. Isótopos.

En todos los casos, estos bloques encuentran justificación en las áreas mencionadas de la física actual y en temas como la desintegración nuclear; estabilidad en sistemas físicos; descargas eléctricas atmosféricas; campo magnético terrestre; instrumentos musicales y música; interacciones fundamentales; astrofísica y origen del universo; funcionamiento del sol; cristales; conductores; semi-conductores; aislantes; superconductores; atmósfera y clima; orden y desorden; conducción y transporte. Utilización de las leyes en la tecnología: esterilizaciones, electrónica, informática, transmisión de la información, transmisión de energía, funcionamiento de aeronaves y astronaves, etc. Y la ya mencionada relación con otras ciencias: química, matemática, historia, biofísica, filosofía, etc.

Sería interesante detenerse sobre un ejemplo (no excluyente) de tarea sistemática que puede tener varias implicaciones, incluso científicas: compilar datos atmosféricos y climáticos. Este trabajo, realizado a lo largo del año y de los años —mientras más completo, mejor— puede ayudar, luego de varias generaciones, a elaborar su propio modelo de clima local, el cual hasta puede ser de utilidad a la comunidad y convierte la tarea en algo no sólo común a una clase de una escuela sino a toda una historia en la que está toda una comunidad involucrada. En el caso de contarse con equipos para medición de ciertos contaminantes, mejor aún.

Por otra parte, las diferentes regiones de Argentina presentan peculiaridades que pueden ser estudiadas dentro del marco de estos bloques. Mineralogía, observación y medida de caudales de arroyos y canales, descargas eléctricas atmosféricas, granizos, tormentas, inundaciones —como pocos ejemplos de ellas— cuya observación puede resultar no sólo de interés práctico sino de generación de una experiencia directa con el medio ambiente y comparación con: por un lado pronósticos o prospecciones y por el otro con datos periodísticos y políticos.

En la parte siguiente, salvo algún agregado a estos bloques (aunque se sugerirá la subdivisión de alguno de ellos para su mejor profundización), estas justificaciones permanecen válidas y se darán por sobreentendidas. Sólo en los nuevos se tratará de establecer su relación con lo analizado antes.

Para definir mejor el contenido de cada bloque se ha elegido en la parte siguiente dar un resumen de contenidos mínimos, los cuales pueden ser usados para los de esta etapa ya que no difieren más que en la aplicación.

III. PROPUESTA DE CONTENIDOS BASICOS COMUNES DE FISICA PARA LA EDUCACION POLIMODAL

“No es posible hacer experimentos si no hay algo de lo que no se duda. Y esto no quiere decir, sin embargo, que se acepten a ciegas ciertos supuestos.

Cuando escribo una carta y la entrego al correo supongo que llegará, confío en ello.

Si hago experimentos, no dudo de la existencia de los aparatos que tengo ante los ojos. Tengo multitud de dudas, pero no ésta. Si hago un cálculo creo, sin ningún tipo de duda, que las cifras escritas sobre el papel no cambiarán espontáneamente y también confío incondicionalmente en mi memoria todo el tiempo. Se trata de la misma seguridad que aquella según la cual nunca he estado en la Luna.”

Wittgenstein

1. Fundamentación de la inclusión de los nuevos bloques temáticos

1.1. Fundamentación en función de los objetivos

Los objetivos de la enseñanza a nivel polimodal fueron resumidos en la segunda parte, por lo que se refiere al punto correspondiente.

En este período es necesario que, además de desarrollar experimentos que le permitan acceder a las nociones de leyes y a cómo pueden obtenerse modelos de la naturaleza a partir de ellas y de las conclusiones de los experimentos, el aprendiente pueda justificar matemáticamente sus respuestas, elaborar un esquema de generalización, emprender un nuevo modelo y limitar el error de su experimento y con ello establecer la diferencia entre el modelo y la realidad, es decir, limitar la capacidad de establecer verdades.

Por otra parte, está preparado para recibir y adquirir conocimientos sobre la ciencia moderna a nivel más profundo que en la etapa General Básica. Esto permite la inclusión de algunos bloques referidos a temas de física cuántica y su aplicación a la explicación de diversos fenómenos que ya conoce desde el punto de vista macroscópico o puramente descriptivo. Mucha de la información a este respecto podrá ser impartida a nivel divulgativo, anticipando que el problema de representar matemáticamente ciertos fenómenos está más allá del alcance de este tipo de educación. Pero —se aclara una vez más, por las dudas— la preparación del docente no debe ser a título meramente divulgativo.

En este sentido, la inclusión de tres nuevos bloques puede justificarse siempre que se cumplan las condiciones que en la parte IV serán descritas sobre la formación docente y el equipamiento para la preparación y concreción de estos objetivos.

1.2. Bloques temáticos. Profundización

Uniendo los bloques presentados en la parte anterior y combinándolos con los nuevos, el esquema programático quedaría:

1. Movimiento de cuerpos.
2. Electricidad y magnetismo.
3. Termodinámica y calor.
4. Estados de agregación de la materia.
5. Óptica.
6. Simetría.
7. Introducción a la Relatividad.
8. Sistemas Cuánticos sencillos.
9. Estructura de la materia. Materiales.

Estos bloques arman el esquema correspondiente al nivel polimodal, lo que cambia aquí es el énfasis en las matemáticas y la lógica y el hecho de que la justificación última y más profunda de todo lo que se expone debe ser al menos sugerida aunque —como antes— no tan importante como para ocultar la variedad de los aspectos tratados por la física.

Contenidos por bloque

1. Movimiento de cuerpos: Movimiento. Inercia. Relatividad. Variables. Grados de libertad. Energía. Impulso. Impulso angular: su conservación. Oscilaciones: El péndulo. Oscilaciones forzadas y oscilaciones amortiguadas. El trompo. Ondas: Sonido. Resonancia. Rozamiento. La rueda.

En este bloque la idea es mostrar el universo mecánico (excepción hecha del movimiento planetario detallado, que pasa al segundo bloque), las leyes de conservación y los aparatos que derivan de ellas y en lo posible movimiento de sistemas de más de una partícula (desintegración, choque). Sería interesante cumplir con todos los objetivos, en particular, la rueda.

2. *Electricidad y magnetismo*. Interacción eléctrica. Campo eléctrico y potencial. Campo gravitatorio. Movimiento planetario. Principio de equivalencia. Cálculos de campos sencillos. Leyes de circuitos eléctricos. Corriente continua y alterna. Inducción eléctrica. Capacidad. Relación con las oscilaciones. Motores. Redes domiciliarias. Consumo de energía y potencia.

En este bloque los conocimientos adquiridos en la EGB deben servir para empujar un poco más allá y definir ideas que van desde lo más abstracto a lo más concreto y continuar el desarrollo de la física clásica sin olvidar los aspectos “modernos” que tienen los problemas y las aplicaciones. La red domiciliaria de energía: transporte y distribución de energía en las ciudades, y los campos eléctricos, magnéticos y gravitatorio.

3. *Termodinámica y calor*. Temperatura y calor. Presión. Capacidad calorífica. Gases. Atmósfera. Transformaciones. Procesos termodinámicos. Trabajo, energía, entropía. Cálculos en transformaciones sencillas. Reversibilidad e irreversibilidad. Conducción del calor. Radiación. Convección. Equilibrio. Estados estacionarios (ecología y física).

A través del estudio de la termodinámica se culmina con lo más esencial de la física clásica. El análisis del caso particular de los gases (para lo cual se deberán introducir las magnitudes físicas esenciales para su análisis) no pretende introducir sólo la idea de la locomotora a vapor sino la de los problemas de la atmósfera (que por otro lado el aprendiente ha concebido desde la EGB). Este bloque es interesante por su relación con tantas disciplinas e información que circula hoy día sobre los procesos irreversibles, flecha de tiempo, etc.

4. *Estados de agregación de la materia*. Fases del agua y otros materiales (aire, carbón, etc.). Líquidos. Viscosidad, capilaridad y movimiento. Sólidos. Deformación. Plasticidad y elasticidad. Coloides (gelatinas, aerosoles). Superficies (pinturas).

Los materiales nuevos requieren de estudio por parte de gente familiarizada con los fenómenos más sencillos. Hasta los rudimentos de pinturas pueden ser útiles y a la vez intrigantes para el aprendiente.

5. *Optica*. Luz. Velocidad de la luz. Intensidad luminosa. Espectro electromagnético por regiones. Superficies y medios de propagación materiales. Formación de imágenes. Arco Iris. Interferencia, difracción y polarización de la luz. Redes de difracción y hologramas. Rayos láseres. Instrumentos ópticos. Color. Prácticamente no hay mundo más fascinante que el de los fenómenos ópticos atmosféricos que son accesibles gracias a las nuevas tecnologías. Láser, arco iris, colores, son palabras que convocan interés y a la vez proponen un uni-

verso en desarrollo y en cambios profundos. El aprendiz de hoy tiene que poder adquirir destreza en el manejo de las ideas que incluyen este bloque, dada la oleada de información que llega de este canal.

6. *Simetría*. Operaciones de simetría. Teorema de Nöther (Simetría y leyes de la física). Redes cristalinas como redes espaciales.

La simetría y las operaciones de simetría son una parte fundamental de la física y juegan un papel decisivo en la correcta formulación de un problema e incluso en las leyes naturales. Este tema es pasible de un tratamiento multidisciplinario.

7. *Introducción a la Relatividad*. Aberración de la luz. Experimentos de Michelson y Morley. Hipótesis relativista. Consecuencias. Verificación experimental. Paradojas con el sentido común.

Es difícil que este bloque no se lleve con entusiasmo a las clases. Sin embargo, lo más probable es que se obtenga poco beneficio debido a la general falta de preparación para adecuarlo a las exigencias que se proponen desde los aprendientes. Siendo uno de los pasos cruciales del hombre para entender los fenómenos naturales, se considera indispensable.

8. *Elementos de Mecánica Cuántica*. Sistemas Cuánticos sencillos. Fenómenos cuánticos. Interpretación. Incerteza. Efecto túnel. Conducción de electricidad. Elementos electrónicos sencillos (diodo, transistor). Superconductores. Radiactividad. Interacciones nucleares y energía nuclear. Superfluidez.

Si bien un joven puede vivir perfectamente sin tener noción de la física cuántica, ya que su vida transcurre en rangos de energías muy diferentes que a las que ésta se manifiesta, no es menos cierto que la tecnología le acercó el mundo cuántico hasta en las vacunas que recibe desde la infancia. Sin contar que el sol no es precisamente explicable desde el mundo de la física clásica.

9. *Estructura de la materia*. Rayos X. Espectros de rayas en átomos. Moléculas. Transmutación radiactiva. El núcleo. Relación entre interacciones e intercambio. Partículas elementales. Nuevos materiales.

De la estructura de la materia, todos tienen nociones más o menos precisas a través de divulgación científica y otras informaciones no sistemáticas. Hoy, aparte del mundo de las partículas elementales, el tema de este bloque se orienta hacia nuevos materiales. No podemos saber dónde terminará, pero será impensable un ciudadano que no esté alerta a los cambios que se generarán a partir de ellos.

Cada uno de estos bloques tendría un conjunto de experimentos de diferente modalidad: demostrativos, personales y en equipos (contemporáneos o en sucesión temporal, como el de meteorología). La descripción de los mismos es de mayor nivel de especialización y estimamos que puede dejarse para cuando se hayan encontrado coincidencias mínimas sobre los CBC, tanto en EGB como en el nivel polimodal.

En todos los casos, estos bloques encuentran justificación en las áreas mencionadas de la física actual y en temas como: la desintegración nuclear, estabilidad en sistemas físicos, descargas eléctricas atmosféricas, campo magnético terrestre, instrumentos musicales y música, interacciones fundamentales, astrofísica y origen del universo, funcionamiento del sol, cristales, conductores, semi-conductores, aislantes, superconductores, atmósfera y clima, orden y desorden, conducción y transporte. Utilización de las leyes de la física en la tecnología: esterilizaciones, electrónica, informática, transmisión de la información, transmisión de energía, funcionamiento de aeronaves y astronaves, etc. Y la ya mencionada relación con otras ciencias: química, matemática, historia, biofísica, filosofía, etc.

Como puede entenderse, la subdivisión y el agregado de ciertos temas logra profundizar ideas anteriores sin romper la unidad disciplinaria presentada previamente, pero sí ampliando el panorama al incluir unos aspectos esenciales de la física moderna.

IV. ENFOQUES SOBRE LA FORMACION DOCENTE

“Lo absolutamente cierto, como tal, es siempre falta de libertad.”

Adorno

“¿O juzgas que puede llegar a comprenderse el nombre de un objeto si no se sabe lo que es el objeto?”

Platón

“From the pain comes the dream, / from the dream comes the vision, /
from the vision comes the people, / from the people comes the power /
from the power comes the change.”

Peter Gabriel

Advertencia al lector

Lo que sigue no son sino reflexiones sobre cuestiones de formación docente por parte de un investigador no pedagógico. No constituyen por lo tanto un órgano que supere la discusión. Aquí, el autor propone puntos de vista sobre cuestiones adquiridas de manera empírica en relación con la didáctica de las ciencias físicas, y algunas instancias superadoras de la discusión mencionada, en instituciones con experiencia para ello, y no una estructura para lograr el recambio de los docentes dedicados a ella. Esta propuesta adquiere importancia en el contexto de las declaraciones de la casi totalidad de las comisiones de especialistas reunidos en el taller del 10 de marzo de 1994 en Buenos Aires y de los consultados sobre los contenidos expresados en las partes II y III del presente documento, en el sentido de que *la formación docente es un punto neurálgico de toda la transformación educativa* de marras.

Introducción

A modo de irrupción, hay que contestar aquí algunas preguntas implícitas en toda la reformulación de la educación que se ha venido haciendo en este documento. Considero que la educación, a todos los niveles explicitados por la nueva estructu-

ra propuesta, debe ser garantizada gratuitamente por el Estado. Esto comporta dos requisitos, uno económico y otro académico. El económico requiere que el Estado participe sin excusas en todos los niveles de la educación ofreciendo las mejores posibilidades, y el académico requiere que el Estado se manifieste acerca de cómo se están logrando los objetivos propuestos por la comunidad educativa en todas las escuelas y demás establecimientos educacionales. Esto garantiza de alguna manera (casi diría a nivel mínimo) la igualdad de oportunidades de los ciudadanos ante la realidad. Sin esa condición, el ejercicio de la democracia es un mero juego de palabras.

La otra cuestión es garantizar la posibilidad que entidades que agrupan a científicos (en este caso la Asociación Física Argentina, por ejemplo), sean invitadas a las mesas de discusión y a la organización incluso de eventos continuos de formación docente. Considero vital para el mantenimiento de la coordinación educación-universidad (tan en boga últimamente) que instituciones del tipo de las nombradas sean partícipes tanto de los cambios curriculares como del perfeccionamiento necesario de los docentes (sean de quienes están activos como de quienes lo estarán en el futuro).

Algunas de las características salientes de lo que sigue fueron resumidas en las partes II y III, conjuntamente con: 1) algunas consideraciones de carácter general sobre la formación docente; 2) algo sobre la implementación de la propuesta sobre la instalación de laboratorios experimentales en las escuelas y de lo que se conoce como “museos participativos de ciencia” (MPC) y sobre el papel que podrían desempeñar, sobre todo durante el período de EGB; y 3) ciertas consideraciones sobre la evaluación del proceso de adquisición de los conocimientos y habilidades impartidos.

Sería bueno recordar una vez más que el establecimiento de criterios como los que siguen supone un cambio de mentalidad, y considerar, sin retórica, que el presupuesto en educación es inversión no un gasto; cosa que, por una parte, casi ha pasado al rango de *cliché* de cuya veracidad hay todavía quienes dudan, y por el otro plantea la ecuación falsa de que la educación es implícitamente un negocio.

Por último, otra reflexión que me atrevo a calificar de “epistemológica”. En los libros especializados, se insiste incluso en introducir conceptos de esta disciplina en la currícula. Esto es interesante pero requiere una formación mucho más profunda y general para no provocar un descalabro peor que el que supuestamente gira en torno de la desinformación que los alumnos tienen acerca de ella. Como ejemplo, cito un caso en que se afirma que las ciencias naturales constituyen (yo hubiera dicho construyen) modelos para predecir la realidad.

Esta afirmación es temeraria, pero cierta hasta un punto: *lo que conocemos*; una respuesta así parece una paradoja de Zenón de Elea, pues lo que no conocemos es siempre algo que está más allá del otro lado, y cuando es alcanzado tras-

pone otras cosas, que sí conocemos, a ese lugar; por ende, lo que conocemos está siempre en crisis, o sea al otro lado, aunque recuperemos algo en cada observación acertada.

En efecto, es importante aclarar que lo que no conocemos no es como lo que conocemos más una corrección, el conocimiento no es necesariamente un paso al límite en el cual se estiran los conceptos que tenemos a mano para englobar a lo nuevo. La mayor parte de las veces que en la ciencia se produjeron conocimientos verdaderamente revolucionarios fue verdad precisamente lo contrario. Entonces hay que tratar de hacer claro esto: es fundamental que se entienda que, lo que no se conoce, lo que no se sabe, puede ser de naturaleza completamente diferente de la conocida. Un ejemplo: el clásico iceberg. Se dice de él que lo que flota es una parte pequeña de lo que es y se lo compara con el conocimiento humano; es decir, sólo una pequeña parte es conocida, el resto yace bajo el nivel del mar.

Con esa metáfora se está haciendo una afirmación epistemológica muy importante: el iceberg, debajo del agua, sigue siendo hielo, tiene las mismas características que el que está sobre la superficie, sólo que no lo vemos; claramente sobre ello podemos predecir. Pero esta casi metonimia no es la realidad, porque ésta es la que es, no la que queremos que sea y la visión tranquilizadora del iceberg no es la que el científico tiene de su materia (de la materia). Es muy importante clarificar esta idea: la realidad no es lo que conocemos más una corrección que nos acerca a ciertos resultados díscolos. Nuestro modelo sirve para predecir lo que conocemos, pretender extenderlo más allá es el paso en el que se fracasa. Enseñar otra cosa es hacerlo sobre una plataforma falsa, precisamente en contra de lo que se pretende transferir en una clase de ciencia.

1. Preparación de un docente de física

En esta sección no pretenderé ser exhaustivo ni estar esclarecido sobre los diferentes mecanismos que se puedan crear para esta preparación. Las sugerencias, sin embargo, no parten de una preocupación por una deficiente técnica didáctica por parte de los docentes (aunque es de fuerza admitir que en ciertos casos esto es así) sino por una muchas veces deficiente preparación específica, de modo que a eso apunta el debate y por lo tanto más bien me limitaré a consideraciones muy vastas.

La física (como casi todas las disciplinas) tiene un valor formativo (no meramente formativo, sin embargo). Si el docente no está formado con cierta profundidad, genera, por ende, un desorden formativo. Esto hace que la formación del docente adquiera una importancia crítica, que supera las pretensiones de esta parte. Cito, por ejemplo, una de las verdades de perogrullo ya mencionada en la parte I de este documento: no se debe enseñar lo que no se sabe. En rigor no se puede, y en el intento de hacerlo quedó plasmado un resultado escalofriante y

paradojal: muchos docentes universitarios estarían prestos a firmar una declaración en el sentido de que si se sigue enseñando física en la escuela tal como en los últimos años, sería preferible eliminarla de la currícula para quienes deseen seguir alguna carrera universitaria relacionada con ella. Esta reacción lleva implícita la dificultad de erradicar las concepciones erróneas adquiridas a temprana edad, y sobre las cuales difícilmente se puede construir un modelo inteligiblemente cierto o aun más, provocar una aversión por el conocimiento científico sólo por reacción a la enseñanza que pretende que “se le crea” al docente sólo porque lo es. Obviamente la paradoja de más arriba tiene solución, sólo que parece que hay que encontrarla.

Parte del discurso que nos llevaría a la solución parece yacer en esa verdad aparentemente obvia a la que hice mención en otra oportunidad. El docente —en este caso particular— de física, debe saber lo que está enseñando, más si se tiene en cuenta que está exponiéndose a la curiosidad implacable de los adolescentes, por lo que en su exposición tan sólo puede traslucir una parte de los fundamentos, los cuales se irán develando con mejor éxito si logra que sus aprendientes afinen la observación al punto tal de gestar en ellos las preguntas que los llevarán hasta el límite (al docente y su clase). Y en ese límite del docente, poder confesar que la pregunta quedará insatisfecha, porque no saber no puede provocar ningún bochorno pues es, en principio, una actitud natural frente a las cosas de la realidad. Así, el cuadrilátero muchas veces mencionado de afecto, respeto, credibilidad y confianza, para cuya resolución se han buscado muchas vías, tendría al menos un ingrediente más: la sinceridad desde la sabiduría, para hacerle creíble a un alumno lo que se le recita de la ciencia, tanto desde la cátedra como desde los medios masivos de “comunicación”. Porque si es cierto que no existe una única forma de aprender, tampoco habrá una única forma de enseñar.

Todo este ideal puede fracasar por el simple expediente de la preparación deficiente o insuficiente de los docentes, no tanto en el área didáctica, sino en la de los conocimientos específicos. Este autor entiende que los docentes deberían tener una cierta especialización temática, de modo que en la EGB el aprendiente tuviese contacto con alguien preparado en alguna especialidad, en este caso en las ciencias experimentales.

