

182-16
Fol
324
6

dz



Ministerio de Educación y Justicia
República Argentina



Organización
de los Estados Americanos

DIRECCION NACIONAL DE EDUCACION SUPERIOR

Curriculum Académico Maestros de Educación Básica

**CIENCIAS
NATURALES**

1

Buenos Aires

República Argentina

1988



NOMINA DE AUTORIDADES



MINISTERIO DE EDUCACION Y JUSTICIA

Ministro de Educación y Justicia

Dr. Jorge Sábato

Secretario de Educación:

Dr. Adolfo Stubrin

Subsecretario de Gestión Educativa:

Dr. Juan C. Pugliese (h)

Director Nacional de Educación Superior y del Proyecto:

Dr. Ovide J. Menin

Subdirectora Nacional de Educación Superior:

Prof. Sulma Guridi Flores

Coordinadora del Proyecto:

Prof. Emilce E. Botte

SECRETARIA GENERAL DE LA ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS

Director del Departamento de Asuntos Educativos:

Dr. Getulio Carvalho

Jefe de la División de Mejoramiento de Sistemas Educativos:

Prof. Luis Osvaldo Roggi

Jefe de la División de Planeamiento, Investigación y Evaluación:

Dr. Osvaldo Kreimer

Representante de la Secretaría General de la O.E.A. en la Argentina:

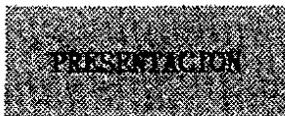
Dr. Benno Sander

Coordinador del Area Educación, Ciencia y Cultura:

Sr. Guillermo Corsino

BIBLIOTECA	
26	12/07
Foll	
372.4	
2	

Foll
372.4
2



MNV	018216
SIG	Foll 372.4
LIS	6 / ej 2

Estimado docente:

Pretendemos clarificar algunos aspectos organizativos respecto de la implementación del proyecto que ha previsto diversas formas de apoyo:

- a) materiales impresos y audiocassettes
- b) visitas de especialistas a las instituciones educativas
- c) consultas telefónicas o presenciales

Le explicaremos en qué consiste cada una de ellas.



a) Materiales impresos y audiocassettes

Usted ya ha recibido el Curriculum para la formación de maestros de Educación Básica y las reflexiones acerca de algunos aspectos de la Política Educativa y principios didácticos en los que se apoya el nuevo Diseño Curricular.

Este material constituye el primer documento de trabajo correspondiente a su área y en él le ofrecemos:

- la fundamentación del área
- los módulos de aprendizaje y
- el desarrollo de algunas unidades.

Oportunamente, recibirá otros documentos impresos y también los audiocassettes elaborados por los especialistas del área, que lo orientarán en su trabajo.

g.1-02048

b) Visitas de especialistas a las instituciones educativas

El contacto directo entre los especialistas que han intervenido en la organización de las áreas y los docentes que forman parte de las instituciones educativas seleccionadas brindará el marco adecuado para la identificación de consensos y disensos que permitirán los ajustes necesarios.

En estos encuentros -verdaderas jornadas de trabajo- usted requerirá la explicitación de todos aquellos aspectos que estime conveniente su participación y la nuestra, posibilitarán el cambio en la formación docente que todos anhelamos.

c) Consultas telefónicas o presenciales

Hemos previsto estas consultas para ofrecerle la posibilidad de intercambio con los especialistas en cualquier momento del desarrollo del curso.

Usted no necesitará esperar las visitas programadas, sino que podrá comunicarse con nosotros en los siguientes horarios:

Area de Ciencias Naturales	: Jueves de 14 a 17 horas.
Area de Ciencias de la Matemática	: Miércoles de 9 a 12 horas.
Area de Ciencias del Lenguaje	: Viernes de 14 a 17 horas.
Area de Ciencias Sociales	: Miércoles de 14 a 17 horas.
Area de Ciencias de la Educación y Talleres	: Martes de 9 a 12 horas.

Teléfonos: Directo 41-2149 Conmut. 44-4888/42-4550 a
Int. 437

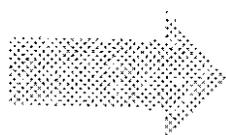
Si usted está cerca del Palacio Pizzurno y prefiere visitarlos personalmente, puede hacerlo en el mismo horario.

Para unificar el uso de los conceptos propios de la Didáctica, utilizados en la estructuración de este Plan de Estudios, pensamos que es necesario explicitar el significado de algunos de ellos.

¿Qué es un módulo de aprendizaje?

Como ya hemos adelantado en el anteproyecto, el módulo se asemeja a los antiguos "centros de interés".

Podemos definirlo de la siguiente manera:



Módulo de Aprendizaje es una totalidad y no supone sólo un tópico de contenidos, sino una estructuración de objetivos, actividades, experiencias y recursos, planificados alrededor de esos contenidos e incluye también consideraciones acerca de su aplicación por los individuos que forman parte del proceso.

Desde el punto de vista didáctico constituye una unidad de convención que integra otras partes de proporciones menores que son las unidades didácticas.

Organizar un módulo va mucho más allá de una simple ordenación de contenidos de enseñanza, significa considerar otros elementos más sobre los que habrá que decidir, estudiar las consecuencias y evaluar su influencia en los resultados.

Para la interpretación y desarrollo de un módulo, se necesita analizar los propósitos del plan de estudios, sus fundamentos, las áreas de formación en que está organizado, las nociones básicas de cada una de estas áreas, con el fin de obtener un mapa curricular que permita visualizar los diferentes contenidos de cada área con el fin de evitar la repetición y favorecer la integración de los aprendizajes.

Esta concepción implica aceptar que un docente forma parte de un equipo de trabajo, aún cuando en muchos casos, lamentablemente esté designado en pocas horas cátedra.

Esta interpretación del plan de estudio conjuntamente con las orientaciones de cada una de las áreas, permitirá a cada docente:

- . Reelaborar la fundamentación de cada módulo de aprendizaje de acuerdo con la realidad de la escuela.
- . Determinar los propósitos más generales del mismo.
- . Fundamentar la selección y secuencia de unidades didácticas.
- . Explicitar el punto de vista metodológico.

La anterior tarea permitirá disponer de un marco referencial en el cual se sustentarán las unidades didácticas para su organización y desarrollo.

¿Qué es una unidad didáctica?

El concepto de unidad didáctica, por su estructura, no difiere del de módulo de aprendizaje, sino por su amplitud y alcance. Ellas son partes más pequeñas del módulo, interrelacionadas entre sí, que nuclean y estructuran

también un conjunto de objetivos, contenidos, actividades, recursos y criterios de evaluación. Generalmente, la fuente principal de donde surgen los temas nucleares de las unidades son los contenidos de las disciplinas o áreas. Las unidades se centran en los esquemas básicos, conceptuales del curso y tanto su estructura como su secuencia se condicionan fundamentalmente por el modo de aprender de los destinatarios, la característica de las áreas y la naturaleza de los objetivos que se hubieran seleccionado.

Es conveniente darles forma definitiva a las unidades después que se haya tenido contacto con los alumnos y detectado sus características, intereses, posibilidades, así como también después de haber dialogado acerca de la fundamentación del área y del módulo.

Sólo entonces la unidad tomará su forma que no será definitiva, porque su característica esencial es la apertura y la flexibilidad.

Podemos definirla de la siguiente manera:



La Unidad es un proyecto que se crea y recrea en su implementación.

Es conveniente al estructurar la unidad considerar los siguientes aspectos:

objetivos:

si bien se trata de objetivos específicos de la unidad de acuerdo con el enfoque de este plan de estudio, se descarta todo planteo operacionalizador que involucre la fragmentación del proceso de aprendizaje, y que aisle las conductas del educando desvirtuando la integración que las caracteriza.

Considerar las conductas como integradas y el proceso de aprendizaje como algo complejo en sí mismo, nos acerca al enfoque del plan de estudio propuesto y nos asegura la coherencia entre éste y el hacer didáctico de cada uno de los docentes.

- contenidos:

están constituidos por los datos históricos y recientes del saber científico, en nuestro caso distribuido por áreas. Estos contenidos podrán ser reelaborados en forma de problema, proyecto, siempre y cuando apunten al tema central del módulo. Es necesario, para su selección tener en cuenta criterios de validez, adecuación al nivel evolutivo de los alumnos y significación social.

- actividades:

no es conveniente una descripción puntual de las mismas, sino la mención de aquellas que resulten básicas para el logro de los objetivos, de acuerdo con la propuesta de contenidos y la orientación metodológica.

- evaluación:

se explicitarán los requisitos mínimos que el alumno debe cumplir para aprobar la unidad.

Al finalizar cada unidad es valioso registrar los resultados, problemas, aciertos, desaciertos, etc. que fueron surgiendo en el desarrollo de la misma.

Es interesante incluir también opiniones de los alumnos acerca de la experiencia vivida. Esto ayuda a la retroalimentación del docente y le brinda material para realizar ajustes en las sucesivas planificaciones didácticas enriqueciendo con estos aportes su trabajo con el equipo docente.

La presente propuesta de trabajo se fundamenta en una concepción integradora de la enseñanza de las ciencias experimentales y en principios didácticos que fundamentan el aprendizaje constructivo. (*)

Nuestra experiencia docente nos han llevado gradualmente a comprender que las fronteras entre los diferentes campos del conocimiento de cada ciencia son aparentes, pues para avanzar y profundizar en cualquiera de ellas son imprescindibles los aportes de las otras. Así, por ejemplo, muchos conceptos biológicos básicos sólo pueden construirse sobre la base del conocimiento de los procesos físicos y químicos que ocurren en los seres vivos o bien en el ambiente donde los organismos desarrollan su existencia.

Esta postura implica aceptar que la comprensión de los fenómenos naturales es incompleta y lleva a graves errores conceptuales si no se abordan los problemas desde la triple perspectiva: física, química y biológica.

Debemos aclarar que aún cuando sostenemos que es el estudio especializado -por interés del científico-, el que convierte a un fenómeno natural en biológico, químico o físico, no por ello pretendemos borrar o disimular las características peculiares de cada disciplina, su individualidad, las técnicas y procedimientos que les son propios y proponer su integración forzada.

¿Cuál es nuestra propuesta?