En este punto es de resaltar que en la propuesta (tanto para el EGB como para el polimodal), es idea de este autor que se incluyan temas de divulgación en los bloques. Esto no quiere decir de ninguna manera que el docente debe tener una preparación explícita en “divulgación científica”, sino que debe tener una formación que le permita abordarlos a un nivel superior de comprensión, o al menos poder relacionarse con el mismo a un nivel superior. Para eso, la reflexión, el estudio previo y el contacto con las universidades y centros de investigación, pueden resultarle útiles. Es inútil tratar de soslayar estas cuestiones con la mordaza de que la ciencia no está incluida en la divulgación, que es algo de entrecasa. Hoy —

hecho inédito— son tantas las vías de acceso a lo que supuestamente se sabe, tantos los libros, revistas y diarios que se refieren a la ciencia y a la tecnología, que ignorarlos sería como presentar la realidad violentamente distorsionada y hacerse pasible de críticas como de querer ocultar la verdad o pretender seguir en la famosa “escuela que no sirve”.

Este concepto de “escuela que no sirve”, que nace desde un sinnúmero de centros de generación de opinión es, por medio de una paradoja bastante insondable, utilizada desde el púlpito para darle la espalda a la transformación. No es necesario (ni siquiera suficiente) que se enseñe a arreglar heladeras (TV, computadoras, *discman*, etc.) para que una escuela sirva o para que se diga de ella que sirva. El hecho que parezca que los docentes no tienen qué enseñar “que sirva”, tiene mucho más que ver con toda una sociedad que no sabe qué pretende de la escuela (más allá de la retórica habitual) que con la realidad. El proyecto es siempre esencial al objetivo.

Si bien el grueso de los contenidos curriculares no puede, por razones epistemológicas regionalizarse, no es menos cierto que el contacto con las universidades o centros de investigación regionales hará que las escuelas adquieran didácticas que puedan conciliar con lo heterogéneo y se enriquezca globalmente a la educación en variedad y con variedad. La confusión parcial proviene sin embargo entre contenidos y didácticas. Este es un punto crítico pues es al parecer necesario incluir en el currículo temas regionales para convencer de cuánto sirve una Escuela y no le veo valor programático sino epidérmico, hasta puede caer en lo cosmético. Esto no excluye la posibilidad de hacerlo para contar con el apoyo de centros de investigación radicados en la zona y por lo tanto con medios académicos para desarrollarlos al mejor nivel, incluso a nivel de excelencia. Se sugieren aquí temas de geología, arqueología, clima, astronomía, disciplinas que pueden encontrarse desarrolladas en muchas localidades del interior (algunas insospechadas) y favorecerían un acoplamiento universidad-escuela que cambiaría globalmente la relación actual de mutuo desentendimiento.

He aquí, si se me permite, otra verdad de perogrullo: no se debería criticar lo que no se comprende, que se apareja a la otra: no se debería dejar de criticar lo que se comprende. La primera es a veces motivo de confusas apariciones del ocultismo en la explicación de parafenómenos y conlleva por lo general al irracionalismo aprovechable por el autoritarismo; la segunda perogrullada es una actitud clásica en gran parte de los aprendientes, quienes no intentan la crítica para no recibir de parte de la autoridad regañadientes, conlleva pues al miedo, que es, por consecuencia, un arma del poder irracional y autoritario. Ambos vicios se aprenden en una escuela más vasta que la que nos ocupa, que es la que debería apuntalar el proyecto de todos.

Admitiendo que la forma en que se administran los conocimientos pueda tener relación con los resultados obtenidos (al respecto, sería conveniente releer *Galileo Galilei* de B. Brecht y también el dibujo de la página 46 del libro: *Una didáctica*

de Julia O. Medaura en el que dos jóvenes, en un subibaja, están desconsolados porque su maestra habló tanto sobre el punto de apoyo que no entendieron nada), no se puede negociar que a veces se nos ha desmadrado la educación, que se quedó en la forma y se desatendió el contenido. Con tal de llegar a toda costa al joven se cayó en el abismo, en cambio, de la liviandad y se admitieron baches, se justificaron planes de mínima tan mínima que resultaron inexistentes en la clase, evaluaciones completamente injustas y otras linduras. Un ejemplo que parece sacado de manuscritos medievales o novelas de U. Eco, es enseñar que no es la Tierra la que gira alrededor del Sol sino lo contrario porque “para los chicos es muy difícil concebir que son ellos quienes se están moviendo”.

Otro ejemplo (sobre todo en Matemáticas), de no enseñar “para no arruinar las capacidades de creatividad” está entre los clásicos de la didáctica de terror. Repito conceptos ya vertidos: “No enseñar no fomenta la creatividad, la aplasta”.

El hecho de que esto ocurrió con otras disciplinas, no justifica el vandalismo cultural que comportó. Clases de idioma extranjero en las que se traducen los horóscopos, clases de ciencia en donde los procesos mentales, los personajes de la historia de las ciencias, los hechos de las ciencias se estereotipan, se baratean con fines supuestamente educativos, el fomento implícito a horas frente al televisor *per capita* que superan con holgura las dedicadas a entender, escuelas con mercaderes de toda laya, esparcen por el aire bandadas de causas para la deserción y/o el desentendimiento. Por un lado, la deserción de quienes buscan en la instrucción una manera de crearse una carrera, que son centrifugados con violencia por una desesperante inoperancia en las instituciones para poner un poco de ingredientes afines a aquellos deseos; por el otro, desertan o se desinteresan quienes pretenden que se les fomente la creatividad a través de la reflexión, la invocación a los libros y a las bibliotecas (sin quedar pegados a la imagen de eruditos enajenados del mundo) y el ejercicio del estudio como una de las herramientas para el cambio, pero que en cambio son rechazados por un régimen que —como complemento paradójico a la molición educativa—, añade la represión al movimiento en favor de una educación acorde con aquellos otros deseos.

El resultado es muy parecido a una máquina de picar carne que alguna vez supo ser la metáfora gráfica de la escuela. Hay que volver hacia el origen de la educación, entender que la democracia se sustenta en buena parte en ella para ser algo más que un mero ejercicio dominical esporádico, participar de los sueños de las generaciones jóvenes y ya no tanto, pero hoy. Como seguramente ya lo dijo alguien: sin apuro pero con urgencia.

Mucho se menciona a este respecto que los factores que influyen sobre una enseñanza mala son externos e internos. En general, desde el poder se fomenta el estudio, análisis, adecuación y cambio de los internos, dejando los otros de lado. Se

pretende entonces que un cambio pleno de la educación se realice en un plano paralelo al de la realidad, desvinculado de los problemas reales que aquejan a la comunidad y por ende se arrastra a la misma en la pobreza de medios porque, precisamente, se la divorcia del futuro, se la utiliza como una simple socialización de lo posible. Por puro voluntarismo se pueden lograr efectos visibles microscópicamente. También es posible que pequeños emprendimientos florezcan en medio del erial. La transformación es, en cambio, un problema global, por lo que jerárquicamente las variables externas condicionan, si no como “condiciones de contorno”, como patrones (dueños de la situación) y la perturbación producida por esas microscópicas islas es demasiado pequeña como para inducir un cambio de estado global, pero sí la suficiente, algunas rarísimas veces, como para que podamos soñar con ello.

El tema de la enseñanza de las ciencias experimentales ha sido tratado extensamente en muchas oportunidades y publicaciones, desde los puntos de vista más variados, contradictorios y enriquecedores, tanto como para que los especialistas tengan en mano tesis y antítesis suficientes como para armar —a partir de ellas— la respuesta a la que aludía más arriba, de modo que es un poco fuera de tono una exposición al respecto por parte de un lego. Con todo, subsisten serias dudas, originadas en el plano epistemológico, que hacen que no se pueda encontrar un objetivo global para enseñarlas, probablemente porque éstas se comportan entre los aprendientes como las materias “plomo”, las que hay que soportar para pasar de grado.

Sólo quisiera que se tuvieran en cuenta un par de verdades más, que suelen ser potenciales enemigas de la física escolar: cuando se enseña física, se debe comenzar por enseñar física. Puede ser que un poco de historia de las ideas, como el jengibre, añada un sabor que para muchos será agradable, pero enseñarla a través de las matemáticas, comporta no sólo una transcripción sino una traición. Hay que distinguir el hecho físico de su interpretación a través de la expresión matemática que lo formula. En ese sentido, la elección de bloques temáticos que se hizo en las partes II y III, ofrece la posibilidad de hacer física con la mente, antes de hacerla con las ecuaciones. (Ni que decir cuando en su enseñanza se entremezclan burdas falsificaciones de “ciencias” de otro tipo.)

Hay que entenderse: la matemática es el lenguaje más adaptado a la física, tanto que se confunden en niveles que yacen entrelazados fuertemente en un espacio conceptual que les es muy particular y privado, y al respecto existen ejemplos de los más variados para explicar lo que este autor quiere decir. Pero no se puede educar desde las matemáticas a observar y medir un fenómeno sin traicionarse. Aunque el aprendizaje queda incompleto sin un análisis de los datos, más de una vez se recurre, por razones poco sustanciales, a las matemáticas.

En ese sentido, es opinión de este autor que la formación de un docente de física debe ser también profunda en matemáticas, para que pueda separarlas cuando el contacto entre ambas permitan una clara visión del fenómeno y de su representación. Es inútil que se repitan esos conceptos si no se los tiene como mecanismos internos.

Es cierto que están apareciendo más y más libros que sintonizan con esta opinión y a su vez docentes que terminan por entender que algo no está bien en un apilamiento de fórmulas que a nadie dice ya nada. Pero las reacciones son pendulares y se corre el riesgo de pasarse del equilibrio —si se me permite una metáfora mecánica— y volver sobre el fracaso de una enseñanza sin lógica interna, sin ese peculiar sabor de las matemáticas.

Es en este sentido, y para poder cumplir con las verdades mínimas, que el docente debe estar preparado al mejor nivel posible; las universidades (e institutos de nivel comparable, no hay que confundir nombres con niveles) deberían hacerlo como si estuvieran preparando físicos (hay quien sostiene que deberían ser los mejores, ya que de ellos dependen las futuras generaciones de ciudadanos y también de físicos), de modo que se logre un equilibrio entre formación pedagógica y científica y no llegue nunca a suceder que se le enseñe cómo enseñar, aun lo que no sabe.

Para que todo esto se logre faltan mencionar muchos ingredientes (la continuidad democrática, el ejercicio del poder ciudadano son otros que están implícitos) pero el fundamental es la jerarquía que se le quiera dar a la enseñanza. Creo que de este sistema se debe esperar calidad aun a costa de la cantidad, aunque lo deseable es que funcione para generar ambas cualidades. Creo también que la tarea de los profesores debe funcionar en una dimensión completamente diferente de la actual. Es en ese sentido que este autor propone que los docentes deben obtener cargos de Dedicación Completa (o Exclusiva) al que accedan por concurso, y que éstos estén remunerados de modo tal de poder resolver los problemas económicos del docente, sin tener que recurrir a la múltiple ocupación debido al endémico problema de los sueldos por colegio.

Con esta medida se lograría: a) evitar la falta de tiempo para el perfeccionamiento (hoy reducido a reuniones de horas de duración, algunas veces por año); b) un contacto más frecuente con sus pares (incluso los universitarios donde los hubiere), y c) revertir la pobre dedicación a temas extraescolares. Estos concursos podrían otorgar estabilidad luego de un período de diez años, durante los cuales se realizaran al menos dos concursos. En este sentido no interesa tanto la oposición pública, como la verificación de la evolución de su cátedra a lo largo de los años: la inclusión de nuevas prácticas, la obtención de subsidios para desarrollarlas, la oportunidad que le brinda a sus alumnos de formarse. Es decir: un conjunto de antecedentes tangibles, pero que a su vez vayan más allá de los papeles. En estos concursos considero de importancia la participación de instituciones que logren garantizar una evaluación ágil.

Si bien la enseñanza de las ciencias es en sí misma una ciencia (o puede ser considerada sin peligro como tal), la evaluación de la actividad de un docente (o de un científico) estaría en serios riesgos de equivocación si se la quisiera hacer pasar como una ciencia. Por ello, la participación acordada de la universidad, podría desestructurar la evaluación de la actividad de un docente (tanto de EGB como de poli-modal).

Esto también supone una mayor concentración de actividad en las escuelas, que tendrían que construirse (ediliciamente también) de acuerdo con criterios de entidades culturales de mayor rango, de agrupaciones con objetivos precisos de educación pero con un criterio difuso de generadores de actividad cultural de la comunidad a la que pertenecen.

Sin profesores o maestros capaces de reflexionar, de tener tiempo para algo diferente al “negotium”, la implantación de la física como disciplina eminentemente experimental, fracasará. Si se pretende éxito en una gestión educativa en ciencias experimentales, tanto observaciones como experimentos se deben realizar con habilidad y paciencia e interpretar con conocimiento y paciencia. El tiempo no puede ser un enemigo del alumno ni del profesor, porque entonces la vida en la escuela se convertiría en un paseo por un estudio de televisión.

Las tendencias que se vislumbran en la literatura especializada y sus lectores encaran de diversas maneras el cómo llegar a los aprendientes con mayor eficacia, tratando de llegar a objetivos como los soñados a lo largo de este documento. En ese sentido parece que está clarificada gran parte de la tarea sobre estrategias. No hay nada que pueda este autor agregar a la literatura consultada en la que básicamente se concuerda en llegar a los jóvenes a través de técnicas —para los ojos de un lego como el autor— muy respetables.

Un punto en el que tal vez habría que observar con cierta medida, es sobre cuál es el peso que un docente debe dar a los conceptos previos, prejuicios o preconceptos que el aprendiente aporta a la clase. No quiero discutir ni sobre su existencia (nadie es un “cabeza hueca”) ni sobre la necesidad de evaluar su entidad ni sobre la influencia que podrían tener sobre la didáctica a emplear, sino sobre el empeño que cada docente habría de poner para lograr sacar partido de ellos. Si el conocimiento previo es erróneo y está implantado, hay que convencer al ciudadano de la versión más correcta con el único medio a disposición que es la observación, y si no es erróneo, sea bienvenido para apuntalar a la clase. (De todas maneras, es de suponer que la transformación educativa va a tratar de circunscribir esto a las etapas más tempranas de la educación.)

Esta simplificación es, en cierto modo, toda una herejía pero lo cierto es que no todos los docentes pueden darse el lujo de establecer a ciencia cierta qué están creyéndole sus eventuales oyentes y perder de vista los objetivos fundamentales de su tarea que son plantear el problema (la o las preguntas), dar su versión de cómo

mo podrían ser observados los fenómenos que generan esas preguntas, guiar la observación y/o experimentación y ayudar en la evaluación de los resultados y su interpretación tanto como sea posible para emancipar a sus aprendientes a la vez que gestar la creatividad. Después él mismo evaluará a cada aprendiente en el sentido de cómo adquirió sus conocimientos. Claro, esto no es fácil y es en rigor un llamado a vincular al docente más a la práctica educativa (en la cual se presentan problemas concretos) que mantenerlo en la teoría (que debe ser manejada por otro tipo de expertos o por él mismo en otro plano). Es en este contexto en el que cada docente podrá hacer una evaluación de su propia actividad, y aunque esto reporte beneficios eventuales, no puede sentirse obligado a ello por un sistema que está en transición.

Esto no implica de ninguna manera tener docentes que sólo apliquen recetas, más bien implica tener docentes expertos en lo que enseñan y en enseñar. Para resolver este desafío y la paradoja educativa mencionada al comienzo, los docentes (y no es un juego de palabras) tienen que recuperar su condición de tales.

Al parecer, las ideas previas suelen ser evaluadas más que como método de aprendizaje, como método de —valga la redundancia— evaluación, y aunque esto es tema del final, vale recordar que la misma suele presentarse en la realidad de nuestras escuelas, más que como medida de lo que aprendió —o sabe— un aprendiente, como una medida de cómo adquirió los conocimientos oficiales. Aunque esto no figura en las teorías de la educación y suele ser frecuente materia de olvido, la palabra maestro tiene el significado de “medida de todas las cosas”, de patrón y por lo tanto la evaluación parece ser el instrumento por el cual se mide la entidad de la desviación que se logró a partir de las condiciones iniciales.

No es que esté a favor de admitir el error con tal de defender la libertad de opinión, pero creo que (cito a Manolito) hacerlo “protagonista de su propio cero” es poco edificante y en el desafío la que pierde es la física, que pasa inmediatamente al rango de materia “plomo”, como aseguré antes.

Otra versión simplista de la enseñanza de las ciencias, pero en sentido contrario, consiste en suponer que se sabe todo lo que hay que enseñar, sólo que a veces se confunde el procedimiento didáctico para hacerlo. Algo parecido se dice del mago: “Fracasa el mago, no su magia”, pero estamos entrando en otro terreno.

En resumen, la propuesta se funda en los siguientes puntos, a saber:

- Preparación específica en el conocimiento aun para docentes de EGB en ciencias experimentales (naturales).
- Hábito de trabajo compartido, con algunos perfiles comunes, desde la formación del docente, tanto con los de la misma área temática, como con los de otras disciplinas.

- Contacto permanente entre docentes en formación y docentes formados, no sólo durante jornadas de perfeccionamiento cuanto a responsabilidades de asistencia en clase con quienes serían sus potenciales alumnos, preparación de experimentos, etc.
- Formación de nivel universitario de los docentes de ciencias experimentales que permita el abordaje de los nuevos programas desde el conocimiento cabal de la materia. (El autor insiste aquí que los contenidos y las metodologías son determinantes esenciales, no el nombre de las instituciones; lo que en general se entiende por nivel universitario de la educación se corresponde con las universidades, pero esto no pretende ser excluyente de otro tipo de instituciones que logren el objetivo bajo otro nombre.)
- Cargos con Dedicación Completa (con carga horaria explícita para perfeccionamiento, mantenimiento y transformación de los laboratorios, colaboración con clubes de ciencia, ferias de ciencia, asistencia a cursos, seminarios, simposios y talleres de física, dictados por personal de la mayor competencia) y sueldo acorde con la tarea, comparable incluso al universitario.
- Cargos por concurso. Esto debe ser reglamentado a partir de propuestas que partan de los docentes o sus representantes. En estos concursos deberán ser tenidos en cuenta factores como: subsidios recibidos para implementación de nuevas prácticas de laboratorio con laudo de universidades cercanas, etc. Es importante que organismos de gran movilidad puedan participar de estos concursos.
- Cursos permanentes de perfeccionamiento, planeados desde un punto en común entre escuela y universidad, para los profesores en actividad. Con evaluación. Tener en cuenta que las horas de talleres proveen de material escasamente útil, aun cuando cuentan con escasísima influencia sobre los aspectos formativos, generan en el docente la angustiada sensación de “darse cuenta” sin saber luego qué hacer con ella.

2. Implementación de laboratorios y museos de ciencia

Una mínima justificación de los trabajos en laboratorios de ciencias debería contar con argumentos probados científicamente como ciertos. Esto es lo difícil. Quiero señalar, antes de entrar en su descripción y posible materialización, que existe una vinculación fuerte entre la estimulación y la enseñanza que no admite muchas variantes. El esquema observación-experimento provee al docente de una fuente inagotable de estímulos. De todas maneras, no se debe caer en la simplificación de que los proyectos experimentales u observacionales reflejan una actividad científica o, peor aún, que resuelven el problema de encontrar a través de ellos

las leyes fundamentales de la naturaleza. Lo que sí dan al aprendiente es la posibilidad de reencontrarlas, de rediscutir sus alcances, de ratificarlas por mano propia, aprehenderlas. Eso es aprender, también, pues genera una modificación operada por el mismo aprendiente, en supremo esfuerzo de colaboración con su docente.

Laboratorios

La puesta en marcha y mantenimiento (esto es crucial) de los laboratorios escolares estaría a cargo de docentes que tuvieran una dedicación completa de marras, y el grado de complejidad que pretende el sistema que sea alcanzado dependerá de su capacitación posterior, ya que se podrían implementar mecanismos de concursos de nuevas ideas para instalar más o mejores experimentos, en base a la tarea personal de búsqueda e investigación educativa. En otras palabras: los aportes económicos (fundamentalmente del Estado aunque pueden preverse otras fuentes) y los esfuerzos de los docentes, si han sido ejecutados con profesionalismo (¡es hora de poner límites al voluntarismo!), son los ejes principales del establecimiento de buenos laboratorios.

Museos

Los llamados “museos participativos de ciencia” parecen a simple vista un elemento secundario y hasta —para poner palabras de un especialista consultado— poco atractivo. Creo que antes de llenar el espacio de la discusión debo explicar mi posición frente a ellos.

Para el público, la palabra museo suele evocar un lugar en donde la vetustez y estática son los elementos preponderantes. Cuadros, estatuas, pedazos de cosas, son los nombres que dan la mayoría de los niños y pre-adolescentes a lo que encuentran en los museos (o encontrarían en caso de llegarse por casualidad a uno). Es claro que la palabra arte (por no mencionar la creación) no figura en ese léxico tan cargado de connotaciones negativas al respecto.

Sin embargo, un museo debería ser un lugar de inspiración (sin intentar hacer etimología barata), el lugar en el que la gente va a aprehender el mundo de la creación, los universos que los artistas han logrado crear a partir de la realidad incógnita, de la pregunta. Eso mismo, desde el Smithsonian de Washington al Museo de Londres, destinado a la ciencia y la técnica, o museos similares en París y Buenos Aires, en los que los niños y los jóvenes pueden observar y correlacionar observaciones, sobre bases y equipos que son de mayor costo y complejidad que los de los laboratorios escolares, es lo que pretenden estos museos en los cuales elementos de observación precisa, adquiridos en el laboratorio, pue-

den expandirse, con el consiguiente beneficio de la situación menos estructurada que puede vivirse en un salón.