Proponemos un abordaje inicial lo más abarcador posible, para dar paso luego a la especialización progresiva, que a su tiempo permite la pro-

(*) Sugerimos a los profesores la lectura de Referencia bibliográfica N°7.

fundización en la temática. Por eso, decidimos comenzar por el análisis global de las interacciones del hombre con la Naturaleza, para continuar más adelante con el estudio de problemas del área, cada vez más restringidos y específicos.

En lo que se refiere a la selección y organización de los contenidos del área, a los conocidos criterios de validez y relevancia científica, significación y adecuación didáctica, agregamos nuestro interés por la **integración** alrededor de conceptos biológicos, físicos o químicos alternativamente, e incluso vinculados con otros más abarcativos, como son por ejemplo los de equilibrio e interacción.

problemáticas
regionales

El análisis de problemáticas regionales, elegidas de común acuerdo con los docentes del área según su trascendencia en el campo de la salud, la educación, la vivienda, la alimentación, las condiciones sociales de la vida, el trabajo, etc., brindará oportunidades de vincular los temas de las ciencias experimentales con la realidad circundante y su contribución para hallar soluciones adecuadas a través de la tecnología.

cambios
curriculares

Por cierto que la integración y regionalización de los contenidos implica la necesidad de efectuar cambios en algunos esquemas tradicionales -de ahí este proyecto-. Usted podrá comprobar que la estructura y organización del nuevo currículo es lo suficientemente flexible como para admitir otro tipo de alternativas fundamentadas, que seguramente surgirán de ustedes (los profesores) y los alumnos a medida que se avance en la planificación, implementación y evaluación de la experiencia.

metodología:
indagación

La metodología que se propone está centrada en una permanente tarea de **indagación**, incentivada por **problemas** relevantes y significativos que actúan como disparadores.

**contactos con
niños de la
escuela
primaria**

En este sentido, también se incluye en el plano metodológico el contacto de los alumnos con los chicos de la escuela primaria mediante entrevistas, observación y participación en clases y trabajos de campo para detectar intereses, dificultades de aprendizaje, preconceptos, vinculados con aspectos relevantes del área.

**actividades
grupales**

El enfoque metodológico quedaría incompleto si no se señalara la importancia que reviste la interacción social en esta concepción del aprendizaje. Para ello recomendamos la organización de actividades grupales que promuevan la cooperación entre compañeros de curso y con sus profesores, con los maestros y los chicos de la escuela primaria, para compartir opiniones, resolver contradicciones y modificar actitudes a medida que se va tomando conciencia de otros puntos de vista diferentes de los propios.

**cátedra
compartida**

Asimismo, la modalidad de cátedra compartida que propone este proyecto hará posible una efectiva integración de los docentes del área al planificar e implementar las unidades para lograr una real integración conceptual y acciones coherentes durante el trabajo conjunto en el aula.

Creemos que la tarea inicial imprescindible es conformar un grupo de trabajo cuyos integrantes comprendan lo que significa actuar cooperativamente en una misma área. Un grupo de docentes que acepte el desafío que implica formar maestros de educación básica y decida repensar cada una de las disciplinas para crear el área de las ciencias naturales. Que se cuestione el tradicional orden lógico de los temas de cada "materia" y elabore nuevas secuencias, coherentes con el enfoque didáctico propuesto.

Para ello será útil revisar los grandes temas disciplinares y seleccionar los más adecuados por su significación socio-cultural, su pertinencia con respecto a los intereses de los alumnos y a la índole del problema elegido, su validez científica y su correspon-

dencia con el nivel de desarrollo del pensamiento de los estudiantes.

. talleres

El ámbito de los talleres brinda por su parte la posibilidad de trabajar grupalmente en tareas no tradicionales que siempre reconocimos como imprescindibles en la formación docente, tales como la elaboración de instrumental sencillo de laboratorio y de campo, destinado a la exploración del ambiente natural, a la experimentación creativa que surgirá como respuesta ante los interrogantes planteados por los propios alumnos, a la observación de las muestras recolectadas, a la aplicación de técnicas para su acondicionamiento y conservación, a la construcción de aparatos y dispositivos, al diseño y construcción de modelos y cualquier otro tipo de recursos didácticos.

Por lo tanto, pensamos que entre las opciones que pueden ofrecerse a los estudiantes del profesorado no debe omitirse la de los talleres de ciencias naturales, donde podrán materializar proyectos alternativos y experimentar, como alumnos, situaciones que el futuro deberán promover como docentes.

¿Qué implican estos cambios para los alumnos?

ormación
ientífica
decuada

La enseñanza integrada promueve una formación científica más adecuada para el futuro desempeño docente de nuestros estudiantes. Los orienta en la elaboración de estrategias didácticas que tengan en cuenta las limitaciones del pensamiento infantil para discriminar espontáneamente la naturaleza biológica, física o química de los fenómenos.

**enfoque
interdisci-
plinario**

De esta manera estaremos ayudando a los estudiantes a familiarizarse como el tratamiento de los problemas que exigen un abordaje interdisciplinario y a que por sí sólo elaboren y recreen esta concepción integradora de las ciencias naturales.