Los MPC pueden interpretarse entonces como acercamientos a la observación sistemática y a su vez al ciclo: observación - pregunta - elaboración - datos - programa de resolución N° 1 - ídem N° 2 - ídem N° 3 - etc. ... - pregunta... - etc.

Ciertamente, en los MPC tal como se los concibe actualmente, subsiste cierto grado de confusión entre ciencia y tecnología (entre fenómenos y aparatos que los reproducen), pero un buen proyecto que los reformule en la medida que sea distinguible para el usuario qué es cada cosa, si se puede y la aprovecha en consecuencia, podría surgir de un serio programa en ese sentido.

Los MPC no pueden sustituir a la observación-experimentación con evaluación cuantitativa, las cuales a su vez no deben dejar de lado la posibilidad de estar haciendo una interpretación “meramente” causal de tales resultados. No opera así la ciencia, tampoco debería operar así la enseñanza de los resultados de las mismas. Menos aún si lo que se pretende es infundir un conocimiento crítico de la realidad.

Yendo al costado económico de la cuestión, es obvio que no se puede instalar un MPC ni por cada escuela ni por cada ciudad. Hay que establecer con los especialistas el número de personas con “edades EGB” (para el sistema polimodal, es obvio que los objetivos de los MPC irán cambiando, pasando a una etapa en que los aprendientes puedan visitar “la trastienda” de aquéllos para consolidar una etapa de elaboración artesanal de la cual se hablara en las partes de este documento) que cada museo puede soportar con tranquilidad y actuar en consecuencia. En caso de localidades pequeñas, por regiones se puede establecer cuál será la ciudad que hospedará el MPC (el cual puede ser itinerante, con períodos de dos años, aunque en opinión de especialistas consultados esto no resultaría, por lo que se puede ajustar la propuesta a una etapa de transición breve).

La instalación de MPC puede hacerse vía créditos federales a las provincias que deseen entrar en este sistema para cubrir los CBC, y por concursos en los que se estudiarán las propuestas de las comunidades involucradas con jurados formados por especialistas de cada disciplina (esto puede hacerse multidisciplinario para abaratar costos).

Esta cuestión deberá acompañarse con una gestión decididamente seria sobre las “ferias de ciencias”, con mayor participación de la universidad que corresponda a la región de las escuelas en las que se instale este sistema, para darles la jerarquía y formación permanente a través de cursos para los cuales las universidades recibirán créditos especiales. Esto queda claro de la condición de Dedicación Completa, como se explicitó en el punto 1.

La Secretaría de Ciencia y Técnica, asesorada por la Asociación de Física Argentina y otras organizaciones similares, podría instituir subsidios para llevar a cabo

nuevas experiencias o proyectos surgidos de los clubes de ciencias que resulten particularmente atractivos, tanto desde el punto de vista de innovación educativa como tecnológica y aún científica, y hasta sería de gran importancia lograr becas para que los alumnos destacados en la EGB y el Polimodal (en el caso especial de la física, pero no restringido a ella) puedan desarrollar sus tareas de club de ciencia que haya logrado despertar interés.

Por último, sería interesante que desde los organismos de control y gestión política, se organizaran concursos de libros para las etapas mencionadas en todas las disciplinas, fiscalizados por científicos de reconocida trayectoria, teniendo en cuenta los bloques temáticos señalados a partir de las contribuciones de los especialistas, sobre todo en el sentido que —al menos el presentado por este autor— no representan un programa o secuencia lógica sino lo que no debe soslayarse.

3. Evaluación en ciencias experimentales

Como se dijo más arriba, el docente-patrón, medida de todas las cosas, suele (esto deja a salvo a quienes quieran ponerse a salvo, pero la realidad marca lo que digo) por más de una razón que no enumero pero que se conocen, evaluar con un sentido de: ¿cuánto se acerca lo que dice el aprendiente —en este caso se dice alumno— a lo que yo enseñé en clase? Evaluar esto no es fácil, pero cualquier docente está lleno de recetas para hacerlo con confianza.

Evaluar en cambio cuánto sabe el aprendiente es más difícil. Evaluar cómo adquirió las capacidades de relacionar, de buscar, de observar, de juzgar, de haber resuelto cuestiones, pero también, en cierto equilibrio con éstas, evaluar los saberes adquiridos, es imposible en un contexto de “sacar una hoja”. En primer término menciono que el docente entonces deberá separar la ingenuidad del ingenio, la habilidad del análisis. Deberá aceptar en principio la diferencia de opinión respecto incluso de las hipótesis y de los caminos seguidos (sobre todo en niveles de enseñanza más profundos). Ahí los paradigmas son como los espíritus de las cavernas y de poco le sirven al docente. Sólo una sólida preparación y un espacio para la reflexión, harán que en cada caso encuentre lo que está buscando.

En realidad, la pregunta sobre la evaluación es: ¿cómo construirme una opinión acerca de lo opinado por el aprendiente desde la opinión en discrepancia? La cuestión es entonces diferente: se trata de saber qué se sabe (para lo cual es innecesario saber qué se supo, narcisismos aparte) luego de realizadas las tareas que comprenden los diferentes cursos.

La metáfora: “la evaluación es la muerte (fusilamiento, aplastamiento, mutilación, etc.)”, clásico de la literatura infanto-juvenil, no es nueva y proviene proba-

blemente del uso correctivo-represor que se ha hecho de la evaluación por parte de quienes no supieron o no quisieron controlar faltas disciplinarias y que tal vez se haya generalizado como un deslizamiento a la franqueza de darse por vencido ante la aparente enormidad de la tarea de enseñar cosas que aparentemente no sirven a gente a la que aparentemente nada le interesa. La convivencia secular aprendiente-maestro ha creado un entendimiento mutuo que pretende no tener futuro pero reniega del pasado y no se conforma con el presente. Esta estructura-relación necesita oxígeno.

El docente que convive con un grupo de aprendientes en forma dedicada — siempre que, en ése, el número de aprendientes no sea excesivo— debería ser capaz de realizar una evaluación continua, sobre todo teniendo en cuenta que en las ciencias experimentales lo objetivo es el resultado de una observación o experimentos que —de haber sido correctamente diseñados— deben dar resultados para los cuales el aprendiente debió adquirir aptitudes especialmente diseñadas para él. Esto no es una receta. De hecho, no la habría sino en forma abierta, porque si bien la objetividad es un punto necesario en toda evaluación, lo cual hace en general a la justicia, no menos cierto es que el grado de adquisición de un conocimiento es a veces un complejo enlace entre el lenguaje, los resultados, el entusiasmo (sin falsos voluntarismos) y el contacto con la lectura adecuada.

La propuesta entonces debería centrarse en estos puntos:

- No hay posibilidad de aprender lo nuevo sin que todas las partes intervinientes tengan la seguridad del paso previo cumplido: esto significa que la evaluación es un paso fundamental de toda didáctica.
- Se propone, en base a las condiciones supuestas de los docentes, un tipo de evaluación continua, por grados, de resultados de laboratorios (de observación, de experimentación), de proyectos, de investigaciones (bibliográficas incluidas) y evaluaciones oficiales que pueden ser más espaciadas y con carácter universal.
- Sería deseable que se creara un espacio desde el cual tratar de aprehender lo que el aprendiente adquirió y no de evaluar su rendimiento según lo estipulado por una fórmula. Para ello, se debe instrumentar una herramienta sin la presión inevitable de los métodos habituales de evaluación por disección.
- Evaluación diagnóstica, no de prejuicios (o preconcepciones) sino de bases de sustentación de los conocimientos que deberán ser impartidos. En estas pruebas de diagnóstico importa más lo que se sabe que lo que se sabe mal, de forma incorrecta o sean concepciones comunes sobre la disciplina que empieza a aprenderse.
- Una evaluación universal proveería de un banco de datos para becas de estudios superiores o pasantías en empresas y de elementos específicos para saber determinar la marcha de la reforma educativa en forma sistemática. A su vez, para

las escuelas, una evaluación de este tipo puede aportarle subsidios especiales para investigación en los campos críticos, los cuales podrían ser administrados por la Secretaría de Ciencia y Técnica de modo que se puedan vincular con proyectos existentes. Esta evaluación puede ser más esquemática que las otras evaluaciones para no influir negativamente sobre el ánimo ni la formación de la madurez de los candidatos, ni en ese desdoblamiento que se podría producir en la enseñanza entre “la que se enseña para aprobar la evaluación global” y la otra.

EPILOGO: ¿Qué, evaluación?

Hay algo que no sé
que supuestamente debería saber.
No sé qué es lo que no sé
y que supuestamente debería saber
y siento que me veo estúpido
si demuestro no saberlo
y no saber qué es lo que no sé.
Por lo tanto simulo saberlo.
Esto es una tortura para mis nervios
puesto que no sé qué es lo que debería saber.
Luego, simulo saberlo todo.

Siento que tú sabes lo que yo supuestamente sé
pero no me puedes decir qué es
pues tú no sabes que yo no sé qué es.
Podrías saber que yo no sé, pero no
que yo no lo sé,
y no puedo decírtelo. Así que tendrás que decírmelo todo.

Ronald Laing (“Knots”) (Trad. libre.)

Agradecimientos

Quiero dejar claro mi agradecimiento a quienes han creado junto a mí este documento, a través de discusiones, de aportes, de contribuciones nada triviales que lo han invadido, haciendo de él menos un artefacto puro como un conjunto de ideas puestas a disposición de la discusión. Sin embargo, como es habitual, no quiero con esto deslindar responsabilidades y asumo una completa responsabilidad sobre lo que en él se dice.

En primer lugar quiero agradecer a la Universidad Nacional del Centro y a mi facultad, las cuales me alentaron en este propósito a través de sus autoridades.

A compañeros y compañeras de trabajo, como la Dra. Graciela Bertuccelli, con quien tuve el exquisito gusto de compartir la autoría de esta propuesta de contenidos básicos comunes. Y en la lista, sin por ello estar en otro nivel, figuran los que fueron encuestados: Roberto Gratton, Oscar Di Rocco, Gabriel Bilmes, Estela Islas, Eduardo Caselli, Alberto Somoza, María Delia Ayciriex, José Fariña, Mario Faure, Ricardo Romero.

Un capítulo especial en estos agradecimientos lo merece Sergio Guzmán a través de quien logré concretar algunos pasajes que sin su colaboración hubieran quedado en la mera retórica; y a Laura Elissondo, Mónica Ugarte, toda gente de la Secretaría de Investigación y Postgrado de la Facultad, que me dieron ánimo y tiempo del suyo para completar el documento.

También a mi familia, este documento le debe algo, las lecturas de traspase de Marina, el tiempo que no le dediqué a Ignacio...

Comentarios finales

La presente tiene por objeto señalar que, en opinión del autor y en concordancia con lo expresado en esta parte, toda actividad que lleve a una modificación tan (como se pretende) sustancial del sistema educativo merece la pena ser discutida en ambientes más vastos que la actividad de especialistas. La educación es transmisora de cultura pero a su vez es un germen de su propia mutación y es por eso que vastos sectores podrían aportar un enriquecimiento a las ideas aquí volcadas.

Por cierto, la consulta que este autor realizó entre colegas y “usuarios” del régimen propuesto, constituye un gran avance frente a otras reformas que finalmente no prosperaron, pero ésta es una excelente oportunidad para que, sin ánimos corporativos, los físicos, los profesores de física, los docentes, puedan expresar su opinión e introducir las modificaciones que la experiencia les ha dictado. Un poco para neutralizar los efectos que en otros países produjeron las llamadas reformas de “linear experts”.

Sin duda, las asociaciones profesionales que los agrupan (AFA, APFA y otras) estarán gustosas de prestar su opinión a los comentarios que en este tipo de documento se hacen. Y por lo que este autor tiene en conocimiento, las mismas no han sido realizadas de modo institucional, al menos en lo que respecta a la AFA. Este comentario vale para cualesquiera otras asociaciones profesionales específicas, ya que el consenso por una nueva educación para todos puede aportar esa oxigenación, ese factor genético del que tanto se ha hablado y escrito, que finalmente pruebe la verdad del consenso.

Es mi opinión, por lo tanto, que por lo menos en lo que a mí atañe, se consulte a la Asociación Física Argentina en alguna de las etapas de la producción curricular, sobre todo antes de la elaboración pedagógica del mismo.

BIBLIOGRAFIA

Las obras citadas constituyen parte de las utilizadas para la realización del documento, tanto desde el punto de vista de la fundamentación como de aspectos relacionados con la posible organización de los bloques temáticos en el currículo, así como del material que se discute en la parte IV. Algunas son sólo muestras significativas e incluso ejemplos de cómo pueden explicarse situaciones a diferentes niveles de divulgación, pero su mención en esta sección no significa por parte del autor una total aceptación del material que en ellos se desarrolla, ni una recomendación para el uso no crítico de los textos.

- BACHELARD, G., 1992, *La formación del espíritu científico*, Siglo XXI.
- BATTAN, L., 1964, *La naturaleza de las tormentas*, EUDEBA.
- BILMES, G., 1991, *Láser*, Colihue.
- CANESTRO, E., 1993, *Experimentos sobre meteorología*, Albatros.
- CASIMIR, H. B. G., 1985, *Physics and the origin of modern technologies*, ICTP (Physics and Development, Int. Rep. 5).
- CASIMIR, H. B. G., 1985, *The present role of physicist in industrial development*, ICTP (Physics and Development, Int. Rep. 5).
- COUDERC, P., 1963, *Los eclipses*, EUDEBA.
- CRUZ GONZÁLEZ, I., NOSNIK, A., RECILLAS, E., 1989, *El hombre de la torre inclinada (Galileo Galilei)*, PanGea.
- DAVIES, P., 1985, *Superfuerza*, Salvat.
- DE LA TORRE, A., 1992, *Física cuántica para filo-sofos*, Fondo de Cultura Económica, México (Col. Ciencia-Hoy).
- DE SWANN, B., 1989, *El inventor del porvenir. J. K. Maxwell*, PanGea.
- DE SWANN, B., 1989, *El inglés de la manzana. I. Newton*, PanGea.
- DRAKE, S., 1983, *Galileo*, Alianza.
- FEYNMAN, R., 1971, *Física (I, II, III)*, Bilingua.
- FEYERABEND, P., 1992, *Tratado contra el método*, Tecnos.

- FUMAGALLI, L., 1993, *El desafío de enseñar ciencias experimentales*, Troquel.
- GARDNER, M., 1985, *Izquierda y derecha en el Cosmos*, Salvat .
- GARTENHAUS, S., 1975, *Physics. Basic Principles*, Holt, Rinehart, Wilson.
- GIORDANO, M. et al., 1991, *Enseñar y aprender ciencias experimentales*, Troquel.
- GONZÁLEZ, C., 1986, *Por qué enseñar física en los países subdesarrollados*, Física.
- GIL PÉREZ, D., 1991, “¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? (Intento de síntesis de las aportaciones de la investigación didáctica)”, *Enseñanza de las ciencias* 9, 69.
- HAWKING, S., 1991, *Historia del tiempo*, Grijalbo.
- HEY, T., WALTERS, P., 1991, *The quantum universe*, Cambridge University Press.
- HILL, C., 1986, “Symmetry in Physics”, FermiLab conference 86/190-T.
- HUBERMAN, S., 1992, *Cómo aprenden los que enseñan (la formación de los formadores)*, Aique.
- KENT, A., WARD, A., 1983, *Introducción a la física*, Plesa.
- LANDAU, L., AJEZER, A., LIFSHITZ E., 1973, *Curso de física general*, MIR.
- LOYARTE, R., LOEDEL PALUMBO, E., *Tratado elemental de física*, tomo II, Estrada (SPI).
- MEDAURA, J., *Una didáctica (para un profesor diferente)*, Humanitas SPI.
- NUSSENZWEIG, M., 1981, *Física básica*, E. Büchner, Brasil.
- RANEA SANDOVAL, H. F., 1989, *Un plan esquemático de apoyo a la enseñanza de la física a nivel de escuela media*. (Inédito).
- RANEA SANDOVAL, H. F., 1989, *¿Es la evaluación de la actividad científica una actividad científica?* (Inédito).
- RANEA SANDOVAL, H. F., 1991, *Los cazadores de la unificación perdida*, Colihue.
- RONY, J. A., 1962, *La magia*, Eudeba.
- SÁEZ, M. J., 1990, “El reto de un cambio insoslayable. La formación del profesorado en ciencias”, *Enseñanza de las Ciencias* 8, 144.
- SAGAN, C., 1992, *Cosmos*, Planeta.
- SMITH, J., 1969, *Introducción a la relatividad especial*, Reverté.
- SNOWDEN, Sh., 1983, *El joven astrónomo*, Plesa.
- STEVENS, P., 1986, *Patrones y pautas en la naturaleza*, Salvat.
- TIGNANELLI, H., 1990, *Quesún*, Colihue.
- TIGNANELLI, H., 1991, *Así funcionaba el sol*, Colihue.
- TREFIL, D., 1985, *De los átomos a los quarks*, Salvat.
- TRICÁRICO, H., BAZO, R., 1992, *Física (4 y 5)*, A-Z Ed.
- WEISSMAN, H., BILMES, G. M., 1986, *Circuitos eléctricos. Magnetismo y electromagnetismo*, Colihue, (Grupo Galileo Galilei).
- WITTGENSTEIN, L., 1992, *Tractatus logico-philosophicus*, Einaudi.
- WITTGENSTEIN, L., 1988, *Sobre la certeza*, Gedisa.

ANEXO 1

RELACION ENTRE EL PRESENTE

DOCUMENTO Y EL DOCUMENTO SERIE A, Nº 6

Aunque de diez criterios prometidos el documento Nº 6 especifica sólo ocho, resulta claro el abordaje para este sistema. Los enumero con los comentarios que relacionen el encaje de ambos textos:

1) Significatividad Social. Para este autor, la formación del sentido crítico y su consolidación y la formación —o tendencia a la formación— de un sentido científico, son precisamente objetivos que calzan con lo señalado en el documento original. La calidad de vida empieza a cambiar cuando formamos competencias genéricas y no cuando damos meras herramientas circunstanciales para la especialización o el puesto laboral que represente momentáneamente un mejoramiento. En una sociedad cambiante o en un mundo abierto (dando por supuesto que éste lo sea), es esencial la formación general (no necesariamente coincidente con la enciclopédica). Esto vale para la pauta 5.

2) Extensión y profundidad. No veo tanto peligro en la extensión como en el no saber qué es lo que se “extiende” o no saber dónde terminar. El entusiasmo puede ser un ingrediente provechoso pero está en cada docente dosificar la extensión en la medida que se haya logrado la comprensión adecuada y no utilizarla como recurso histriónico. Limitarla como método puede representar el peligro de la desinformación obligatoria. Cuando sea oportuno, citaré ciertas verdades de perogrullo que estimo conveniente analizar en lo que respecta a la Formación Docente y la estructuración de un nuevo Sistema Educativo Nacional.

3) Integración y totalización. Es obvio que en este trabajo se contesta a la cuestión, pues una mente crítica y abierta, orientada hacia la creatividad desde el conocimiento es —o tiende a ser— autónoma. La visión totalizadora corre por propia cuenta de la enseñanza de una ciencia. “No es importante en qué creen los científicos, sino cómo y por qué lo creen (Russell)”.

4) *Articulación horizontal y vertical*. Esto es tema esencialmente de los capítulos que siguen, pero es casi obvio. La articulación vertical es automática a menos que se exacerben las diferencias regionales (la ciencia no es jurisdiccional).

5) *Actualización*. Es interesante como principio, pero tener en cuenta la Nota al respecto en este capítulo. La cuestión es formar, no divulgar, aunque esta actividad no queda para nada excluida; es más, puede ser enfatizada como tarea complementaria, pero no hay que confundir un curso de física con uno sobre física. La idea de un currículo en progreso es interesante (está en las bases del modernismo, sin ir más lejos: Joyce); sin embargo, la pregunta que surge naturalmente es: ¿quién estará para controlar que se respetan los CBC en el caso en que las respectivas “evoluciones” se lancen hacia, por ejemplo, la divulgación y la superficialidad?

6) *Apertura*. La enseñanza y aprendizaje de la ciencia entrena en la exigencia de la libertad de prejuicios de cualquier tipo y los daños que ha provocado en el pasado una actitud segregacionista a este respecto no merecen la pena ser recordados aquí pues ya forman parte de nuestra memoria.

7) *Jerarquización*. Creo que la enseñanza de las ciencias experimentales —con los enfoques enunciados en el presente trabajo— cumple ese objetivo.

8) *Claridad y sencillez*. Se tratará de cumplirlo.

ANEXO 2

CRITERIO DE CONSULTA Y NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

Notas sobre la formulación de la encuesta sobre los Contenidos Básicos Comunes

En primer lugar, es de hacer notar que la encuesta se realiza en forma de cuestionario y sobre las cuestiones de *bloques de contenidos* —partes II y III—, los cuales han sido escritos de modo que lo básico de todo el documento quede allí representado, a los efectos de minimizar las variables que se tomarán en cuenta, en especial sobre la parte más especulativa de las propuestas que se presentan en él.