**Metodología
de trabajo**

La metodología de trabajo propuesta, centrada en la investigación, apunta a lograr cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales mediante actividades relacionadas con la solución de problemas significativos. Adhiere así a un modelo constructivo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en el que podemos discriminar los siguientes aspectos:

- a) La formulación de problemas como estímulo para la actividad investigadora.
- b) la indagación de las ideas previas de los alumnos sobre el problema que se investiga.
- c) la confrontación de estas ideas o explicaciones entre sí, para la reelaboración de los conocimientos iniciales sobre el problema.
- d) la búsqueda y organización de nueva información (ya sea por la vía de la observación y/o experimentación o bien, a través de textos, fotografías, películas, etc.).
- e) la contrastación entre la nueva información obtenida y las ideas previas explicitadas, que genera un proceso de construcción de un nuevo nivel de conceptualización.
- f) la aplicación de esta nueva información a variados contextos (Ver anexos 1 y 2).

De esta manera, los alumnos no sólo lograrán construir una concepción científica del universo material, sino que serán estimulados continuamente a asumir una actitud científica o modo científico de abordar las situaciones.

La formación
didáctica de los
futuros docentes

El vivenciar esta metodología permitirá al futuro docente internalizar una didáctica acorde con supuestos psicológicos, pedagógicos y epistemológicos en vigencia. Más que "estudiar" didáctica de las ciencias naturales, el alumno "vivirá" esa didáctica. No olvidemos que por más que las teorizaciones pedagógicas nos impacten y convenzan, a la hora de llevarlas a la práctica los docentes solemos repetir los modelos con los que fuimos formados. De lo anterior se desprende que no sólo será importante experimentar este nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje, sino también realizar una constante reflexión sobre las etapas recorridas durante el proceso. Las respuestas a cómo aprendí, serán decisivas para contestar la pregunta crucial: cómo lo enseñaré.

Experiencias didácticas en cada etapa

Será conveniente secuenciar la transferencia a la escuela primaria de las "experiencias didácticas" de nuestros alumnos para centrar la atención en aspectos distintos en cada etapa de la formación docente.

Así, por ejemplo, sugerimos que en el **primer año** se ponga énfasis en que los alumnos investiguen acerca de las ideas espontáneas de los niños sobre algunos conceptos científicos en los distintos ciclos del nivel primario, analicen los aciertos y "errores" infantiles sobre los mismos, descubran dificultades en el proceso de aprendizaje, indaguen sobre intereses, realicen tareas de apoyo a la labor de los maestros, etc.

En el **segundo año** conviene priorizar la programación de actividades diversas que permitan estimular la descentración del niño de sus pre-conceptos; la utilización de distintos recursos en la formulación de las mismas (guías, modelos, textos, diapositivas, material de laboratorio de construcción "casera", videos, etc.).

En el **tercer año** se elaborarán estrategias didácticas para guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales en los tres ciclos de la escuela primaria, integrando las tareas llevadas a cabo en las etapas anteriores.

Para el cuarto año, tal como se ha expresado en la Resolución 530/88, se tienen previstas diversas actividades a través de la residencia. Más adelante desarrollaremos con mayor extensión este tema.

Podríamos sintetizar esta fundamentación en los siguientes objetivos del área.

QUE LOS ALUMNOS:

- Construyan una concepción científica del mundo material.
- Integren los aportes de la biología, la física y la química para la comprensión del mundo natural y tecnológico.
- Asuman actitudes científicas en el abordaje de situaciones problemáticas.
- Utilicen en sus investigaciones la metodología experimental y la consulta bibliográfica.
- Logren organizar gradualmente sus propias actividades.
- Interactúen cooperativamente en actividades grupales.
- Reflexionen sobre la transferencia de sus aprendizajes al nivel primario.

El área de Ciencias Naturales está integrada por los siguientes módulos:

MODULO 1: El hombre y el equilibrio de la Naturaleza

MODULO 2: El individuo en funcionamiento

MODULO 3: Equilibrio y desequilibrio en sistemas físicos

MODULO 4: Equilibrio y desequilibrio de los seres vivos a través del tiempo

MODULO 5: Cantidades de materia y energía en los cambios físicos y químicos

MODULO 6: Un modelo didáctico para la enseñanza de las Ciencias Naturales

¿Por qué elegimos estos módulos?

Consideramos conveniente empezar por el tema del hombre y el equilibrio de la Naturaleza (MODULO 1), para intentar el abordaje del hombre y los fenómenos naturales desde el punto de vista ecológico. Dicho módulo se articula con nociones y conceptos biológicos ya trabajados durante el ciclo básico y que son de fácil integración con temas conexos del campo de la física y de la química.

El concepto central que se intenta construir es el de **equilibrio dinámico**, mediante el análisis de un sistema natural autorregulable -el ecosistema- cuya estructura y funcionamiento implican el reciclaje permanente de materia y las transformaciones de la energía.

El MODULO 2 (El individuo en funcionamiento) abarca los sistemas biológicos a nivel orgánico y celular, que incluyen sistemas químicos en los que se producen fenómenos que pueden vincularse con la vida.

En los sistemas mencionados hasta ahora pueden reconocerse múltiples interacciones físicas, químicas y biológicas, muchas veces simultáneas, que permiten construir los conceptos de equilibrio y desequilibrio. Dichos conceptos constutuyen los ejes alrededor de los cuales se organizan los contenidos de los MODULOS 3 (Equilibrio y desequilibrio en sistemas físicos) y 4 (Equilibrio y desequilibrio en los seres vivos a través del tiempo).

En el caso del MODULO 3 se analizan sistemas físicos tales como: puntos materiales, cuerpos rígidos y sistemas constituidos por fluidos. En el MODULO 4 se plantean los temas de la continuidad genética de la vida y de los cambios en los seres vivos a través del tiempo. Los conceptos biológicos elaborados en esta etapa son imprescindibles para fundamentar relaciones de causalidad alrededor del origen de las adaptaciones, la diversidad y unidad de los seres vivos y los mecanismos de la herencia biológica.

Se propone a continuación el MODULO 5 (Cantidad de materia y energía en los cambios físicos y químicos), fundamental para la comprensión del mundo físico y por ende de los fenómenos biológicos, que permite establecer relaciones cuantitativas entre cantidades de materia y de distintos tipos de energía. Se podrá abordar aquí una unidad (La energía y el universo) en la cual se incluyen temas tratados habitualmente en el nivel primario.

El MODULO 6 (Un modelo didáctico para la enseñanza de las Ciencias Naturales) establece un espacio particular para la reflexión sobre aspectos didácticos, aun cuando durante el desarrollo de todos los módulos anteriores se instrumentarán permanentemente estrategias de trabajo que impliquen posibles abordajes didácticos, adecuados al nivel primario.

Esperamos haber sido lo suficientemente claros en la explicación de esta secuencia. Si usted se pregunta acerca del grado de flexibilidad de estos módulos, debemos remitirlo al documento: **Curriculum Académico Maestros de Educación Básica** (Resolución 530/88). En la página 17 de esa publicación se aclara que los módulos son fijos, no así las unidades didácticas que los componen, cuya elaboración está a cargo de cada profesor para adecuar el proceso educativo a las necesidades propias de cada región.

Esta aclaración no pretende dejarlo solo; queremos colaborar con usted y esa es la razón del documento de trabajo que hoy tiene en sus manos.

¿Cuál será nuestra colaboración?

Evidentemente lo que usted ha leído hasta aquí le ofrece los **lineamientos generales** del proyecto y del área. Pensamos que el desarrollo analítico de alguna unidad podría serle útil para orientarlo, pues constituye un ejemplo del trabajo que deberá hacer usted con el resto de ellas.

Tenga presente que todo lo que se le brinda aquí no es más que una **SUGERENCIA** que no está reñida con ninguno de los aportes que usted seguramente hará para enriquecer este nuevo modelo curricular. Esperamos contar con su colaboración en todas las etapas de este proyecto.

Las unidades didácticas que proponemos para integrar este módulo son:

UNIDAD 1 : Interacciones en el ecosistema

UNIDAD 2 : Dinámica del ecosistema

¿Por qué proponemos estas unidades?

Sugerimos los temas indicados por entender que guardan coherencia con los lineamientos generales de nuestra propuesta, pues:

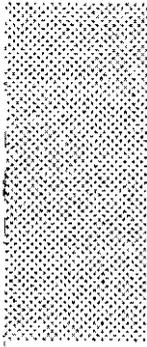
- a) Promueven el abordaje interdisciplinario por parte de los alumnos, así como la participación de todos los profesores del área.
- b) Permiten encarar problemas locales de relevancia social y significativos para los estudiantes.
- c) Se articulan convenientemente con temas ya trabajados en biología durante el ciclo básico, que en esta etapa se analizan en un nivel de mayor complejidad y abstracción.
- d) Hacen posible introducir conceptos fundamentales de física y de química, indispensables para la comprensión más acabada de procesos naturales y tecnológicos.
- e) Comprenden contenidos y prácticas del campo de las ciencias naturales contemplados en todos los currículos para el nivel primario de nuestro país.
- f) Facilitan la implementación del enfoque didáctico que adoptamos para la enseñanza elemental y secundaria.

Integración de saberes y prác- ticas

Para promover la integración de saberes y de prácticas, hasta ahora vividos por profesores y alumnos a través de asignaturas separadas sugerimos el trabajo de docentes y estudiantes alrededor de **problemas** que afectan al hombre, tanto en el ámbito urbano como en el rural, tales como las enfermedades endémicas, la contaminación ambiental, las carencias alimentarias y otros, en los cuales inciden factores biológicos, físicos, químicos y socio-culturales.

El problema elegido debe servir para que los estudiantes apliquen nociones y conceptos de biología elaborados en el ciclo básico (componentes del ecosistema y sus interacciones, comunidades, poblaciones, relaciones interespecíficas, biotopo, adaptaciones, etc.); los revisen y reconstruyan con los nuevos aportes. Pero además, al encarar conceptos como los de salud y enfermedad; y reconocer las principales noxas involucradas en el problema, se introducirán en una temática propia de la educación para la salud. Temática de por sí integradora y de relevancia social, que brinda un significativo encuadre de partida y permite promover en los futuros maestros, actitudes que consideramos imprescindibles para el desempeño de su rol profesional.

Mientras tanto, desde la física y la química, se comenzarán a analizar paralelamente los factores ambientales que inciden directa o indirectamente sobre la salud humana (agua, aire, suelo, temperatura, presión atmosférica, radiaciones, etc.).



Así, por ejemplo, si se acordara elegir como tema inicial el de la contaminación del agua, se podrían seleccionar y presentar a los alumnos algunos de los siguientes aspectos: enfermedades de origen hídrico, características del agua potable, técnicas de potabilización, evacuación de residuos domésticos, urbanos e industriales, propiedades físicas y composición química del agua, cambios de estado y ciclo natural del agua, etc.