En resumen, la encuesta es *abierta* en el sentido de que cada pregunta que se hace puede ser contestada libremente con el solo requisito de síntesis y/o brevedad en la respuesta. En cuanto a las preguntas, en cambio, la encuesta es *restringida* justamente para: 1) evitar la dispersión temática; 2) favorecer la velocidad de la consulta; y 3) poseer un mismo conjunto de variables (semejantes) para proceder a su evaluación.

Las preguntas se formularon en base a un cuestionario simple para dejar al profesional la posibilidad de sugerir: 1) críticas a la impostación general del documento; 2) cambios a los CBC y recabar opiniones generales acerca de todo el tema en forma general.

Se eligió un conjunto de personas que mayoritariamente están vinculadas a la UNCPBA, pero cuya formación no necesariamente fuese de esta universidad. Además se eligieron dos personas a nivel gerencial en Empresas radicadas en la Capital Federal, siguiendo lineamientos sugeridos en el Seminario -Taller del 10 de marzo de 1994. Una persona de los encuestados es una especialista en temas de enseñanza, para poder realizar una comparación con la postura de los científicos y otro es un científico de la UNLP con amplio conocimiento del tema enseñanza. Además, el documento en forma global ha sido discutido con el Prof. Sergio Guzmán, especializado en temas de Enseñanza de Ciencias Experimentales y elaboración de currícula y las partes II y III han sido realizadas con la colaboración espe-

cial de la Dra. Graciela Bertucelli, quien además es profesora de Física.

Todos los demás encuestados pertenecen, de un modo u otro a algunos de los sistemas más prestigiosos de coordinación de Ciencia y tecnología del país (en particular del CONICET y la CIC-BA), aparte de desarrollar sus tareas en universidades nacionales. Todos son docentes ordinarios, a excepción de los de nivel gerencial arriba mencionados.

La idea primaria es tratar de conciliar las respuestas en un documento suplementario o, si los tiempos ayudan, en una eventual revisión de las partes II y III aunque, dado que la última de las preguntas en realidad se refiere a contenidos de la parte IV esta encuesta puede extenderse en alguna medida al mismo.

Especialistas consultados

AYCIRIEX, María Delia

BILMES, Gabriel M.

CASELLI, Eduardo

DI ROCCO, Oscar H.

FARIÑA, José

FAURE, Mario

GRATTON, Roberto

ISLAS, Stella M.

SOMOZA, Alberto

Humberto A. Riccomi, Química

Doctor en Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Litoral; Miembro del Directorio del CONICET. Profesor Titular Exclusivo en el Departamento de Bioquímica Clínica y Cuantitativa, Facultad de Ciencias Bioquímicas, Universidad Nacional de Rosario.

SUMARIO

- I. Enfoque para el abordaje de los Contenidos Básicos Comunes desde el área correspondiente a química
 - 1. Antecedentes
 - 2. Introducción
 - 3. Objetivos para la enseñanza de las ciencias básicas
- II. Propuesta de Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica
 - 1. Introducción
 - 2. Competencias
 - 3. Contenidos de ciencias elementales referenciados al área de la química en la Educación General Básica
 - 4. Fundamentaciones para la inclusión de los bloques
- III. Propuesta de Contenidos Básicos Comunes para la Educación Polimodal
 - 1. Introducción
 - 2. La opinión de los docentes. Punto de partida para los cambios requeridos
 - 2.1. Descripción de la encuesta
 - 2.2. Las respuestas
 - 2.3. Conclusiones
 - 3. Contenidos mínimos propuestos para la Educación Polimodal
 - 4. Alcances de los contenidos mínimos propuestos para la Educación Polimodal
- IV. Propuesta de contenidos para la formación del docente
 - 1. Introducción
 - 2. Contenidos para la formación docente
- Comentario final
- Bibliografía
- Anexo. Criterio de consulta y nómina de colegas consultados

I. ENFOQUE PARA EL ABORDAJE DE LOS CONTENIDOS BASICOS COMUNES DESDE EL AREA CORRESPONDIENTE A QUIMICA

1. Antecedentes

El Ministerio de Cultura y Educación aprueba por resolución N° 30/93 el documento “Estructuras del Sistema Educativo Nacional”¹ que establece dentro de las necesidades educativas, el hecho de que “los contenidos se orienten hacia la formación y adquisición de competencias básicas” (Recomendación 26/92) y define a estas últimas como “capacidades complejas que poseen distintos grados de integración y que se ponen de manifiesto en una gran variedad de situaciones correspondientes a diversos ámbitos de la vida humana, personal y social”. Es decir que “toda competencia es una síntesis de las experiencias que el sujeto ha logrado construir en el marco de su entorno vital amplio, pasado y presente”.

El hecho de “fijar competencias” es de suma importancia para un proyecto educativo que tiene en cuenta a la *persona* y a las *potencialidades básicas del ser humano* y no sólo a contenidos vacíos de ellas. Sin embargo, el término *competencia* debiera ser usado en un contexto pedagógico significativo, de modo que la persona pueda alcanzar fines existenciales² que trasciendan la practicidad reduccionista del *saber hacer*.

En un segundo documento de trabajo, el Ministerio de Cultura y Educación explicita que “las capacidades intelectuales refieren a procesos cognitivos necesarios para operar con símbolos, representaciones, ideas, imágenes, conceptos y constituyen la base de la construcción de las demás...” [...] y más adelante enuncia que

¹ Cfr. Aplicación de la Ley Federal de Educación *Más y mejor educación para todos. 1993-1995*, Documentos para la concertación, Orientaciones generales para acordar contenidos básicos comunes, Serie A, N° 6, Ministerio de Cultura y Educación, diciembre de 1993.

² Cfr. Documento elaborado por la Comisión Asesora de Ciencia de la Educación (CONICET), p. 2.

“las capacidades prácticas se refieren al *saber hacer*” con lo cual se establece la distinción entre capacidad intelectual y capacidad práctica desde un punto de vista formal y pragmático³ pero no se hace referencia a que la capacidad adquirida debe atender tanto al desarrollo de los procesos cognitivos en la construcción del aprendizaje y al saber hacer, como al logro de los resultados. “La competencia intelectual se refiere también a resultados”.⁴

Asimismo es importante destacar que todo proceso educativo implica la formación de *habilidades* (tal como lo dice el Documento del Ministerio de Cultura y Educación), pero es necesario tener en cuenta que la habilidad es el aspecto formal del *hábito* (verdadero fin intermedio de la educación), por lo tanto “no basta con intentar formar habilidades sino que hay que orientarlas a la gestación de hábitos verdaderos y buenos en los ámbitos cognitivo, volitivo y afectivo, tanto en lo personal como en lo social”.⁵

Con respecto a la extensión y profundidad propuestas entre de los criterios para la selección, organización y formulación de los CBC, el MCyE expone:

La selección de contenidos requiere realizar las necesarias priorizaciones. Es necesario discriminar los contenidos que sólo pueden aprenderse en la escuela de aquellos que las nuevas formas de la cotidianeidad social en un mundo altamente tecnificado, pueden poner a disposición de los alumnos fuera de la escuela. Es imprescindible encontrar un punto de equilibrio entre la sobrecarga de contenidos y la persistencia de omisiones significativas.

No obstante a este criterio de selección de contenidos deberían agregarse lineamientos que evitaren los extremos del enciclopedismo y del formalismo. Es decir, tales contenidos deberían organizarse en función de una cosmovisión, dando prioridad al desarrollo de criterios que permitan al alumno discernir y valorar la realidad estudiada y que, de este modo, el sujeto sea capacitado para el aprendizaje autónomo.

En cuanto a la selección de contenidos en función de su “cotidianeidad social en un mundo altamente tecnificado” referenciados al campo específico de la química, nos resultan válidas las observaciones realizadas por los docentes-investigadores canadienses quienes observan que “el público está expuesto a los logros y problemas de la ciencia como nunca antes lo ha estado por intermedio de un número muy incrementado de ediciones periódicas y frecuentes en revistas y diarios”.⁶

³ *Ibíd.*

⁴ *Ibíd.*

⁵ *Ibíd.*, p. 3.

⁶ Fenster y otros, “Chemistry for the public”, “The magic of chemistry”, *Journal of Chemistry Education*, 1993, 70, 1100.

Esto supone necesariamente, un cambio en el enfoque de la enseñanza de la disciplina a través del cual, para aquellos alumnos con interés no químico, debería relativizarse el tratamiento riguroso de los contenidos. El mismo debería ser reemplazado por el tratamiento de las relaciones que existen entre los fenómenos químicos y los hechos cotidianos de la vida. Se trata, pues, de enmarcar estos contenidos en el ámbito de la cultura general, de modo tal que puedan interesar a todo el alumnado, como así también prevenir errores futuros de políticos y comunicadores, cuando abordan temas científicos relacionados con la química.

Esto no implica, en modo alguno, descuidar la calidad educativa; creo por el contrario que es imperiosa la necesidad de elevar su nivel.

Así pues, un currículo inserto en este contexto debiera no sólo contemplar un listado de contenidos, sino también definir claramente los objetivos y las finalidades del aprendizaje de la disciplina (el para qué se enseña) y además, describir estrategias didácticas en situaciones concretas de clase (el cómo se enseña).

Por último, la implementación de este proyecto educativo depende, también y significativamente, del docente, quien debe poseer un alto grado de profesionalidad y formación en varios sentidos: ética profesional, dominio del saber relacionado con la ciencia y con las metodologías y tecnologías de enseñanza.

2. Introducción

Los conceptos desarrollados en los distintos documentos elaborados por el MC y E, con las ampliaciones y aclaraciones propuestas por los especialistas en ciencias de la educación, expuestos en párrafos anteriores, constituyen el marco necesario para la selección y organización de los contenidos referidos a la Educación General Básica y la Educación Polimodal.

No obstante, resulta necesario, además, incluir dentro de este marco un análisis de las dificultades y falencias que he podido observar a lo largo de mi carrera docente respecto de la disciplina que me atañe.

Su enseñanza ha llevado a la formación de alumnos que:

- carecen de una natural y necesaria “curiosidad” por observar el medio que los rodea,
- traducen el entorno en algo fijo y estable, por lo tanto no les es necesario comprenderlo, ni mucho menos analizarlo,
- no establecen relaciones lógicas entre la causa y el efecto,
- trabajan sobre la base de soluciones esquematizadas y no buscan resoluciones originales para los problemas que se les presentan. Esto significa que son capaces

de resolver un problema siempre y cuando los elementos del problema sean los mismos que las esquematizaciones aprendidas,

- no desarrollan creativamente nuevos planteos que los lleven a integraciones lógicas frente a hechos desconocidos por ellos.

Estas cuestiones puntualizadas explicitan una problemática fundamental: el alumno no ha desarrollado ni perfeccionado las capacidades básicas de indagación, exploración y búsqueda de explicaciones y de soluciones a los problemas que plantea la propia experiencia cotidiana. Capacidades que, por otra parte, están en la base del conocimiento y cuyo pleno desarrollo y aplicación llevan a la formalización de la ciencia.

En este sentido, resulta necesario que la enseñanza de la química vuelva a proporcionar a los alumnos los instrumentos y las habilidades requeridas por la aproximación científica al análisis del medio: una actitud indagadora; la tendencia a la formulación de hipótesis y el planteo de problemas; la elaboración de estrategias metódicas para resolverlos; la búsqueda sistemática de informaciones pertinentes; la confrontación de opiniones y puntos de vista; la búsqueda de pruebas para argumentar y sostener explicaciones; la flexibilidad para renunciar a hipótesis y conceptos previos cuando la verificación de los hechos los desmienten; el gusto por el rigor y la precisión.

3. Objetivos para la enseñanza de las ciencias básicas

En el marco de las formulaciones anteriores es necesario enunciar claramente los objetivos generales y particulares para la enseñanza de las ciencias básicas.⁷

3.1. Objetivos generales

- a) Formar hombres íntegros, capaces de interpretar el entorno, conscientes de su pertenencia a una comunidad humana a la que deben analizar, comprender e interpretar para mejorarla por medio de sus capacidades cognitivas y éticas.
- b) Capacitar al alumno para el cumplimiento de su misión personal y social mediante la formación de hábitos verdaderos y buenos que le permitan el acceso cognoscitivo a la verdad y a su valoración respecto del mundo y del hombre.

⁷ En la parte II de esta propuesta, serán descriptas las finalidades de enseñanza y las competencias del alumno, ordenadas según los ciclos y niveles de escolaridad.

3.2. Objetivos particulares de la disciplina

A partir de su realidad natural y técnica y de los conocimientos definidos por el currículo el alumno debería ser capaz de:

- a) formular cuestiones e interrogar significativamente el mundo que lo rodea,
- b) observar, medir y manipular variables,
- c) interpretar resultados y evaluar las evidencias científicas,
- d) elaborar estrategias metódicas para resolver los interrogantes (búsqueda sistemática de información, discusión e intercambio de opiniones suficientemente fundadas, búsqueda de pruebas para sustentar explicaciones, exigencia de rigor científico, etc.),
- e) formular hipótesis, predicciones y conseguir o implementar los medios necesarios para su verificación (por la observación, la experiencia, la utilización de documentos, ensayo técnico experimental, etc.),
- f) definir criterios de discernimiento y valoración de los aspectos de la realidad abordados,
- g) traducir en la descripción de hechos, interpretaciones, generalizaciones, aplicaciones y otros medios los contenidos básicos de las ciencias, como así también informarlos a través de distintos códigos y lenguajes,
- h) discernir con capacidad de hacer y pensar las relaciones entre sociedad y tecnología y las interacciones entre el ser humano y su entorno con la finalidad de proveer elementos veraces que le permitan mejorar la calidad de vida de la sociedad a la que pertenece,
- i) reconocer y comprender su papel de intérprete y traductor de verdades preexistentes limitado por la medida de su capacidad y de los lineamientos éticos inherentes a la persona y a la actividad científica,
- j) disponer de métodos de estudio que desarrollen el pensamiento científico y creativo que lo conduzcan a utilizar la experimentación como hábito adquirido frente a situaciones y problemas nuevos.

II. PROPUESTA DE CONTENIDOS BASICOS COMUNES PARA LA EDUCACION GENERAL BASICA

1. Introducción

En la etapa de Educación General Básica, la enseñanza de la química como una ciencia autónoma presenta, en sí misma, un problema pedagógico de difícil solución, ya que desde el punto de vista cognitivo y didáctico es imposible separarla de otras áreas de conocimiento tales como las ciencias físicas, naturales y biológicas.

Por esta razón, los contenidos que se presentan a continuación, para la primera etapa del aprendizaje, están estrechamente relacionados y ligados con los de las ciencias antes mencionadas. Este criterio de integración de conocimientos deberá guiar las acciones didácticas del docente en el aula.

Más adelante, en etapas posteriores y, de acuerdo con la edad psicológica del alumno, estas ciencias fácticas, podrán ser discriminadas en distintas áreas de conocimiento.

2. Competencias

Con la finalidad de lograr una selección adecuada al nivel de escolaridad de los alumnos y a su desarrollo cognitivo, las competencias han sido agrupadas de la siguiente manera:

En un *primer nivel* de escolaridad, el alumno debe aproximarse a un aprendizaje metódico de observación e interpretación del mundo natural que lo rodea. Para ello resulta necesario que observe, clasifique, manipule seres vivos y no vivos del entorno familiar y escolar.

En un *segundo nivel* de escolaridad, el alumno debe aprender a experimentar, a formular hipótesis, a describir las propiedades simples de materiales que son de

uso cotidiano y debe ser capaz de agruparlos de acuerdo con sus características observables.

En un *tercer nivel*, debe aprender a verificar las hipótesis formuladas, a justificar los hallazgos de soluciones y a incluir un fenómeno particular dentro de una dimensión más generalizada. Es necesario también, que perciba la unidad y la dimensión de las interrelaciones que se producen, en la naturaleza, entre los fenómenos físicos, químicos y biológicos.

3. Contenidos de ciencias elementales referenciados al área de la química en la Educación General Básica

Los contenidos curriculares propuestos para la enseñanza de la asignatura se fundan en un criterio de gradualidad. Es por ello que los conceptos simples, aprendidos intuitivamente en los primeros grados que resultan de una observación percibida por los sentidos, paulatinamente se van complejizando de acuerdo con los requerimientos del desarrollo cognitivo del alumno.

Teniendo en cuenta este criterio y con la finalidad de lograr una generalización que permita, luego, dividir técnicamente los temas de acuerdo con los grados o niveles fijados por las disposiciones legales, los mismos han sido agrupados arbitrariamente en tres partes:

Primer Ciclo (de 6 a 8 años)

- *Fenómenos físico-químicos:* El estado de la materia y las propiedades de los materiales usuales. Sólidos, líquidos y gases. El aire, el agua, el sol. Influencia en la vida.

- *Fenómenos físico-químicos:* Los estados y transformaciones de la materia. El aire y el viento. El agua: sus propiedades e interacciones con materiales diversos (aceite, alcohol, arcilla). El agua y los seres vivos. Su interacción con el gas. Fuentes naturales de agua. El aire en la respiración de los seres vivos. El suelo: su composición, distintos tipos (roca, arena, arcilla, humus, etc.).

Segundo Ciclo (de 9 a 11 años)

- *Fenómenos físico-químicos:* La materia. Propiedades: peso y dureza. El aire. Composición. Contaminación. El agua. Propiedades. Ciclo del agua en la naturaleza. Interacción del agua con distintos materiales. Fenómenos de mezclas y soluciones. Contaminación del agua de los ríos y de los mares.

- Fenómenos físico-químicos: Noción de masa y volumen. El aire: la combustión. Combustibles y comburentes. El agua: eliminación de contaminantes.
- Materia: noción de densidad. La molécula. Noción de átomo.

Tercer Ciclo (de 12 a 14 años)

- *Fenómenos físico-químicos:* Atomo: estructura y modelo atómico.
- Nociones de mezclas y combinaciones. Medida de peso y volumen. La fuerza de la gravedad: densidad y peso específico.
- Estado de agregación de la materia: átomos y moléculas. Fenómenos físicos y fenómenos químicos.
- El agua: una molécula especial. Electrólisis del agua. Evaporación, condensación. Hielo. El suelo: composición (arena, arcilla, calcáreos y humus).
- La sustancia química: nociones de la nomenclatura química. Nociones de ácidos, bases y sales. La química del Carbono. Relación entre la química y la biología. Relación entre la química y la tecnología.

4. Fundamentaciones para la inclusión de los bloques

La primera cultura científica que debe aportar la escuela debe organizar las experiencias esenciales para producir en el alumno una actitud de curiosidad y creatividad que supere la actual esquematización libresca que sólo lo conduce a descartar el estudio de la ciencia por considerarlo de poca utilidad.

En este sentido, las competencias y los contenidos curriculares sugeridos para la Educación General Básica siguen una secuencia lógica. Dicha secuencia permite al alumno adquirir conocimientos básicos y fundamentales con los cuales podrá acceder a estudios superiores (en caso de que su preferencia lo incline por las ciencias fácticas) o poder entender y explicar los fenómenos cotidianos de la vida diaria (en caso de que sus preferencias sean otras).

Si analizamos los distintos niveles de complejidad presentados, podremos describir la actitud intelectual del alumno en el campo de las ciencias:

Primer nivel: El alumno observa elementos que le resultan familiares y hechos que pertenecen a su propia experiencia cotidiana.

Segundo nivel: Formula preguntas del tipo: ¿de qué manera?, ¿por qué?, etc. Emplea sus observaciones para sustentar conclusiones y comprende que éstas sólo serán válidas si resultan de una prueba o experimento.

Tercer nivel: Observa, cuantifica y mide empleando instrumentos adecuados.

Distingue entre la descripción de lo observado y la explicación de cómo y por qué sucedió el hecho.

Emplea las observaciones relacionadas, el análisis, la experimentación y la verificación de los datos (actividades propias del pensamiento científico) para fundamentar sus conclusiones.

Cuarto nivel: Lleva a cabo experimentos en los que utiliza instrumentos apropiados para medir parámetros físico-químicos.

Incluye, en sus conclusiones o resultados, los modos de representación propios de las ciencias: croquis, esquemas, gráficas, organigramas, tablas clasificatorias, etc.

Quinto nivel: Establece constantes o rangos entre variables para observar resultados.

Evalúa la validez de sus conclusiones considerando diferentes interpretaciones de la evidencia experimental.

De manera general, la enseñanza de estos contenidos con estrategias didácticas apropiadas, tiende a lograr que el alumno reflexione acerca de la manera en que son construidos los saberes que él descubre en las ciencias.

III. PROPUESTA DE CONTENIDOS BASICOS COMUNES PARA LA EDUCACION POLIMODAL

1. Introducción

En el presente trabajo, para el diseño gradual de los contenidos, se ha tenido en cuenta el texto de la legislación referida a la Educación Polimodal —artículos 10 inc. c) y 16 de la Ley Nacional N° 24.195—.

Las razones o fallas pedagógicas recurrentes en la enseñanza de las ciencias — particularmente aquellas relacionadas con el campo de la química— han producido una ausencia real de conocimientos mínimos imprescindibles para los jóvenes que se aproximan al descubrimiento del universo científico, y más grave aún, resulta esta ausencia de conocimientos para cualquier individuo que vive en el mundo de hoy, sin importar cuál sea su oficio u ocupación dentro la sociedad argentina.

Es por esta razón que, además de las legislaciones, que operan como marco referencial, debemos plantearnos con la mente clara, sin ataduras a esquemas preexistentes, abiertos al aporte del medio familiar y social de hoy, el diseño y organización de los contenidos curriculares de la química. Más aun, no debemos desechar nuestra larga experiencia en educación y sobre todo anteponer el propósito de capacitar a “todos por igual” para el siglo XXI, dejando en sus mentes la impronta de la creatividad, de la unidad de conocimientos y de que su capacitación debe estar al servicio del prójimo.

Hoy, las personas en general —independientemente de su grado de capacitación— han incorporado, en su conversación cotidiana, temas que son de dominio público y que han sido conocidos ya sea a través de algún medio de difusión o simplemente por la experiencia diaria.

Por ejemplo, todos alguna vez oímos que el agujero de ozono se agranda; sabemos que la leche se pone agria después de un tiempo o que no debemos dejar caer vinagre sobre el mármol de la mesada porque se altera el pulido de la piedra. Sin embargo, ante las preguntas ¿qué es el ozono?, ¿qué es agrio?, ¿por qué el vinagre

arruina el pulido del mármol?, generalmente obtenemos respuestas nulas que manifiestan un total desconocimiento sobre el asunto.

¿Por qué sucede esto si todos deberíamos conocer las respuestas ya que estos temas forman parte de los conocimientos mínimos que la escuela enseña?

Si analizamos los programas que determinan los contenidos de enseñanza de las ciencias en el nivel primario obligatorio, notaremos que éstos contemplan el total de los conocimientos necesarios para dar respuestas a esas cuestiones. Entonces, ¿cuáles son las causas de estos no aprendizajes en los distintos niveles de escolaridad?

Incluso, si esta misma situación se traslada a los estudios superiores, advertiremos con sorpresa que alumnos que, teniendo una marcada inclinación por este campo del conocimiento y que acuden a la universidad para especializarse en ellos, también carecen de las nociones mínimas imprescindibles para resolver este tipo de cuestiones.

A los docentes nos debe preocupar muy seriamente esta situación y fundamentalmente nos compete descubrir qué parte de responsabilidad tenemos en ella.

2. La opinión de los docentes. Punto de partida para los cambios requeridos

2.1. Descripción de la encuesta

Con la finalidad de cotejar con otros profesionales nuestras apreciaciones sobre esta cuestión, se realizó una encuesta (Anexo) dirigida a docentes universitarios e investigadores. Mediante este instrumento intentamos obtener datos concluyentes acerca de los contenidos y formas de aprendizaje que ellos consideraran imprescindibles para lograr una eficaz capacitación en la especialidad —química— que les permitiera acceder a los estudios universitarios.

En la citada encuesta se interrogaba acerca de los contenidos —ordenados en unidades temáticas— que debían incluirse en los diseños curriculares, las modificaciones en la enseñanza y, respecto del desinterés evidenciado por los alumnos ante el aprendizaje de la química, los medios que permitirían una enseñanza “atractiva” de esta ciencia.

2.2. Las respuestas

La primera y más importante cuestión a resolver consistía en proponer *cómo hacer más atractiva la enseñanza de las ciencias* frente al desinterés mostrado por los alumnos. Se transcriben a continuación algunas respuestas mostrativas de los resultados generales:

Debería cambiarse el enfoque tradicionalmente intelectual y riguroso de la disciplina por algo con un tono más de cultura general que pueda interesar a todo el alumnado [...] implementar los contenidos pedagógicamente, de manera tal que relacionen los hechos cotidianos de la vida en sociedad, con los fenómenos químicos [...]” (Badano, Gonzalez Sierra, 7).

Incentivar al alumno, pero fundamentalmente aquel que no tiene interés en la química para que se vea motivado [...] si se la relaciona con temáticas de interés del adolescente: drogas, fertilidad, explosivos [...] (Batana y col.,1).

Experiencias prácticas concretas y sencillas relacionadas con fenómenos y hechos cotidianos [...] situaciones lógicas e ingenio suelen despertar el interés de alumnos que no tienen inclinación hacia la química [...] (Stella, 2).

Será trascendente la utilización de ejemplos de la vida diaria o de uso rutinario [...] la ejemplificación de los mismos a través de un experimento de laboratorio [...] (Olsina, 3).

Lograr el interés y la atención de los alumnos [...] hacia la motivación a través de actividades provechosas que lo inviten al estudio [...] El profesor deber estar él mismo motivado [...] dando gran impulso al razonamiento, a la creatividad, a la participación [...] (Caviglia, 4).

Permitan que las transformaciones cambien la manera en que la química es enseñada [...] una química que cautive a los estudiantes, absorba su atención y enriquezca su vida [...] (Fruen, 9).

En segundo lugar, con el objeto de que los encuestados propusieran asuntos que operen como contenidos comunes, independientemente de la especialidad, se interrogó acerca de *qué modificaciones deberían introducirse en la enseñanza de la química para el nivel*. Las respuestas mostrativas fueron:

Primero dejé de usar los textos tradicionales publicados [...] y el segundo cambio que instituí fue hacer el sujeto (la química) significativa para mis alumnos [...] La química es muy relevante para el mundo en que viven [...] mi trabajo era mostrarles cuán relevante era [...] La química de los ejercicios aeróbicos versus ejercicios anaeróbicos [...] Decidí que ningún tópico debería ser enseñado sin que fueran discutidos algunos aspectos prácticos [...] Aun la teoría cuántica puede ser hecha significativa cuando son explicados temas como: fluorescencia, fosforescencia, blanqueadores de ropa blanca, pasta de dientes ultrabrillantes, colores de pigmentos etc [...] (Fruen, 9).

La iniciación de la actividad experimental a través de la cual lograr la repetición de los fenómenos observados [...] Estudio elemental de la química para poder interpretar lo que ocurre en el inmenso laboratorio que la naturaleza le ofrece y en el cual se halla sumergido [...] (Caviglia, 4).

El contenido de los programas actuales debería desarrollarse destacando fundamentalmente su relación o importancia con los hechos de la vida cotidiana [...] (Cafferata, 5).

Acercarlo a situaciones actuales y reales [...] (Bollmann, 8).

Lograr un equilibrio entre la información y la formación [...] Hacer énfasis en la relación de la química con la vida y la industria [...] (Fester A. *et al.*, *J. Chem. Education*, 70, 1100, 1993).

2.3. Conclusiones

Del análisis objetivo de los resultados de la encuesta surge una serie de interesantes conclusiones que han permitido enriquecer las elaboraciones volcadas en este documento, y con ello hacer un aporte significativo a la labor que nos ha encomendado el MCyE.

En síntesis, en las respuestas de los entrevistados podemos señalar tres aspectos recurrentes y significativos:

1º) La selección de contenidos básicos que se utilizan en nuestro país y en el extranjero es correcta, y representa las nociones fundamentales de las ciencias químicas.

2º) Por consiguiente, las modificaciones que debieran introducirse se relacionan con:

- a) La manera en que esos contenidos son enseñados (las estrategias didácticas y la metodología de enseñanza serán desarrolladas en la parte IV de este trabajo).
- b) El orden secuencial de los temas debería estar vinculado a la observación del entorno químico que rodea al alumno. Esto supone dejar de lado la clásica y rígida estructura de los textos actuales de estudio diseñados más para especialistas en química que para alumnos.
- c) La secuenciación de los contenidos de la disciplina debe tener como referente el camino procesual previsto por la epistemología de la ciencia que se enseña, mientras que la gradualidad de los aprendizajes debe preverse según el desarrollo cognitivo del alumno:
 - observación y descripción de los fenómenos químicos,
 - propuesta de hipótesis explicativas de los fenómenos observados,
 - diseño de modelos experimentales que permitan verificar dichas hipótesis,
 - conclusiones lógicas, emergentes de los mismos,
 - enunciación de las leyes (si las hubiera) que los rigen,
 - transposición del fenómeno estudiado a los hechos de la vida cotidiana,
 - interpretación creativa de otros fenómenos o elementos fácticos que se le asemejen y que permitan construir el concepto de unidad armónica del universo natural.

3º) La enseñanza de los temas centrales de la química debe tratarse experimentalmente ya sea con diseños organizados en la clase, en el laboratorio escolar o con experimentos controlados en el hogar.

En este sentido, es necesario insistir que el orden secuencial de los asuntos de estudio debe prever la adquisición de los conocimientos de manera gradual en cuanto a niveles de complejidad, pero a su vez, esta gradualidad debe ajustarse a la lógica de la observación objetiva como único medio que permite encontrar la razón de los hechos observados.

Creemos que imponer a los alumnos la necesidad de memorizar siglas, nomenclaturas, valores numéricos, leyes, etc., antes de que descubran por sí mismos hechos que les permitan construir esquemas conceptuales, es negativo y conlleva a un rechazo frontal de los aprendizajes en el campo de las ciencias.

Por otra parte, introducir elementos abstractos para explicar los fenómenos químicos, sin que ellos puedan ser relacionados con observaciones del mundo que los rodea, crea en los alumnos un comprensible hastío y la ausencia de aprendizajes significativos.

Despertar el interés de los sujetos que aprenden depende de las estrategias didácticas mediante las que se enseñan los asuntos relacionados con la química. La correcta selección y diseño de las mismas tendría que tener, como principal finalidad, despertar la avidez por encontrar las causas de los fenómenos observados y luego, muy luego, hacer las abstracciones necesarias (fórmulas y números) que surgen de la necesidad de explicarlos.

Algunos ejemplos pueden clarificar esta perspectiva:

Si enseñamos el tema *coloides* desde el punto de vista tradicional y según el ordenamiento previsto en los textos, el alumno logrará, después de una larga cantidad de conocimientos teóricos abstractos y aburridos, una aproximación no significativa al asunto tratado.

En cambio, qué sucedería, si solicitáramos al alumno que haga una mayonesa en la cocina de su casa, para luego enfrentarlo con el hecho de que ha obtenido un coloide. Sobre la base de esta confrontación le solicitamos que analice y describa los elementos que se utilizaron, la forma en que se hizo la mezcla y que describa las características de los elementos que empleó. Así como la proporción que usó, de qué manera se logra la estabilidad del coloide y, si se “corta”, ¿por qué?, ¿qué pasa si le damos más acidez al medio (limón)?, etc.⁸

De esta manera se puede despertar, con toda seguridad, el interés y la curiosidad.

⁸ Van Cleaves, J., 1989 (ver “Bibliografía”).

Tras estas aptitudes vendrán los conocimientos de materia y medida, mezclas, estado de las partículas, su nombre y más tarde las leyes que las rigen.

¿No sería interesante proponer temas como “el olor desde el punto de vista de la química: hedor, fragancia, perfume y atracción sexual, descripción e importancia de las feromonas con especial énfasis en la comunicación entre los insectos?”⁹

El interés por este tema, así planteado, permite introducir asuntos como la estereoquímica, moléculas, órgano-sulfurados, etc.

Del mismo modo, a partir de un simple interrogante como ¿de qué manera se obtiene un espejo?, la posibilidad de hacerlo y otras cuestiones permiten introducir el tema de la plata, su estructura, compuestos químicos, sales, el fenómeno del óxido-reducción, leyes que la rigen, etc.¹⁰

El desarrollo de temas propios de la química desde esta perspectiva despertará la curiosidad, el interés por saber más, actitud imprescindible para introducir los temas abstractos y formales que se desprenden de ellos.

3. Contenidos mínimos propuestos para la Educación Polimodal

Para cada contenido propuesto, se incluyen los fundamentos de su inclusión, los temas y por último, algunos ejemplos o aplicaciones.

Consecuentes con nuestro planteo inicial, se observará que si bien en los contenidos no se introducen demasiadas modificaciones, éstas resultan evidentes en las estrategias didácticas presentadas, a modo de ejemplo, para cada tema.

MODULO I

La primera observación del alumno está referenciada a los objetos que lo rodean. Analizarlos, describirlos y estudiarlos permitirá que se puedan determinar algunos parámetros químicos de la materia.

Contenido: LA MATERIA

Estrategias didácticas propuestas

- Reconocer e identificar elementos químicos en objetos que se hallen a su alcance inmediato, tales como: la sal común, las piedras de sulfato de cobre, los alam-

⁹ Tenster, A. E. *et al.*, 1993 (ver “Bibliografía”).

¹⁰ Ehrenkranz, D. F. *et al.* (ver “Bibliografía”).

bres de cobre de los cables de conducción de la electricidad, los gases livianos de los globos, el agua con cloro y la lavandina o “agua de cloro”, pero, ¿el cloro no es un gas?

Contenido: MEDIDAS QUIMICAS DE LA MATERIA

Estrategias didácticas propuestas:

- Determinar la densidad de diferentes tipos de bebidas gaseosas.
- Diagramar un método para determinar la densidad del cuerpo de un compañero.
- Identificar las reacciones químicas en los productos químicos familiares (¿qué pasa cuando se derrama vinagre sobre una mesada de mármol?

MODULO II

En cualquier materia de uso diario (el agua, el clavo de hierro, el gas que se disuelve en el agua para hacer la soda) el alumno puede llegar a descubrir su menor dimensión y conocer el nivel molecular y atómico.

Contenido: ATOMOS, ISOTOPOS Y MOLECULAS

Estrategias didácticas propuestas:

- Analizar el caso de Chernobyl (Rusia) y describir los componentes y el funcionamiento de Atucha I (Argentina).
- Estimar el número de moléculas de agua que hay en la laguna más cercana a su lugar de origen.
- Trazar el decaimiento radiactivo del U238 y relacionarlo con la determinación de la edad del fósil más antiguo encontrado en los Andes.

Contenido: MECANISMOS CUANTICOS

Estrategias didácticas propuestas:

- Plantear el interrogante acerca de la manera en que la energía de las microondas se convierte en energía de calor en los hornos de microondas. Relacionar los pigmentos de color con los mecanismos cuánticos.

MODULO III

El alumno debe reflexionar acerca de la existencia de uniones químicas inducidas por las moléculas anteriormente estudiadas, así como sobre los elementos químicos que intervienen y la manera en que éstos están combinados.

Además, resulta necesario analizar de qué manera pueden combinarse los compuestos químicos para conservar la igualdad entre la combinación de elementos y los productos de la reacción para luego cuantificarlos.

Contenido: FORMULAS QUIMICAS Y UNIONES QUIMICAS

Estrategias didácticas propuestas:

- El alumno debe comprender la necesidad de la utilización de los símbolos y de las abstracciones numéricas como el lenguaje de la química para representar los hechos observados. Identificar y discriminar compuestos polares y no polares en su entorno cercano.

Contenido: ESTEQUIOMETRIA Y ENERGIA DE REACCION

Estrategias didácticas propuestas:

- Utilizando la estequiometría, determinar el porcentaje de la masa bicarbonato de sodio en una tableta.
- Experimentar una reacción endotérmica haciendo turrón crocante de maní.¹¹

MODULO IV

Observar los elementos que lo rodean en los distintos estados de la materia e intentar descubrir las leyes que regulan y condicionan su estado.

Contenido: GASES, LIQUIDOS Y SOLIDOS

Estrategias didácticas:

- Despertar la curiosidad acerca de las nociones de aire líquido, hielo seco.
- Plantear cuestiones problemáticas como:

¹¹ *Polymer Chemistry*, 1986 (ver "Bibliografía").

- determinar el peso de un automóvil utilizando la medida de la presión de aire de los neumáticos,
- determinar con qué temperatura el agua se congela más rápidamente: agua fría versus agua caliente,
- comparar las temperaturas de congelamiento entre el agua destilada y la mezcla de agua con sal,
- descubrir la fórmula química y el tipo de cristal de varias piedras preciosas.

MODULO V

Introducir al alumno en el descubrimiento del mundo del carbono. Combinar los compuestos de carbono con estructuras biológicas. El hombre: solución acuosa de proteínas, lípidos y glúcidos. Constituyentes de la vida orgánica: el carbono, el agua y el oxígeno.

Contenido: QUIMICA ORGANICA

Estrategias didácticas propuestas

- Imaginar un mundo biológico cuyos compuestos fueran de silicio en lugar de carbono.
- Observar y obtener datos que diferencien las naftas utilizadas por los aviones, los automóviles de carrera y los de uso común.
- Determinar las causas por las cuales algunos conductores prefieren gasolina con plomo o sin él.
- Preparar jabón a partir de la combinación entre álcalis y aceite.
- Analizar los componentes de una aspirina y descubrir de qué manera se puede obtenerla en nuestro hogar.
- Analizar el contenido de grasa de las leches “enteras” y “descremadas”.
- Clasificar los polímeros de los juguetes infantiles.
- Investigar las diferencias entre los alcoholes del vino y las intoxicaciones producidas por el alcohol metílico.
- Analizar los componentes de las bebidas alcohólicas y descubrir de qué manera pueden prepararse.

MODULO VI

Si el alumno observa el medio que lo rodea, descubrir que también existen sustancias ácidas neutras y básicas.

Contenido: ACIDOS Y BASES

Estrategias didácticas propuestas:

- Medir con pHímetros comunes la acidez o basicidad del vinagre, de las bebidas sin alcohol, de los líquidos detergentes, etc.
- Determinar, con grillas indicadoras de pH, la acidez de los pétalos de rosa, el jugo de frambuesas, etc.
- Medir y determinar el porcentaje de ácido acético en el vinagre, el amoníaco de los líquidos para limpiar vidrios y en diferentes pastillas de aspirina.
- Investigar acerca de los componentes de la cocaína.

MODULO VII

Aprender las nociones de oxidación y de reducción, basándose en simples observaciones del entorno que lo rodea.

Contenido: OXIDO-REDUCCION

Estrategias didácticas propuestas:

- Realizar un experimento en su hogar por medio del cual pueda convertir un vidrio en un espejo, utilizando sales de plata.
- Realizar ensayos de galvanización de placas metálicas con cobre o sobre plásticos.
- Analizar y descubrir los componentes de las tabletas de vitamina C por titulación redox.
- Limpiar artículos de plata utilizando una reacción redox.

MODULO VIII

Leer e investigar sobre las reacciones químicas que intervienen en los hechos de la vida diaria, sus aplicaciones en los campos de la tecnología, de los medicamentos, etc. Puntualizar las aplicaciones de la química para mejorar las condiciones de la vida humana. La biotecnología, etc.

Contenidos: HISTORIA DE LAS DROGAS

QUIMICA DE LOS PLASTICOS

NAVES ESPACIALES Y LA QUIMICA DEL ESPACIO

LA QUIMICA DEL CRIMEN
LA QUIMICA DEL AMOR

Estrategias didácticas propuestas:

No se sugiere ninguna específica para estos contenidos, puesto que ellos mismos resultan motivadores, ya que responden a los intereses propios del adolescente. Suponemos que, ante la propuesta de investigación sobre esos temas, el alumno responderá a ellos sin necesidad de implementar otra estrategia didáctica.

4. Alcances de los contenidos mínimos propuestos para la Educación Polimodal

Si bien en el apartado anterior, los contenidos son enunciados de manera general, por expresa solicitud del MC y E creemos conveniente indicar los alcances de los mismos para la enseñanza de la química en el nivel polimodal.

Módulo I: La materia, Medidas químicas de la materia

Fases de un sistema. Separación de componentes: sólidos y líquidos. Separación de líquidos. Soluciones. Solubilidad. Solubilidad de sales y de gases. Combinación y descomposición. Conservación de la masa. Propiedades coligativas. Sustancias simples y compuestas. Elementos. Movimiento molecular y difusión. Densidad y presión de un gas. Presión atmosférica. Movimiento molecular de líquidos y sólidos.

Módulo II: Átomos, isótopos y moléculas, Mecanismos cuánticos

Estructura atómica. Hechos experimentales y modelos. Electrólisis leves. Clasificación periódica: ley de periodicidad de las propiedades químicas. Energía de ionización. Orbitales atómicos y grupos de elementos por orbitales “externos”. Teoría atómicamolecular-iónica-cinética. Teoría cuántica.

Módulo III: Fórmulas químicas y uniones químicas, Estequiometría y energía de reacción

Teoría atómico-molecular. Fórmula química. Nomenclatura química. Estequiometría. Uniones químicas: iónica, covalente, metálica. Cristales característicos. Partículas químicas. Uniones intra e intermoleculares. Energía de las reacciones químicas. Termoquímica. Diagramas entálpicos. Noción de ciclo energético.

Módulo IV: Gases, líquidos, sólidos

Estado de la materia. Presión del vapor: equilibrio dinámico. Soluciones: solubilidad. Efecto Le Chatelier. Ley de Raoult. Propiedades coligativas, disociación. Cinética química. Equilibrio químico. Leyes del equilibrio químico.

Módulo V: Química orgánica

Carbono: características de sus compuestos. Orbitales de unión. Hidrocarburos. Funciones orgánicas. Descripción de los principales grupos funcionales. Lípidos y glúcidos. Funciones nitrogenadas. Prótidos. Enzimas. Vitaminas. Sistemas coloidales. Hormonas.

Módulo VI: Ácidos y bases

Equilibrio químico. Interpretación cinética-dinámica. Equilibrios homogéneos en electrolitos. Ácidos y bases. Equilibrio ácido-base pH. Electrolitos fuertes y débiles. Indicadores. Ácidos orgánicos.

Módulo VII: Oxido-reducción

Equilibrio de complejos dadores de iones. Equilibrio redox: pilas, potencial normal. Corrosión. Paralelismo entre reacciones iónicas. Conductividad.

Módulo VIII: Historia de las drogas

Origen de drogas tales como: aspirina, cocaína, vitaminas, anestésicos, sulfamidas, antibióticos, etc.