Una vez discutido el problema central con los alumnos y decidido los aspectos a analizar, se organizará la tarea de investigación escolar, que puede incluir: consultas bibliográficas, diseño de experimentos, sesiones de discusión, etapas de integración, elaboración de informes parciales y finales, exposición de resultados logrados por los distintos grupos de trabajo, discusiones sobre los criterios que orientarán la evaluación del proceso, etc.

En esta etapa, los docentes necesitarán elaborar y coordinar las estrategias más aptas para orientar a los alumnos y aprovechar convenientemente su tiempo de trabajo con el curso.

Quizás esta tarea inicial resulte muy abarcativa y poco profunda. No obstante, la recomendamos especialmente con la finalidad de promover la elaboración de un encuadre de partida significativo, imprescindible para interpretar las interacciones y la dinámica del ecosistema humano, y también brindar a los alumnos la oportunidad de organizar su propio aprendizaje.

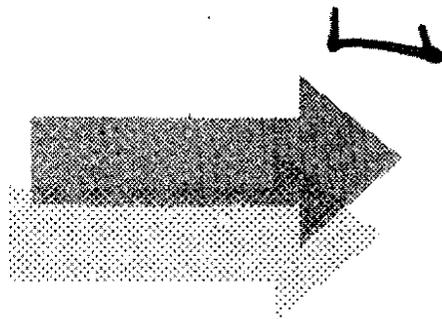
Muchos colegas se preguntarán cuándo completar los temas que en esta instancia son encarados parcialmente y de acuerdo con las necesidades del problema integrador. En ese sentido debe tenerse en cuenta que el proceso de construcción del conocimiento tiene muchos caminos de ida y vuelta, atajos y lugares para "acampar". Es decir, que así como muchos contenidos de este módulo ya fueron tratados en el ciclo básico, los que se encaran ahora por primera vez podrán retomarse en cursos superiores para completar y profundizar su análisis, y construir nuevas relaciones.

Asimismo, la propia estructura del diseño curricular y el método de trabajo que se propone, facilitan las tareas, pues permiten:

- efectuar ajustes periódicos;*
- acordar oportunamente la realización de etapas de integración;*
- organizar talleres centrados en el desarrollo y la profundización de temas que despierten el interés de los alumnos de cada curso.*

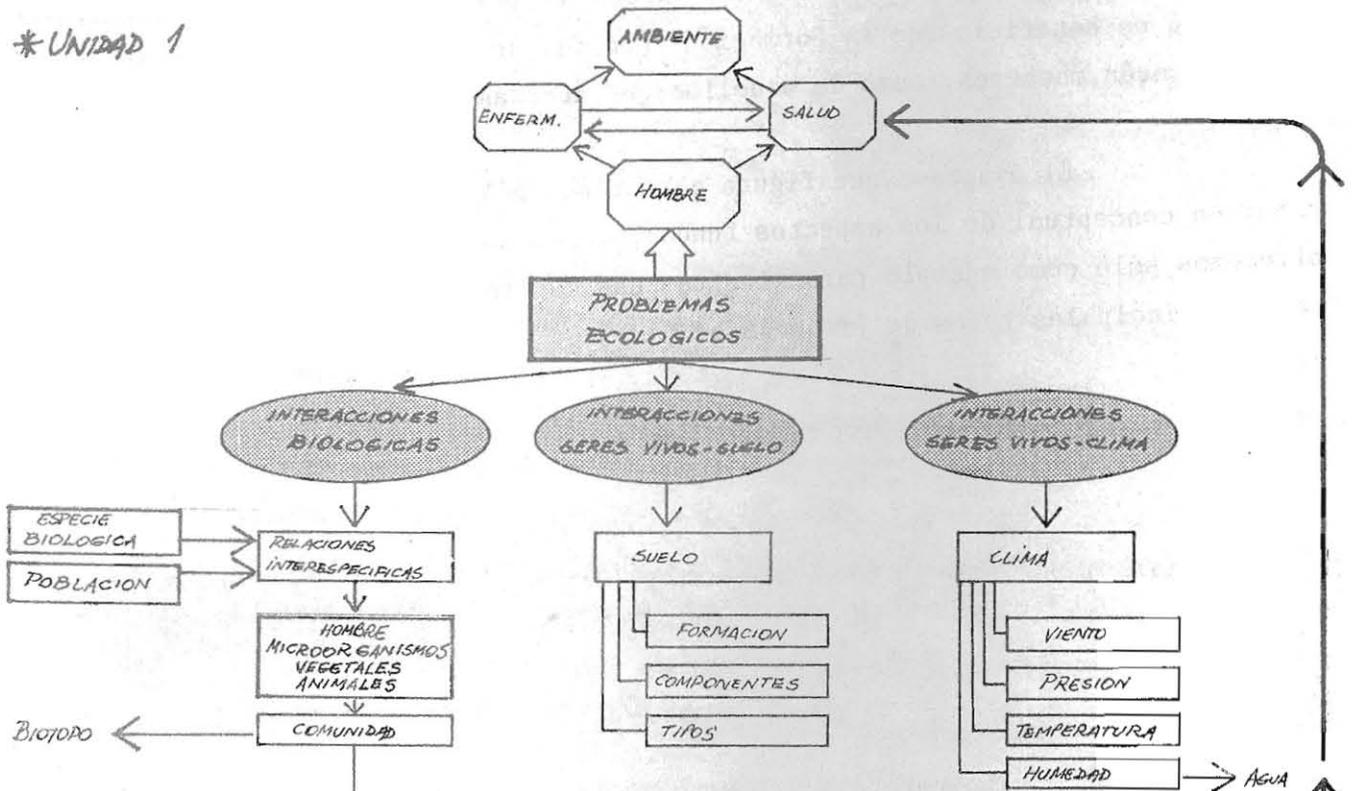
Confiamos en que este enfoque, que valoriza el proceso de elaboración del conocimiento, será interpretado adecuadamente por profesores, alumnos y padres, pues redundará en beneficio de la formación integral de los adolescentes, tanto de los que serán maestros, como de aquellos que decidan emprender otros caminos.