Química de los plásticos

Nociones de química tecnológica. Química de los materiales: silicatos, cal, metales y aleaciones. Plásticos. Polimerización: plásticos (fibras, esferas, láminas, bloques). Catálisis industrial. Tecnología y ambiente.

Química del espacio, del crimen, del amor

Nociones de la intervención de reacciones químicas en distintas actividades. Combustibles sólidos. Relación con la falta de presión. Química de las trazas y reactivos. Química biológica de las hormonas. Relaciones entre la química y los seres vivos.

Aunque se han detallado los alcances de los contenidos curriculares, resulta necesario realizar algunas observaciones con la finalidad de evitar ciertos “errores” cometidos en el pasado en la enseñanza de la química.

Es posible advertir que el excesivo “detallismo” en el desarrollo de los contenidos curriculares ha llevado a los docentes, durante mucho tiempo, a la carencia de creatividad y de preparación suficiente.

El afán por ajustarse a la “letra” de los programas oficiales ha limitado a los docentes en tres sentidos:

a) El estudio del tema, por parte del docente, se limita a lo expresado literalmente en los textos escolares. En realidad maestros y profesores debieran preparar sus temas fundamentados en una bibliografía superior, correspondiente al ámbito universitario.

b) Los docentes no imaginan otros ejercicios u otros experimentos que no estén contenidos en los libros escolares que tienen como único destinatario a los alumnos y no a los profesores o maestros.

c) Un temario demasiado abultado o demasiado sencillo perjudica al alumno en su normal desarrollo cognitivo. No todos los grupos de alumnos poseen el mismo grado de preparación o de interés por la asignatura. El docente en su afán de aferrarse al cumplimiento de los contenidos, muchas veces no tiene en cuenta el aprendizaje correspondiente a cada grupo de alumnos. Esto significa que no se atreve a incorporar contenidos si éstos resultan insuficientes para el grupo, o a la inversa.

Creemos necesario volver a reiterar que el problema de la enseñanza de la química no se resuelve presentando un “listado de contenidos”, sino haciendo hincapié en las estrategias didácticas que deben ser empleadas en la clase. En síntesis, el énfasis no debe estar puesto en el “*qué se enseña*” sino en el “*cómo se enseña*” y el “*para qué se enseña*”, tal como se expusiera en apartados anteriores.

IV. PROPUESTA DE CONTENIDOS PARA LA FORMACION DEL DO- CENTE

1. Introducción

Hablar sobre la necesidad de formar y actualizar a los docentes se ha transformado en un tema y en una preocupación común en todos los ambientes de la sociedad argentina.

Nadie desconoce que la formación docente consiste en dar al maestro o al profesor la posibilidad no sólo de conocer una teoría actualizada correspondiente a la asignatura que tiene a su cargo, sino que también consiste en brindarle los medios necesarios para que pueda desempeñar su papel como mediador entre el objeto de conocimiento y el alumno.

Este concepto de formación implica, pues, dos aspectos relevantes:

- a) El conocimiento pleno, profundo y actualizado de las teorías y métodos que fundamentan la asignatura.
- b) El conocimiento de las competencias cognitivas de su alumno. Esto significa conocer de qué manera aprende el alumno, así como también implica identificar las condiciones necesarias para que tal o cual aprendizaje se produzca y, sobre todo guiar adecuadamente la construcción del saber.

Ambos aspectos están estrechamente ligados, porque sólo quien domina en profundidad un conocimiento puede enseñarlo y más aun, puede llegar a descubrir estrategias didácticas que favorezcan el proceso de construcción de los aprendizajes.

En el caso específico de la química es importante que el docente se ubique dentro del nuevo paradigma científico, según el cual la vida debe ser entendida como una red de relaciones infinitas del hombre consigo mismo y con el entorno que lo rodea. Esta perspectiva implica que el docente, a través de la enseñanza de la disciplina, debe llevar a su alumno a conocer mejor el mundo natural que lo circunda para comprenderlo, interpretarlo y, de esta manera, mejorar las condiciones de

la vida humana. “El conocimiento de las ciencias naturales y la tecnología hacen al mundo más comprensible e interesante” (Thelen, 1991).

Un docente que sólo enfoque la disciplina desde la perspectiva de los aspectos teóricos de la química por la química misma, alejará a los alumnos del gusto por la ciencia. En cambio, un docente que utilice la química para analizar y explicar el entorno de todos los días, para experimentar, para resolver problemas, para formular hipótesis... no sólo logrará que sus alumnos se interesen por la asignatura, sino que desarrollará en ellos la capacidad de construir saberes y razonamientos propios del hombre de ciencias.

Para que esta tarea de formación docente pueda ser llevada a cabo, es importante que maestros y sobre todo profesores tomen conciencia de que deben convertirse ellos mismos en *investigadores*, no de los *aspectos químicos*, sino del *proceso de enseñanza-aprendizaje de la química*. El rol de *docente-investigador* difundido en otros países, aún no ha sido considerado, con la importancia que debiera, en el nuestro.

2. Contenidos para la formación docente

Las informaciones de este apartado se han organizado de la siguiente manera: en primer lugar se enuncia el contenido general, en un segundo término se formulan una serie de interrogantes que el docente debe poder responder para resolver posibles cuestiones planteadas y por último se presentan los alcances del contenido general.

1. Los métodos científicos para resolver los problemas

- *Interrogantes:* ¿En qué forma se pueden utilizar los métodos científicos para resolver un problema químico? ¿En qué forma se pueden utilizar los métodos científicos para resolver cualquier tipo de problemas? ¿Por qué los científicos hacen experimentos? ¿Cuáles son las variables y los controles de un experimento? ¿Cuál es el lenguaje de la Química? ¿De qué manera se representan sus elementos y reacciones? ¿Cómo se llega a una fórmula química?

- *Alcances:* Los métodos científicos. Los experimentos. Los pasos experimentales. Lectura de los datos. Variables y controles de un experimento. Fórmula química. Nomenclatura química.

2. El mundo que nos rodea

- *Interrogantes:* ¿Cómo está hecho? ¿Cómo se combinan sus elementos? ¿Tienen relación la materia y la energía?

- *Alcances:* Sistemas materiales. Leyes de combinación de los elementos. Energía de las reacciones químicas.

3. Estructura de la materia

- *Interrogantes:* ¿Cómo son los átomos? ¿Existe una armonía entre los elementos? ¿De qué manera se unen los átomos?
- *Alcances:* Estructura atómica. Clasificación periódica. Uniones químicas. Reacciones nucleares. Series de desintegración. Energía nuclear. Isótopos.

4. Estados de la materia

- *Interrogantes:* ¿Cuáles son los estados en que se encuentran las sustancias?
- *Alcances:* Estados de la materia. Presión de vapor. Soluciones. Propiedades coligativas. Dispersiones coloidales. Geometría química. Estructura de los complejos.

5. Estudio de las reacciones químicas

- *Interrogantes:* ¿Con qué rapidez reaccionan las sustancias entre sí? ¿Cuánto tiempo continúa una reacción química determinada? ¿Se producen sustancias intermedias?
- *Alcances:* Cinética química. Velocidad de reacción. Equilibrio químico. Efecto de la concentración, presión y temperatura. Equilibrio heterogéneo.

6. El mundo del carbono

- *Interrogantes:* ¿Qué son las sustancias llamadas orgánicas? ¿Cómo están ellas organizadas? ¿Cómo son las estructuras orgánicas?
- *Alcances:* El Carbono en la clasificación periódica. Compuestos del C. Radicales hidrocarburo. Uniones covalentes. Funciones orgánicas. Orbitales de unión.

7. Sustancias orgánicas

- *Interrogantes:* ¿De qué manera pueden clasificarse las sustancias orgánicas? ¿Cómo son las reacciones orgánicas? ¿Existe alguna semejanza entre el mundo del carbono y los elementos inorgánicos?

- *Alcances:* Fundamentales funciones orgánicas. Ácidos orgánicos. Isomerías. Funciones nitrogenadas. Relación con la vida: glúcidos, lípidos y proteínas. Macromoléculas. Ácidos nucleicos. Genética química. Mecanismo de reacciones orgánicas. Tipos.

8. Equilibrio químico

- *Interrogantes:* ¿Estamos en un mundo homogéneo con pluralidad de sustancias? ¿Cómo reaccionan los iones?

- *Alcances:* Equilibrio químico. Equilibrio ácido-base. Equilibrio de complejos. Equilibrio redox. Energética química. Relación con los compuestos orgánicos.

9. Relación de la química con la tecnología y los recursos naturales

- *Alcances:* Química biológica: enzimas, metabolismos, vitaminas. Quimioterapia: anestésicos, sulfas, antibióticos, psicofármacos.

Química de los materiales: silicatos, cal, metales y aleaciones.

Polimerización: plásticos. Catálisis industrial. Protección de equilibrios naturales.

Recursos naturales utilizados por el hombre.

EN REALIDAD, TODOS LOS CONTENIDOS ANTERIORES DEBEN SER EL SUSTENTO TEÓRICO PARA LA INTERPRETACIÓN DEL TEMA CENTRAL E IMPORTANTE QUE JUSTIFICA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN TODOS LOS NIVELES DE SU APRENDIZAJE:

Relación de la química con la vida, la tecnología y los recursos naturales

- *Interrogantes:* ¿De qué manera intervienen los procesos químicos en el mundo que nos rodea? ¿Cómo se pueden aprovechar los conocimientos químicos para mejorar las condiciones de la vida humana? ¿Existe un orden en la naturaleza?

Comentario final

Debe quedar claramente explicitado que en la elaboración de este trabajo han intervenido de manera inapreciable dos colaboradoras, que aunque no figuran como autoras, merecerían serlo. Una: Mónica Riccomi de Girardi redactó, corrigió y ayudó a escribirlo, y otra: Andrea Riccomi de Martín colaboró estrechamente en la elaboración de los contenidos específicos de la química con su experiencia docente en los niveles secundarios, pre-universitarios y universitarios.

Rosario, 23 de mayo de 1994

BIBLIOGRAFIA

Parte II

ARCIDIACONO, S; Bressan. A y otros, 1990, *Natura, Scienze, Ricercá* - Corso di scienze chimiche, fisiche e naturali per la scuola media, Editrice La Scuola.

CAVALLINI, Graziano, 1989, *L'Educazione scientifica nella scuola dell'obbligo. Dalla ricerca sperimentale al curricolo continuo*, Irrsae quaderni, Lombardia.

Ministre de l'éducation Nationales de la jeunesse et des sports direction des écoles, 1991, *Les cycles l'école primaire*, Hachette, Centre National de documentation Pédagogique.

Parte III

VAN CLEAVES, J., 1989, *Chemistry for Every Kid: Easy Experiments that Really Work*, John Wiley, Nueva York.

TENSTER, A. E., SCHWARCZ, J. A. y Harpp, en: *J. Chem. Education*, 1993, 70, 711.

EHRENKARANZ, D. F.; MAUCH, J. J., *Chemistry in Microscale*, Kendall/Hunt, IOWA, EE.UU.

Polymer Chemistry, 1986, *A teaching Package for Pre-College Teachers*, Nat. Sci. Teachers Association, Washington, DC.

Parte IV

THELEN, J., 1991, en *Science Learning: Process and applications*, Santa & D.E. Alvermann.

- MOORE, MOORE, CUNNINGHAM & CUNNINGHAM, 1986, *Developing readers and writers in the content areas*, Nueva York, Longman.
- CASTEEL, C. P. y Isom, B. A., 1994, *The reading Teacher*, 47, 538. HEIMLER, C. H., 1985, *Los seres vivientes*, Charles E. Merrill Publishing Co.

ANEXO

CRITERIO DE CONSULTA Y NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

Encuesta

Contenidos Básicos Comunes para la enseñanza de la Química para todos los alumnos del Nivel Primario y el primer ciclo del Nivel Medio.

- 1) ¿Qué modificaciones cree usted que se deberían introducir en la enseñanza de la Química en los niveles primario y secundario para alumnos con cualquier inclinación vocacional no química?
- 2) ¿Qué tipo de metodologías de enseñanza o estrategias didácticas deberían implementarse para los distintos niveles?
- 3) ¿Cómo cree usted que podría hacerse más “atractiva” la enseñanza de las ciencias, para despertar el interés de los alumnos, aun de aquellos que no tengan inclinación hacia ellas?
- 4) ¿Qué conocimientos mínimos, que capaciten al alumno para vivir en el medio argentino del siglo XXI, resultan indispensables como objeto de enseñanza de la disciplina?
- 5) ¿Qué secuencia de conocimientos establecería usted para el desarrollo de la enseñanza de esta especialidad?
- 6) ¿Qué habilidades cree usted que deberían poseer los alumnos respecto de esta disciplina?
- 7) Enumere las 10 unidades temáticas correspondientes a la asignatura Química que deben ser conocidas por todos los alumnos, independientemente de su orientación vocacional.

8) ¿Qué conocimientos cree usted que resultan imprescindibles en la formación de los docentes dedicados a la enseñanza de la Química?

Especialistas consultados

BADANO, Héctor; Dr. GONZALEZ SIERRA, M. Profs. de la Universidad Nacional de Rosario, Especialización en Química Orgánica.

BATANA, Alicia y colaboradores, Investigadora del CONICET, Prof. de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Especialización en Química General e Inorgánica.

BOLLMANN, M., Prof. Adjunta de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Especialización en Química.

CAVIGLIA, Ana María, Prof. de la Universidad Nacional del Sur, Especialización en Introducción a la Química.

FENSTER A. E.; SCHWARCZ, J.A.; HARPP, David N. Vanier Coll. Quebec, Canadá, McGill. Universidad de Montreal, Especialización en Química.

GUERRERO, Ariel, Prof. Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad Del Salvador, Especialización en Química General y Química Analítica.

LAZARO CAFFERATA, Investigador del CONICET, Prof. de la Universidad Nacional de La Plata, Especialización en Química Orgánica.

MACAGNO, Vicente A., Prof. Titular de la Universidad Nacional de Córdoba, Especialización en Química General.

OEXLER, Elena, Investigadora del CONICET, Prof. Titular de la Universidad Nacional de Córdoba, Especialización en Físicoquímica.

OLSINA, Roberto A., Investigador del CONICET, Prof. de la Universidad de San Luis, Especialización en Química Biológica.

STELLA, Ana M., Investigadora del CONICET, Prof. de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Especialización en Química Biológica.

Rodolfo A. Ugalde, Biología

Doctor en Química, Universidad Nacional de Buenos Aires; Investigador Senior del Instituto de Investigaciones Bioquímicas, Fundación Campomar. Profesor Adjunto Ordinario en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Fundación Campomar - UBA.

SUMARIO

- I. Enfoques generales y concepción metodológica
 - 1. Orientaciones generales
 - 2. Enfoque conceptual
 - 2.1. Metodología
 - 2.2. Pensamiento científico y el método experimental
 - 3. Propuesta metodológica
 - 4. Principios unificadores para la definición de los contenidos básicos de la enseñanza de la biología
- II. Contenidos básicos de la enseñanza de la biología
 - 1. Conceptos generales
 - 2. Bloques de Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica y la Educación Polimodal
 - 3. Perfeccionamiento docente

I. ENFOQUES GENERALES Y CONCEPCION METODOLOGICA

1. Orientaciones generales

La ley Federal de Educación 24.195 y la recomendación 26/92 de la XII Asamblea Extraordinaria del Consejo Federal de Educación establecen la necesidad de reemplazar los Lineamientos Curriculares Básicos Comunes (LCBC) por los Contenidos Básicos Comunes (CBC). Definidos éstos como “el conjunto de saberes relevantes que integran el proceso de enseñanza en todo el país” con el objeto que ese cuerpo conceptual sirva como guía para que las jurisdicciones federales elaboren sus respectivas currículas, este documento básico pretenderá ser un aporte a la elaboración y discusión de dichas currículas, principalmente para una orientación metodológica de la enseñanza de la biología desde la óptica, no de un especialista en pedagogía, sino de un científico del área biológica.

2. Enfoque conceptual

Todos los seres vivos están formados por unidades denominadas células. Las formas más simples de vida son células solitarias que se perpetúan dividiéndose en dos. Organismos más complejos (plantas, animales, hombre) están formados por grupos de células, que cumplen funciones especializadas y que están interconectadas por sistemas de comunicación. Estos grupos de células cumplen funciones muy distintas (hoja de una planta, cerebro, hígado, piel, flores, etc.). *Todos los organismos vivientes y por lo tanto todas las células que los constituyen descenden por evolución de un antecesor común.*

Evolución implica dos procesos: 1) La ocurrencia de variaciones al azar (mutaciones) que se transfieren como nueva información a la descendencia; 2) la selección

de la nueva información como consecuencia de que la misma favorece la supervivencia y propagación (reproducción) del que la posee.

Considerando a la evolución como el principio central de la biología, la misma nos ayuda a darle sentido a la enorme variedad del mundo viviente, además de entender su génesis.

No es posible entender el funcionamiento de la vida, y por lo tanto enseñar la biología, sin entender la progresión: moléculas-células-organismos multicelulares.

Existen evidencias científicas de que la formación de moléculas biológicas en las condiciones prebióticas (hace 3.500 o 4.000 millones de años) pudo dar origen a la primera célula, definida ésta como: un espacio cerrado conteniendo una solución acuosa de sustancias químicas (moléculas y macromoléculas) donde se cumple el dogma de la biología que define una interrelación particular entre tres macromoléculas biológicas que son: ADN, ARN y proteínas.

Se cree que hace 4.000 millones de años la secuencia de eventos que originaron la primera célula pudo haber sido la siguiente: 1) formación de polímeros de ARN capaces de dirigir y controlar su propia formación; 2) aparición de mecanismos capaces de formar proteínas a partir de ARN; 3) aparición de una barrera —membrana de lípidos— que contenga en su interior la mezcla de ARN y proteínas; 4) el reemplazo del ARN por el ADN como macromolécula responsable del almacenamiento de la información hereditaria.

El concepto de que el origen de la vida actual surge como consecuencia de la evolución de las formas de vida más simples (procariotes) a las más complejas (eucariotes) es central para la enseñanza de la biología. Es también central la idea de los tiempos que ha tomado este proceso y que el mismo continúa en nuestros días.

Bases químicas de la vida. En la visión actual de la vida no hay lugar para el concepto de vitalismo o cualquier otra explicación que no se rija por las leyes de la física y la química. Esta afirmación no significa negar la existencia de misterios que aún deben ser explicados en biología.

Dentro de este marco conceptual básico la teoría de la Selección Natural de Darwin es un concepto central para la enseñanza de la biología, que permite no sólo dar explicaciones a la diversidad de formas de vida existentes hoy, sino introducir el concepto de que este proceso continúa ya que es parte esencial de la vida misma, tal como la conocemos en el planeta tierra.

2.1. Metodología

La enseñanza de la biología sólo es posible mediante la aplicación del método científico, adaptando el mismo a las distintas etapas psicopedagógicas por las que

transita el alumno desde que ingresa al ciclo básico hasta que egresa del polimodal (no discutiré, por no ser especialista, estas etapas y cómo adaptar el método científico al método didáctico).

2.2. Pensamiento científico y el método experimental.

Requiere el cumplimiento de las siguientes etapas:

- 1) Percibir el problema (observación).
- 2) Aislar, identificar, plantear y definir el problema (análisis)
- 3) Formular hipótesis para solucionar el problema (elaboración).
- 4) Someter la hipótesis a prueba para solucionarlo (experimentación).
- 5) Proponer una solución en base a la hipótesis y la experimentación (confirmación de la hipótesis por experimentación, conclusiones).
- 6) Aplicar a nuevos problemas las conclusiones obtenidas (generalización, propuesta de modelos y leyes).

La metodología propuesta para la enseñanza en esta área coincide en sus fases principales con las del método experimental.

1. Partir de la observación.
2. Observar y, cuando sea posible, registrar datos.
3. Intentar explicaciones en base a conocimientos previos.
4. Experimentar para confirmar o desechar explicaciones.
5. Elaborar conclusiones.
6. Aplicar y generalizar.

3. Propuesta metodológica

Dividir la enseñanza de la biología en ciclos, que deberán abarcar etapas del desarrollo psicopedagógico del niño, y que deberán ser definidos por los especialistas.

El ciclo inicial (al ingresar a primer grado —duración a determinar por psicopedagogos—) deberá servir para estimular al alumno a:

- Diferenciar entre materia inanimada y vida.
- La observación personal de las distintas formas de vida presentes en la naturaleza que los rodea (vegetales, insectos, aves, mamíferos, peces, hombre).
- Preguntarse por el origen de las distintas formas de vida observadas en la naturaleza.

Una vez generada la curiosidad como consecuencia de la experiencia propia de observación de la naturaleza, en los sucesivos ciclos (número y duración a determinar) se impartirán los contenidos básicos sistematizados en forma de programa cronológico. Cada ciclo contendrá los mismos contenidos básicos, pero los mismos se impartirán con un grado creciente de complejidad y profundidad. Al final del nivel polimodal el alumno deberá haber adquirido los conocimientos que le permitan estar a un nivel de comprensión equivalente al actual Ciclo Básico Común de la universidad, que será explicitado en detalle en la parte siguiente.

Es importante destacar que en la actualidad el enfoque didáctico verbalista y descriptivo de la ciencias naturales, sólo logra en el mejor de los casos estimular la capacidad memorística, sin introducir en el alumno los conceptos de: que el estudio de las ciencias naturales es indagación continua; que los conocimientos están en permanente generación; y que la actividad científica es la responsable del conocimiento que se tiene del funcionamiento de la vida y que la misma es la tarea conjunta de muchos países y personas, incluyendo la de los argentinos.

La aplicación de esta metodología debería permitir al alumno descubrir que él puede ir estructurando conocimientos, habilidades y actitudes transferibles a otras situaciones actuales y futuras de su ambiente. Asimismo valorizará el papel social del científico y se generará la necesidad de descubrir y conocer.

4. Principios unificadores para la definición de los contenidos básicos de la enseñanza de la biología (esquema funcional de la biología modificado de Bentley Glass).

Niveles de organización

- Átomos
- Moléculas
- Células
- Tejidos
- Órganos
- Sistemas de órganos
- Individuo
- Población
- Comunidades
- Ecosistemas
- Tierra
- Sistema planetario

Contenidos

- Microorganismos
- Vegetales
- Animales

Principios unificadores

1. Continuidad genética de la vida.
2. Evolución de los seres vivos en el tiempo.
3. Diversidad de tipos y unidad de patrones en los seres vivos.
4. Relación entre estructura y función; entre organización y actividades.
5. Interrelaciones entre el individuo y el medio.
6. Raíces biológicas del comportamiento.
7. Homeostasis y regulación de la homeostasis.
8. El hombre y el equilibrio biológico de la Tierra.
9. La ciencia como indagación.
10. Historia de los conceptos biológicos.

En las siguientes pautas se desarrollarán en detalle los contenidos de los principios unificadores enunciados anteriormente.

II. CONTENIDOS BASICOS DE LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGIA

1. Conceptos generales

- a) Los seres vivos están muy organizados. Poseen un muy variado tipo de moléculas en estructuras complejas altamente interrelacionadas.
- b) Los seres vivos son homeostáticos, o sea mantienen su composición invariable dentro de ciertos límites, a pesar de que los organismos vivos están permanentemente intercambiando materiales y energía con el mundo externo.
- c) Los seres vivos se reproducen, esto es, se perpetúan en el tiempo generando organismos hijos con mucha fidelidad. Sin embargo los seres vivos generan una variación suficiente como para que ocurra la evolución.
- d) Los seres vivos crecen y se desarrollan. Crecimiento es el proceso por el cual un organismo incrementa su tamaño aumentando el número de las células que lo componen o aumentando el tamaño de sus células. Desarrollo es el proceso por el cual un ser vivo sufre cambios a lo largo del tiempo desde su gestación como cigota, feto, neonato, joven, adulto.
- e) Los seres vivos captan energía del ambiente que los rodea y la convierten en calor, movimiento, materia. La energía capturada como energía química (alimentos) o lumínica (fotosíntesis) es acumulada en los seres vivos como energía química utilizable cuando se la requiere.
- f) Los seres vivos responden a estímulos porque han desarrollado sistemas sensoriales y mecanismos de reacción ante éstos. Fototropismo de las plantas, vista, olfato, tacto, gusto en el hombre, quimiotropismo en bacterias.

g) Los seres vivos tienen la capacidad de adaptarse al ambiente donde viven. Así, por ejemplo, los animales árticos tienen piel y pelaje aptos para resistir el frío, mientras que animales de climas cálidos han desarrollado mecanismos para protegerse del calor. Ejemplos de plantas de climas secos, húmedos, cálidos o fríos.

2. Bloques de Contenidos Básicos Comunes para la Educación Básica y la Educación Polimodal

Los bloques que se enuncian a continuación tratan de presentar en forma sintética los conocimientos que los alumnos deberían haber adquirido al egresar del nivel polimodal luego de 9 años de estudio.

Se propone que especialistas en pedagogía suministren los criterios para determinar el grado de profundidad con que se pueden abordar los distintos bloques a lo largo del período. Esta propuesta excluye el criterio de que los bloques de contenidos de la enseñanza de la biología en la Educación General Básica sean distintos que los de la Polimodal. Lo que sí deberá ser distinto es el grado de profundidad con que se los puede impartir a las distintas edades.

El número de ciclos y la distribución por edades en cada uno de ellos permitiría impartir los mismos contenidos con un grado de complejidad creciente y mayor grado de detalle, conforme se avance en la capacidad de aprender y entender diferentes niveles de abstracción de los alumnos.

1. ATOMOS Y MOLECULAS

Atomos

Modelo y estructura atómica, modelo de Bohr.

Electrones y energía, electrones y enlace químico.

Definir enlace químico y molécula.

Nombrar y describir los elementos de la naturaleza.

Describir los elementos más importantes para los seres vivos

C, H, O, N (carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno).

Describir el porcentaje relativo en la composición de los seres vivos.

Definir el papel del elemento carbono en los seres vivos, ejemplos de moléculas que contienen carbono: hidratos de carbono, lípidos, proteínas, ácido desoxirribonucleico (ADN), ácido ribonucleico (ARN).

Cadenas de carbono, combinaciones del carbono con el oxígeno, anhídrido carbónico (CO_2).

Composición de la atmósfera terrestre, su importancia. Papel de la atmósfera en la vida sobre la tierra.

Moléculas

Enumerar los elementos que forman las moléculas. Definir las propiedades de las moléculas. Enlace químico. Combinación de elementos. Leyes químicas.

Inferir el concepto de materia a partir de la experiencia. Enunciar un esquema simple de constitución de la materia.

Diferenciar materia orgánica de inorgánica, definir sus características y propiedades.

Describir los cambios físicos de la materia: líquido, sólido, gas.

Identificar sustancias por sus propiedades: metales, no metales.

Diferenciar y definir sustancias simples y compuestas.

Moléculas de importancia biológica

El agua

Describir su composición química y estructura.

Establecer que es el líquido más abundante en la tierra.

Definir que la vida sobre la tierra empezó en el agua.

Dar el porcentaje de agua que contiene un ser vivo.

Describir las propiedades del agua y su importancia para la vida. Agua y temperatura, calor específico del agua, importancia. Calor de vaporización, importancia.

Estados del agua, líquido, gas, sólido.

El hielo, su estructura cristalina.

Definir y explicar la importancia del agua como disolvente de las moléculas en los seres vivos.

Ionización del agua, su importancia, ácidos, bases, pH.

Ciclo del agua en la naturaleza.

Nucleótidos y polinucleótidos

Estructura y composición química, Ribonucleótidos, desoxirribonucleótidos.

Describir las estructuras básicas de los ácidos ribonucleicos (ARN) y de los ácidos desoxirribonucleicos (ADN). Importancia de estos dos compuestos en el origen y en la continuidad de la vida.

Capacidad para autorreplicarse y transmitir información.

Identificar las cuatro bases que forman el ARN y el ADN. Describir el apareamiento de bases como el mecanismo para la transmisión de información y autorreplicación.

Discutir las consecuencias del mecanismo de replicación y transmisión de la información en la conservación de la vida y la evolución.

Hidratos de carbono

Composición y estructura general, su importancia para los seres vivos.

La glucosa, fórmula y abundancia en la naturaleza.

Ejemplos de otros azúcares comunes, lactosa, sacarosa, ribosa en ARN y deoxirribosa en el ADN.

Los hidratos de carbono y el almacenamiento de energía, almidón y glucógeno

Los hidratos de carbono y la estructura de los seres vivos, celulosa (vegetales) y quitina (insectos).

Sabor dulce, explicar la percepción del sabor dulce de los azúcares. Sabor y estructura. Comparar el sabor de tres compuestos que contienen glucosa, almidón (harina), celulosa (papel) y sacarosa (azúcar de mesa).

Valor energético de los azúcares. Realizar experimentos quemando tres compuestos que contienen glucosa: almidón, papel y azúcar de mesa y evaluar el calor liberado.

Señalar que el valor energético metabólico de estos compuestos es equivalente al calor liberado durante su combustión.

Señalar que el almidón tiene la energía en forma utilizable por el hombre (pan) mientras que la energía almacenada en la celulosa no puede ser aprovechada en forma directa por el hombre, aunque sí lo es por los rumiantes (vaca), termitas y cucarachas a través de bacterias, hongos y protozoarios que viven en sus intestinos.

Lípidos (grasas, aceites y ceras)

Estructura y composición química, propiedades.

Resaltar la característica de no mezclarse con el agua. Hacer experimento con aceite de mesa y agua, observando la formación de una capa de aceite sobre el agua.

Destacar y describir las funciones estructurales de los lípidos en los seres vivos.

Describir la química de los fosfolípidos, estructura y composición.

Introducir el concepto de que la característica de los lípidos de no mezclarse con el agua hace que estas moléculas resulten apropiadas para la formación de las membranas biológicas que delimitan el territorio acuoso de la célula donde ocurren las reacciones químicas de la vida.

Funciones metabólicas de los lípidos (aceites y grasas). Composición y estructura química, almacenamiento de energía, papel equivalente al de los hidratos de carbono.

Describir que las plantas acumulan aceites. Ejemplos: aceite de oliva, maní, maíz, etc.

Describir que los animales contienen grasa. Ejemplos: grasa en la carne de vaca, cerdo, pollo, etc.

Destacar que la acumulación de grasa tiene en los animales una función de protección como reserva de energía en épocas de falta de alimento. Dar ejemplos de mamíferos marinos, colibrí migratorio que acumula grasa para utilizar como combustible durante su vuelo migratorio.

Describir el uso de las grasas por los animales como el combustible para movimiento y/o producción de calor.

Asociar contenido de grasa con ingreso de energía al organismo. Gordura.

Proteínas

Definir su composición y estructura, unidades que las componen: aminoácidos.

Definir unión peptídica (enlace químico entre los aminoácidos).

Explicar que las proteínas son las moléculas más abundantes en los seres vivos.

Aproximadamente el 50% del peso seco de un ser vivo son proteínas.

Explicar el rol central que cumplen en la vida.

Definir las distintas funciones posibles que cumplen las proteínas en los seres vivos:

- Catalizadores biológicos, enzimas, proteasas, glicosidasas, etc.
- Estructurales: colágeno, seda, citoesqueleto, etc.
- Reguladores: hormonas, insulina, hormona del crecimiento, etc.
- Transporte de moléculas: hemoglobina (oxígeno).
- Contráctiles: miosina de los músculos.
- Protección: anticuerpos, complemento, etc.
- Toxinas: botulismo, difteria, cólera, etc.
- Reserva: clara del huevo, proteínas de las semillas, etc.

Describir modelos de proteínas, explicando estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria.

Mostrar modelos gráficos de algunas proteínas.

Describir proteínas fibrosas dar ejemplos: colágeno en la gelatina, la queratina en los pelos.

Realizar un experimento para mostrar la desnaturalización de una proteína por el calor. Observar el aspecto de la clara de un huevo sin hervir y luego de hervida durante 5 minutos. Apremiar el aspecto antes y después; explicar que lo observado es consecuencia de la desorganización de la proteína del huevo, llamada ovoalbúmina, por efecto del calor. Utilizar el ejemplo para mostrar el efecto destructivo del excesivo calor sobre la vida.

Disolver en agua caliente gelatina en polvo (colágeno extraído de los cartílagos y tendones). Observar que en caliente es un líquido espeso, dejar enfriar y observar que se convierte en un gel espeso. Explicar que el efecto es debido a la orga-

nización de las moléculas de colágeno, mostrar un modelo, utilizar el ejemplo para dar el concepto de estructura terciaria y cuaternaria de las proteínas.

2. CELULA

Teoría celular

Identificar a la célula como la unidad básica de los seres vivos.

Identificar a la célula como el espacio dentro del cual ocurren las reacciones químicas de la vida.

Recaltar el concepto de que una célula proviene de otra célula, que todas las células son descendientes de una sola célula original. Sólo una célula puede dar origen a otra célula.

Discutir la teoría de la generación espontánea. Describir el experimento de Luis Pasteur refutando y destruyendo para siempre la teoría de la generación espontánea.

Plantear el tema del origen de la primera célula.

Describir el ambiente prebiótico de la tierra hace 3.500 millones de años.

Teoría de Oparin, sobre el origen de las moléculas orgánicas en el ambiente prebiótico de la tierra.

Describir los experimentos realizados en laboratorios simulando las supuestas condiciones del ambiente de la tierra hace 3.500 millones de años, antes de que se haya generado la vida. Describir que bajo estas condiciones se forman compuestos (moléculas) precursoras de las moléculas esenciales para la vida, (aminoácidos, bases nitrogenadas, aldehídos, etc.).

Evidencias fósiles de la existencia de estructuras similares a las células actuales hace 3.500 millones de años.

¿Por qué es posible la vida tal como la conocemos en la Tierra?

Explicar que la Tierra sería el único planeta del sistema solar en la que hay vida tal como la conocemos, o sea, vida basada en el carbono.

Describir cuáles son las causas por las que la vida es posible en la Tierra: distancia al sol, temperaturas apropiadas, tamaño de la Tierra que determina una atracción gravitatoria tal que haya adquirido una atmósfera con una densidad apropiada para detener las radiaciones nocivas y dejar pasar la luz del Sol.

Explicar someramente la importancia de la luz en el desarrollo de la vida en la Tierra.

Establecer que si bien es muy poco probable que exista vida como la de la Tierra en algún otro planeta del sistema solar, por el contrario es muy poco probable que no exista vida en el universo.

El camino de las moléculas a la primera célula

Explicar la teoría de la formación de las primeras moléculas orgánicas (que contienen como principales componentes carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno), en el ambiente prebiótico de la Tierra.

Formación de los nucleótidos en el ambiente prebiótico, aparición del ácido ribonucleico ARN como la primera molécula con capacidad para autorreplicarse y de transmitir información.

Describir los ARN con actividad catalítica, *ribozimas*.

Describir la posible formación del ácido desoxirribonucleico, ADN. Moléculas que acumulan la información genética.

Flujo de la información entre ADN, ARN y proteínas. Las proteínas como moléculas que tienen posibilidad de adquirir actividad catalítica, enzimas.

Aparición de la membrana de las células. Barrera entre el contenido celular y el mundo exterior, implicancias de la separación del mundo exterior del ADN y del ARN y de los productos que estas moléculas producen, proteínas con actividad catalítica, enzimas.

Se genera una unidad capaz de transmitir información a otra célula.

Destacar que con la célula se inicia la vida tal como la conocemos hoy.

Describir los distintos tipos de células que se conocen.

Definir organismos procariotas y eucariotas y describir las diferencias y similitudes entre sus células.

Describir la organización del material genético en procariotas y eucariotas.

Ordenar evolutivamente en un reloj biológico a los procariotas (bacterias) y a los eucariotas desde su origen hasta nuestros días.

Recaltar que las bacterias fueron las únicas formas vivientes sobre la Tierra durante 2.000 millones de años. La actividad fotosintética de estos organismos determinó la aparición del oxígeno molecular sobre la Tierra.

Aparición en los eucariotas de una segunda membrana que rodea al material genético, surge el núcleo.

Introducción del orden de magnitud del tamaño de las células, comparando células procarióticas y eucarióticas de distinto tipo.

Introducción del microscopio como instrumento vital en el estudio de las células. Describir el microscopio óptico y electrónico.

Realizar observaciones con microscopio o lupa de células presentes en agua de charcos y otras fuentes (tejidos vegetales, sangre, etc.).

A partir de la observación definir límite de resolución del microscopio. El concepto de límite de resolución es básico para la descripción de arquitectura interna de la célula mostrando diagramas y fotografías al microscopio electrónico de células.

Describir y mostrar diagramas y funciones de las organelas de una célula eucariótica, membrana citoplasmática, pared celular (células vegetales), núcleo, membrana nuclear, nucleolo; dentro del núcleo mostrar los cromosomas.

Citoplasma: dar la organización del citoplasma, citoesqueleto, organelas del citoplasma, ribosomas, canales de las células retículo endoplásmico, aparato de golgi, lisosomas, mitocondrias, plástidos (cloroplastos, amiloplastos, cromoplastos). Cilios y flagelos.

Establecer, luego de explicar la célula más completa (eucariótica), comparaciones con la célula procariótica, establecer claramente que ésta precede en la evolución a aquélla. Reloj biológico.

Intercambio de sustancias y energía en la célula.

Sustancias

Importancia de la membrana celular en la regulación de los intercambios de la célula con el medio que la rodea. Propiedades de la membrana biológica, composición, fosfolípidos. Transporte de sustancias a través de la membrana, poros, rol de las proteínas, difusión facilitada, transporte activo.

Concepto de bomba de sodio-potasio. Función e importancia para la vida.

Endocitosis y exocitosis, mecanismos e importancia.

Energía: leyes de la termodinámica

Primera ley de la termodinámica

Su importancia en biología. Concepto de energía química y su utilización por los seres vivos.

Ejemplos de la primera ley: electricidad que se convierte en calor y energía luminosa en la lámpara eléctrica; las plantas que convierten parte de la energía luminosa en madera.

Segunda ley de la termodinámica

Su importancia en biología. Concepto de procesos exergónicos y endergónicos.

Concepto de entropía.

Ejemplos de la segunda ley. Experimento colocando un objeto caliente en contacto con uno frío y comprobando que el calor pasa del objeto caliente al frío.

Los procesos naturales tienden a desarrollarse en la dirección en la que el desorden aumenta (aumenta la entropía).

De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica los seres vivos deben utilizar energía para mantener el orden de la célula ya que el universo tiende a un au-

mento del desorden y la vida es fundamentalmente organización. En relación a esto la vida sobre la tierra tiende a desaparecer y a perderse. Pero los seres vivos reciben anualmente 13×10^{13} calorías aportadas por el sol, parte de esta energía es utilizada por organismos fotosintéticos (plantas y bacterias) para la fabricación a partir de CO_2 y agua de compuestos que contienen energía química utilizable por la célula (azúcares y otras moléculas). De esta forma, los seres vivos de la Tierra mantienen la organización y la estructura de la célula consumiendo energía.

Mostrar un esquema con el flujo de la energía entre los seres vivos.

Fotosíntesis. Explicar el proceso, definiendo sus principales características como sistema captador de energía por los seres vivos. Destacar su papel central en el mantenimiento de la vida sobre la Tierra y en la aparición de los organismos superiores actuales, generación del oxígeno molecular.

Respiración. Concepto de oxidación y reducción, electrones y reacciones redox. La respiración como proceso de liberación de energía.

Metabolismo. Suma de reacciones químicas que ocurren en la célula durante las que se producen intercambio de energía.

Participación en el metabolismo de las enzimas, definición de enzima como moléculas proteicas responsables del metabolismo y de su regulación y control.

Definir y describir anabolismo y catabolismo.

Definir el concepto de catálisis enzimática.

Describir que el metabolismo requiere energía y que una gran porción de esta energía es provista por el ATP (adenosina trifosfato).

Describir el ATP como la molécula que almacena gran cantidad de energía utilizable en forma inmediata por las células.

Participación del ATP en la utilización de la glucosa, glucólisis. Balance de ATP durante la conversión de glucosa en ácido pirúvico.

Vías metabólicas, formación de etanol a partir de glucosa, fermentación.

Generación de ácido láctico a partir de ácido pirúvico en ausencia de oxígeno.

Ácido láctico y fatiga muscular.

Transformación del ácido pirúvico en CO_2 y agua cuando está presente el oxígeno.

Respiración. Doble significado del término respiración en biología:

- inspiración de oxígeno y expiración del CO_2 ;
- oxidación de moléculas alimenticias en la célula.

Describir en forma conceptual el ciclo de Krebs y el transporte de electrones.

Describir en forma sintética la mitocondria, función y estructura. Integrar el concepto de que es el lugar de formación del ATP.

Explicar en forma conceptual la fosforilación oxidativa, y el concepto de quimiosmosis.

Concepto general y esquemático de la teoría quimiosmótica de Mitchell.

Rendimiento energético, recuperación de la energía química como ATP.

Esquema de los principales caminos catabólicos y anabólicos de la célula.

Fotosíntesis, luz, vida

Ecuación central de la fotosíntesis $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{luz}} (\text{CH}_2\text{O}) + \text{O}_2$

Aparición del oxígeno molecular O_2 en la atmósfera de la tierra como consecuencia de la fotosíntesis de las primeras bacterias fotosintéticas.

Naturaleza de la luz. Importancia de la luz visible, contenido energético.

Clorofila y otros pigmentos responsables de la captación de energía luminosa.

Cloroplastos, estructura y organización.

Integrar el concepto del origen del cloroplasto como endosimbionte procariote.

Reacciones químicas responsables de la captación de la energía lumínica. Describir conceptualmente los fotosistemas.

Reacciones oscuras de la fotosíntesis, describir conceptualmente el ciclo de Calvin.

Concepto de plantas denominadas C3 y plantas C4, establecer las diferencias entre ellas y sus ventajas y desventajas.

Integrar el concepto del ciclo del carbono en la naturaleza.

3. HERENCIA Y BIOLOGIA MOLECULAR

Mendel y el origen de la genética.

Siglo XVII polémica entre espermatistas y ovistas.

Siglo XIX superación de los conceptos espermatistas y ovistas por el concepto de mezcla (ambos progenitores aportan a la herencia de los descendientes).

Describir en forma conceptual las contribuciones de Mendel, enunciar en forma simple las leyes de Mendel, nacimiento de la genética contemporánea.

Integrar el concepto de que la herencia se transmite en unidades discretas, introducir el concepto de gen.

Definiciones esquemáticas de genoma.

Integrar el concepto de alelo, *crossing over*, mitosis y meiosis. Concepto de haploide y diploide.

Explicar conceptualmente las ventajas de que las gametas sean haploides.

Cromosomas y genes, localización física de los genes en el cromosoma.

Interacción entre los genes. Integrar el concepto de dominancia, recesividad, dominancia incompleta, epistacia.

Describir conceptualmente la interacción de los genes y ambiente, herencia poligénica y pleiotropía, alelos múltiples.

Sexo

Describir conceptualmente el sexo de los seres vivos.

Identificación de las flores como los órganos sexuales de las plantas.

Describir y observar flores de distintas plantas. Integrar el concepto de plantas hermafroditas y con sexos separados, dar ejemplos.

Observar dimorfismo sexual en plantas, animales, insectos.

Integrar el concepto de meiosis con la reproducción sexual.

Generar la pregunta de si el sexo es necesario para la reproducción de todos los seres vivos.

Ejemplos en los que el sexo no es necesario para la reproducción. Protozoarios, bacterias.

¿Por qué el sexo es ventajoso como mecanismo de reproducción para los seres vivos? Integrar los siguientes conceptos:

- Posibilita la generación de descendientes con recombinaciones génicas
- Posibilita la introducción de alelos favorables en grandes poblaciones.
- Permite que las especies diploides se conserven diploides.
- En especies diploides existe la posibilidad de que una de las copias de algún gen sufra mutaciones que pueden tener en futuras generaciones ventajas adaptativas.
- Las especies diploides pueden rápidamente enriquecer su genoma por adquisición de nuevos genes.

Describir ejemplos de reproducción sexual y no sexual en plantas y animales.

Describir los órganos sexuales de diferentes especies, realizar comparaciones, incluir en las comparaciones los órganos sexuales del hombre.

Describir la fecundación, integrar el concepto de formación de la cigota.

Describir ejemplos de organismos ovíparos y vivíparos. Discutir las ventajas y desventajas de los sistemas descriptos.

Determinación genética del sexo. Cromosomas sexuales: XX, XY, en el hombre y otros mamíferos.

Integrar el concepto de inactivación génica, determinación del sexo en otros organismos.

Química de la herencia

El ADN, el lenguaje de la vida .

Estructura y modelos del ADN, doble hélice, apareamiento de bases, estructura tridimensional.

Muestra de modelos moleculares.

Historia de la pista del ADN como portador de la información genética.

Describir en forma conceptual y sencilla los experimentos de Frederick Griffith con los pneumococos. Integrar el concepto de que estos experimentos permitieron el descubrimiento de un factor denominado “factor de transformación”.

Describir en forma conceptual los experimentos de Avery para la demostración de que el “factor de transformación” es el responsable de la transmisión de la información genética. Descubrimiento de que las moléculas responsables son el ADN. Integrar el concepto que los descubrimientos científicos son realizados en forma gradual y que a medida que se avanza en el conocimiento hay nuevos interrogantes a contestar. Enfatizar el concepto de ciencia como un proceso continuo que continúa hoy en día.

Describir en forma conceptual y simple el modelo de Watson y Crick de la doble hélice para el ADN. Apareamiento de las bases A:T, G:C.

Consecuencias de la estructura en su replicación.

Describir en forma conceptual y esquemática los experimentos de Meselson-Stahl demostrando la replicación semiconservativa.

El ADN como portador de la información genética.

Un gene produce una proteína. Experimentos de Beadle y Tatum. Derrumbe del dogma “más de un gen una proteína”, descripción de los intrones y exones.

Describir conceptualmente el flujo de información ADN-RNA-proteínas. Excepciones a la norma transcriptasa reversa en virus a ARN.

Complementariedad ADN/ARN.

Integrar los conceptos y funciones de: ARN mensajero (ARNm). ARN de transferencia (tARN), ARN ribosomal (rARN).

Síntesis de ARN transcripción, enzimas responsables ARN polimerasas.

Síntesis de proteína (traducción), enzimas, ribosomas. Aparato de traducción de proteínas.

Código genético

Describir en forma conceptual los experimentos de Nirenberg y Matthaei y de Khorana para la demostración de que el código es de tres letras (tres bases) para cada aminoácido. Integrar el concepto de código genético en forma simple.

Asimilarlo a modelos de transmisión de la información simples y cotidianos como por ejemplo la escritura.

Introducir el concepto de la regulación de la síntesis de proteína. Integrar el concepto en forma simple de operón para genes que participan en la síntesis de enzimas que actúan coordinadamente en un camino metabólico.

Describir en forma esquemática el operón lactosa. Describir a modo de ejemplo la utilización de la lactosa, (azúcar de leche) por la bacteria *escherichia coli*.

Describir en forma conceptual los experimentos de Jacob y Monod.

A partir de los experimentos ejercitar la deducción de los conceptos de promotor, represor, operador, inductor.

ADN recombinante

Introducir el concepto de que las bacterias tienen por lo general un solo cromosoma formado por una sola hebra de ADN circular (doble hélice) de 2,2 millones de pares de bases.

Describir conceptualmente lo que es un plásmido.

Describir en forma simple las funciones de los plásmidos, utilidad para la bacteria y sus propiedades. Introducir el concepto de conjugación en bacterias. Describir plásmidos conjugativos, sus semejanzas con el sistema sexual de organismos superiores. Describir el factor F de fertilidad como una forma de apareamiento sexual.

Introducir el concepto de mapeo cromosómico, su utilidad. Introducir el concepto de células Hfr; integrar el concepto de su utilización para el mapeo cromosómico de genes.

Plásmidos R, resistencia a antibióticos.

Virus de ARN, transcriptasa reversa, formación de ADN a partir de ARN.

Introducir el concepto de enzima de restricción.

Describir en forma simple y esquemática el procedimiento de clonación de genes.

Describir en forma esquemática y simple los procedimientos para la secuenciación de genes, técnica de Frederic Sanger.

Integrar el concepto de la expresión de genes en bacterias. Describir ejemplos en los que se han expresado genes eucariotas en bacterias (insulina, hormona de crecimiento) establecer claramente sus alcances y significado.

Describir en forma esquemática y simple las técnicas de introducción de genes en plantas, concepto de plantas transgénicas.

Describir la importancia de estas técnicas para el mejoramiento de las plantas.

Describir en forma esquemática y simple la obtención de animales transgénicos. Establecer su importancia para la cura de algunas enfermedades genéticas.

El cromosoma de un eucariote

Diferencias entre el cromosoma de un procariote y de un eucariote. Tamaño y organización. Número de cromosomas en distintas especies.

Proteínas cromosómicas, histonas. Interrelación entre ADN y proteínas, nucleosoma.

Regulación de la expresión de genes, rol de las proteínas cromosómicas.

Replicación de ADN, ciclo celular, fases que lo componen, descripción.

Genes múltiples. Amplificación de genes.

Estructura de genes, intrones y exones, función de los intrones, procesamiento del RNAm. Ejemplos: globina, inmunoglobulinas.

Reordenamiento de genes, inmunoglobulinas, regiones constantes y variables, cadenas pesadas y livianas.

4. ORGANISMOS

Describir la organización de organismos complejos.

El camino de la célula a los organismos complejos.

Estimular y promover la observación de la naturaleza que nos rodea. Promover el descubrimiento de las variadas formas de vida que conviven en el jardín de la casa, el patio de la escuela, el parque público cercano o el ambiente rural. Orientar el reconocimiento de las formas de vida, bacterias, hongos, insectos, plantas, animales, etc.

Clasificar los seres vivos, evitar clasificaciones no científicas basadas en criterios irracionales como, por ejemplo, clasificar los seres vivos que vuelan, lo que daría como consecuencia clasificar en un mismo grupo a la mosca y al pato.

Clasificación de los seres vivos en reinos:

- *Monera o procariotes*: organismos unicelulares sin núcleo (bacterias).
- *Protista*: organismos unicelulares nucleados (protozoarios, algas).
- *Hongos*: organismos pluricelulares nucleados no fotosintéticos.
- *Plantas*: organismos pluricelulares nucleados fotosintéticos.
- *Animales*: organismos pluricelulares nucleados heterotróficos.

Reino Monera

Describir a las bacterias, su estructura celular, sus propiedades, formas de cultivarlas, indicar la característica de ser microscópicos no visibles a simple vista.

Describir los experimentos de Pasteur, quien demostró la inexactitud de la teoría de la generación espontánea.

Explicar los métodos para su estudio y visualización. Dar ejemplos de bacterias como agentes de enfermedades para el hombre, animales y plantas. Dar ejemplos de bacterias como organismos útiles de los que el hombre hace uso en distintos procesos como la fabricación de yoghurt, queso, etc. Dar ejemplos de simbiosis entre bacterias y plantas como en la fijación biológica del nitrógeno en los nódulos de las leguminosas.

Describir que las mitocondrias y los cloroplastos son procariotes endosimbiontes de organismos superiores.

Dedicar una explicación a los virus. Introducir el concepto de la estructura, composición y funcionamiento de un virus cualquiera. Discutir si son o no organismos vivos.

Reino Protistas

Estos organismos eucariotas en su mayoría unicelulares se pueden dividir en tres grandes grupos: algas, mohos mucilaginosos y protozoarios.

Definir el rol que cumplen en la naturaleza cada uno de los grupos.

Algas: organismos fotosintéticos que forman el fitoplankton.

Mohos mucilaginosos: organismos heterótrofos degradadores de la materia orgánica que participan en el reciclado de la materia.

Protozoarios: organismos unicelulares heterótrofos que participan en la degradación de sustancias orgánicas (protozoarios que degradan la madera en el intestino de las termitas). Ejemplos de protozoarios que producen enfermedades en el hombre y los animales (amebiasis, chagas, enfermedad del sueño, etc)

Reino Hongos

Estos organismos heterótrofos pluricelulares o unicelulares (levadura) fueron clasificados durante mucho tiempo junto a las plantas pero actualmente forman un reino separado. La principal diferencia con las plantas es que sus paredes están formadas por quitina, polisacárido de glucosas modificadas, que no existe en las plantas.

Descripción de la participación de los hongos en la degradación de la materia orgánica, ciclo de la materia. Hongos que producen enfermedades en el hombre, animales e insectos. Simbiosis entre hongos y otros organismos.

Líquenes: simbiosis entre un hongo y una bacteria azul-verde (cianobacteria fotosintética); los líquenes abundan en la naturaleza desde el Ártico hasta regiones desérticas, ya que la combinación entre ambos les da una enorme ventaja adaptativa.

Micorriza: también denominados raíces fúngicas. Es la asociación de un hongo con las raíces de una planta vascular, esta asociación les permite a las plantas aprovechar más eficientemente los nutrientes del suelo. Evidencias fósiles indican que este mecanismo existió desde los orígenes de las plantas, se piensa que bien pudo ser una de las causas que permitieron la expansión de las plantas a regiones inhóspitas.

Reino Plantas

Se piensa que las plantas evolucionaron a partir de las algas. Junto con éstas son las responsables de la vida sobre la tierra tal como se la conoce hoy, incluyendo la del hombre, ya que son responsables de la presencia en la atmósfera del oxígeno molecular.

El reino de las plantas puede dividirse en: plantas no vasculares (musgos) y plantas vasculares sin semilla (helechos) y con semilla gimnospermas, (semillas desnudas) o angiospermas (semillas protegidas) o plantas con flores.

Describir las plantas, destacar su importancia para la vida. Destacar la gran variabilidad y adaptación de las plantas a distintos climas y condiciones ambientales,

Describir una planta vascular angiosperma. Descripción anatómica: raíz, tallo, hojas, flores. Descripción funcional.

Dar ejemplos de la utilización por el hombre de las distintas partes de las plantas. Asociar forma y función. Descripción de la flor, sistema reproductor de las plantas, describir fruto, semilla.

Reino Animal

Destacar la dependencia de los miembros del reino animal de los otros reinos para su subsistencia, debido a la característica de que su nutrición es heterotrófica obligada.

Destacar que animales no son sólo los mamíferos. Describir la diversidad del reino que va desde un gusano, caracol, estrella de mar al hombre, pasando por los insectos.

Cuadro de la relación evolutiva de los miembros del reino animal.

Describir algunos ejemplos de animales anatómicamente muy distintos. Destacar la enorme variabilidad en el reino animal.

Dar una clasificación del reino. Ubicar al hombre en esta clasificación.

Describir la agrupación de células especializadas que dan origen a órganos y a sistemas.

Describir el sistema digestivo, respiratorio, nervioso y circulatorio de un mamífero.

Describir el sistema reproductor, formación de gametas, fecundación, cigota, gestación y nacimiento.

Dar conceptos de embriología.

Homeostasis, sistema endocrino.

Destacar la importancia de la interconexión por medio del sistema nervioso, circulatorio y endocrino de las partes que componen la máquina animal.

5. COMUNIDADES Y EVOLUCION

Realizar observaciones del medio que nos rodea. Detectar comunidades de seres vivos, hormigueros, colmenas, palomares, rebaños, etc.

Teoría de la evolución de Darwin. Formular y explicar la teoría de la evolución y el origen de las especies. Describir las ideas predominantes en la época en la que Darwin la propone.

Describir la influencia de la geología y el efecto que las técnicas para la determinación de la edad de la tierra tuvieron en la formulación de la teoría.

Teorías de Lamarck. Herencia de los caracteres adquiridos. Describir y formular claramente a la luz de los conocimientos actuales de genética y herencia, el error conceptual de la teoría de Lamarck.

Describir las cuatro premisas básicas de la teoría de Darwin:

1. Los organismos vivos engendran organismos similares. Esto es, el proceso de la reproducción es estable y fiel.
2. En toda población ocurren variaciones al azar entre los individuos, es decir, variaciones que no son producidas por el ambiente, algunas de estas variaciones se transmiten a la descendencia, o sea, se heredan.
3. En la mayoría de las especies el número de individuos que sobreviven y se reproducen en cada generación es pequeño en comparación con el número total que se produce.
4. La elección de cuáles individuos habrán de sobrevivir y reproducirse y cuáles no, depende de la interacción del individuo portador de la variación con el ambiente. Algunas variaciones determinan que sus portadores produzcan más descendientes que otras. *Variaciones favorables.* Las variaciones favorables heredadas tienden a hacerse más comunes a lo largo de las generaciones, *selección natural.*

Destacar las consecuencias de la teoría de la evolución en la explicación del origen del hombre.

Describir las bases genéticas de la evolución.

Describir y explicar la teoría neodarwiniana o sintética (Darwin-Mendel).

Explicar qué se entiende por genética de poblaciones.

Definir población como grupo de organismos que se cruzan (reproducen) entre sí.

Definir reservorio genético, alelo, genotipo y fenotipo.

Definir cuáles son los agentes de cambio en la evolución.

Definir mutaciones como defecto del ADN producido durante el copiado del mismo (errores tipográficos durante la fabricación de una copia hija del material genético).

Definir a las mutaciones como la materia prima de los cambios evolutivos.

Concepto de migración y flujo de genes en las poblaciones, su efecto en el mantenimiento de la variabilidad. Concepto de variabilidad genética. Selección artificial y reducción de la variabilidad, Ejemplos: razas de bovinos, perros, gatos, etc.

Destacar y explicar el caso de las razas de perros: un ancestro común dio origen, por acción del hombre, a razas tan diferentes.

Mantenimiento de la variabilidad en la naturaleza. El efecto sobre ella de la reproducción sexual.

Explicar que la naturaleza tiende a promover la exogamia para mantener la variabilidad genética. Ejemplo: muchas plantas poseen mecanismos que impiden la autofecundación de la flor, el caracol que, a pesar de ser hermafrodita, raramente fecunda sus propios huevos.

Indicar que en los mamíferos se promueve la exogamia como mecanismo para mantener la variabilidad genética. Ejemplo, los leones jóvenes abandonan el grupo familiar cuando llegan a la madurez sexual.

Selección natural

Describir y explicar la selección natural, dar los tres tipos básicos de selección natural: estabilizante, disruptiva y direccional. Explicar y dar ejemplos.

Explicar evolución divergente: una misma especie adquiere características fenotípicas muy distintas en ambientes muy diferentes, ejemplo de los osos (oso polar, oso de los bosques, etc.).

Explicar evolución convergente: dos especies distintas adquieren características fenotípicas similares en un mismo ambiente, ejemplo ballenas y tiburones. Explicar coevolución: cuando dos o más poblaciones de especies distintas o de reinos distintos interactúan de manera tan íntima que cada una de ellas ejerce sobre la otra una fuerza selectiva ocurriendo ajustes simultáneos, ejemplo de las plantas de la familia euforbiáceas que contienen un tóxico cardíaco que actúa disuadiendo a los herbívoros y las mariposas monarcas que han desarrollado un mecanismo para resistir el efecto tóxico. Esto les permite a las orugas alimen-

tarse de estas plantas y acumular sin efecto para ellas el tóxico en su cuerpo que es pasado a la mariposa adulta, así la mariposa adquiere el tóxico que actúa como disuasivo para aves insectívoras.

5. ECOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE

Definir a la ecología como la ciencia que estudia las interacciones de los organismos con el ambiente físico y entre sí.

Definir población, comunidad, ecosistema, biósfera.

Describir y dar ejemplos de poblaciones. Destacar que las poblaciones tienen comportamientos y propiedades muy diferentes que los individuos que la componen. Patrones de crecimiento, de mortalidad, estructura de edades. Describir las estrategias de vida.

Describir y dar ejemplos de comunidades. Destacar que las comunidades están formadas por poblaciones. Definir las interacciones en las comunidades, competencia, depredación y simbiosis. Definir y explicar nicho ecológico: dar ejemplos.

Definir ecosistema como la combinación en un ambiente natural de componentes bióticos y abióticos entre los cuales fluye energía y circulan materiales. La circulación de energía desde los organismos autótrofos (por lo general organismos fotosintéticos) hacia los heterótrofos que se alimentan de organismos autótrofos y otros heterótrofos. Las sustancias que circulan desde el ambiente abiótico (no viviente) hacia el cuerpo de los organismos vivos y de ellos regresan al ambiente abiótico. Este circuito de los materiales depende de una categoría de seres vivos denominados degradadores que descomponen los materiales orgánicos muertos hacia formas utilizables por los organismos autótrofos.

Describir el concepto de productividad, niveles tróficos, cadena alimentaria, organismos productores y consumidores. Describir un ecosistema simple.

Describir el ciclo del nitrógeno, ciclo del carbono, ciclo del agua.

Describir la biósfera como la parte del planeta Tierra donde hay vida.

Explicar el concepto de que este espacio es una estrecha franja sobre la superficie de la tierra de 10 km de altura sobre el nivel del mar y unos pocos metros de profundidad en la tierra donde penetran las raíces de las plantas y existen microorganismos. Que comprende igualmente la aguas superficiales y las profundidades oceánicas.

Describir al sol como el motor que hace funcionar la biosfera. Describir la atmósfera, su importancia para la vida en la biosfera. Dedicar una explicación al efecto invernadero.

Explicar la diferente incidencia del calor del sol sobre la tierra en los polos y en el ecuador, asociar esto al clima de las dos regiones.

Explicar las estaciones verano, otoño, invierno y primavera en relación con la trayectoria de la Tierra alrededor del Sol.

Describir los peligros de la contaminación ambiental.

Generar la conciencia de lo delicado que es el equilibrio ecológico y de las consecuencias de su ruptura para la vida sobre el planeta.

Dar ejemplos de especies extintas por depredación del hombre o deterioro del medio ambiente. Introducir el concepto de que, desde esta perspectiva, el hombre es una especie más que está sometida a los mismos riesgos.

Generar la conducta de protección del medio ambiente evitando el ecologismo.

Generar el concepto de que proteger el medio ambiente no es regresar al tiempo de las cavernas sino que se deben generar nuevas tecnologías que permitan la producción y explotación del medio ambiente para provecho del hombre sin destruirlo o permitiendo su regeneración.

3. Perfeccionamiento docente

Parece evidente que la implementación de un programa de estudios que permita introducir los contenidos antes propuestos no es posible sin una tarea de perfeccionamiento docente. Esta tarea debería iniciarse con la preparación de material didáctico. Mucho ya está escrito por lo que en esos casos sólo se requiere su ordenamiento para que pueda ser consultado por el maestro en la preparación de los temas propuestos. En los temas que no se detecte material apropiado será necesario su preparación.

Se sugiere que se lleve a cabo una recopilación del material disponible a los efectos de evaluar:

- a) Sus contenidos, y detectar faltantes para su preparación.
- b) Grado de actualización.
- c) Su forma de presentación y terminología para asegurar que sea accesible a no especialistas.

Producción gráfica a cargo de la Dirección General de
Investigación y Desarrollo.
Coordinación: Unidad Técnica de Publicaciones de la
Secretaría de Programación y Evaluación Educativa.
Armado: Silvana Ferraro.
Diseño de tapa: Juan Pablo Fernández.

La colección completa de
Fuentes para la Transformación Curricular
incluye los siguientes tomos:

Lengua

Matemática

Ciencias Naturales

Ciencias Sociales
· (2 volúmenes)

Tecnología

**Educación Artística y
Educación Física**

Formación Ética y Ciudadana

Nivel Inicial

Consulta a la Sociedad
(2 volúmenes)



Secretaría de Programación y Evaluación Educativa

Subsecretaría de Programación Educativa

Dirección General de Investigación y Desarrollo

fuentes

PARA LA TRANSFORMACIÓN CURRICULAR

ciencias naturales