El diagrama que figura a continuación constituye una posible organización conceptual de los aspectos fundamentales de las unidades propuestas. Lo ofrecemos sólo como ejemplo para ilustrar una manera de relacionar conceptualmente los principales temas de las unidades.

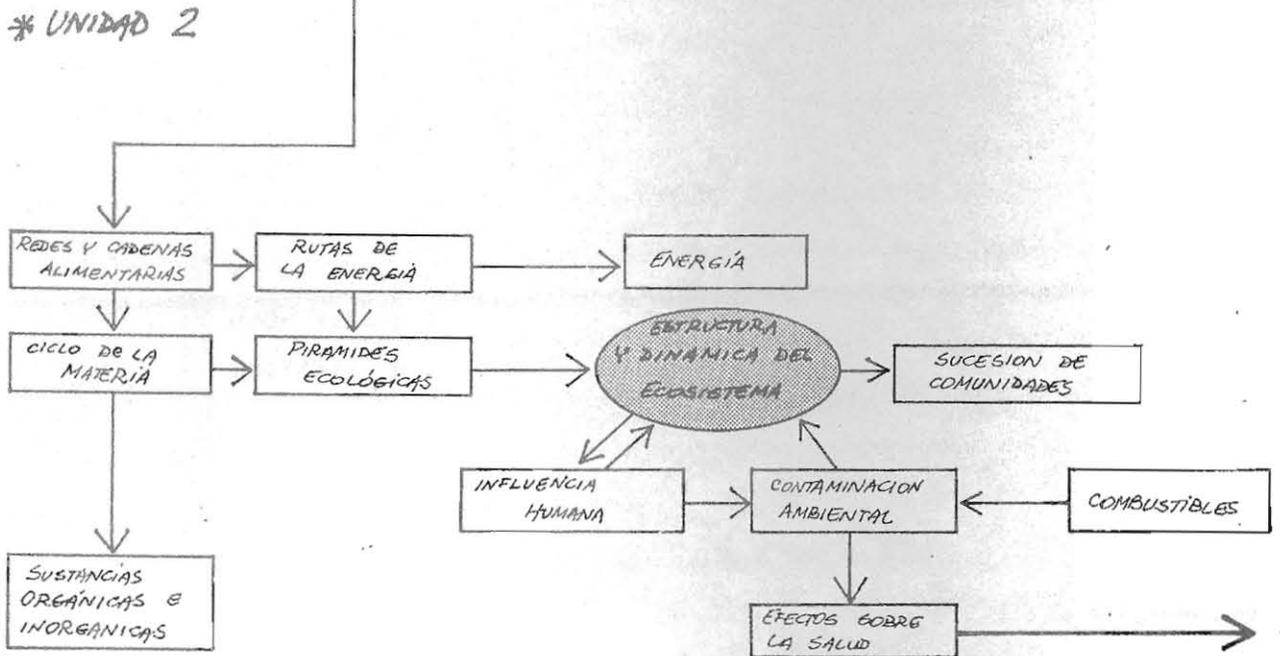


ESQUEMA CONCEPTUAL DEL MODULO 1

* UNIDAD 1



* UNIDAD 2



módulo 1
UNIDAD 1

UNIDAD 1:

Interacciones en el ecosistema

Para esta unidad creemos conveniente proponer los siguientes objetivos:

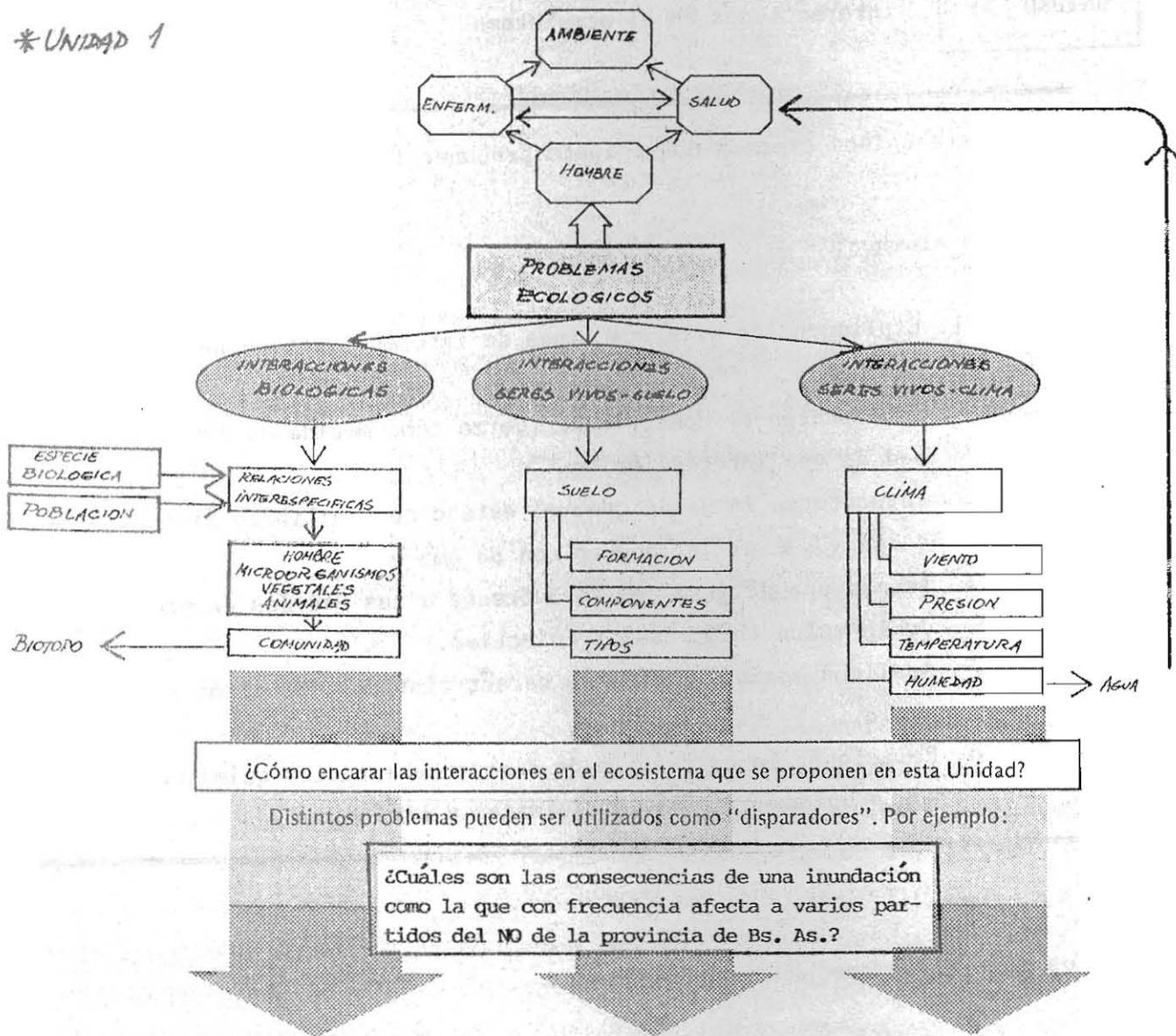
Que los alumnos:

1. Expliquen los diversos tipos de interacciones en un sistema ecológico.
 2. Interpreten el concepto de fuerza como medida de la intensidad de una interacción.
 3. Interpreten la salud como el estado de equilibrio físico, psíquico y social del hombre con su ambiente.
 4. Asuman una actitud positiva frente a las medidas de protección de la salud individual y colectiva.
 5. Analicen variables físicas características del clima y del suelo.
 6. Relacionen la estructura de distintas especies químicas con sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
-

Los contenidos que hemos previsto son:

1. La influencia del ambiente biológico, físico y químico sobre la salud humana.
2. La interacción del suelo con el hombre y los demás seres vivos.
3. Los parámetros físicos que caracterizan el clima.
4. El concepto de fuerza a partir de las interacciones físicas.
5. La vinculación entre las propiedades de las sustancias y la estructura de las partículas que las constituyen.

* UNIDAD 1



¿Qué cambios experimentan la vegetación y fauna silvestre?

¿Cuáles son los problemas sanitarios que pueden surgir? ¿Cómo prevenir a la población?

¿Qué alteraciones se producen en la estructura y composición del suelo?

¿Qué efectos se registran en el clima local?

Otros problemas similares están referidos a la contaminación en los centros poblados (contaminación de la atmósfera, de los alimentos, de los ríos y otros cuerpos del agua, del suelo en zonas suburbanas) debida a la eliminación de desechos domésticos y de aguas servidas, a la actividad industrial, a los vehículos de motor, al ruido, etc.

Pero en todos los casos, cualquiera sea el problema elegido, al analizarlo siempre se tendrá en cuenta la influencia sobre la población humana, así como los tres tipos de interacciones que se señalen en el esquema conceptual: Interacciones biológicas (hombre y demás seres vivos). Interacciones seres vivos-suelo e Interacciones seres vivos-clima.

Los profesores del área podrán planificar el desarrollo paralelo o sucesivo de los tres tipos de interacciones según lo consideren más adecuado. Sin embargo, sugerimos un primer tratamiento global del tema con el objeto de hacer posible que los alumnos descubran la diversidad de aspectos que el problema involucra desde la óptica de la física, biología y química. A continuación cada profesor del área encarará la construcción de los conceptos correspondientes a su disciplina, vinculándolos con los de las otras y con el problema inicial.

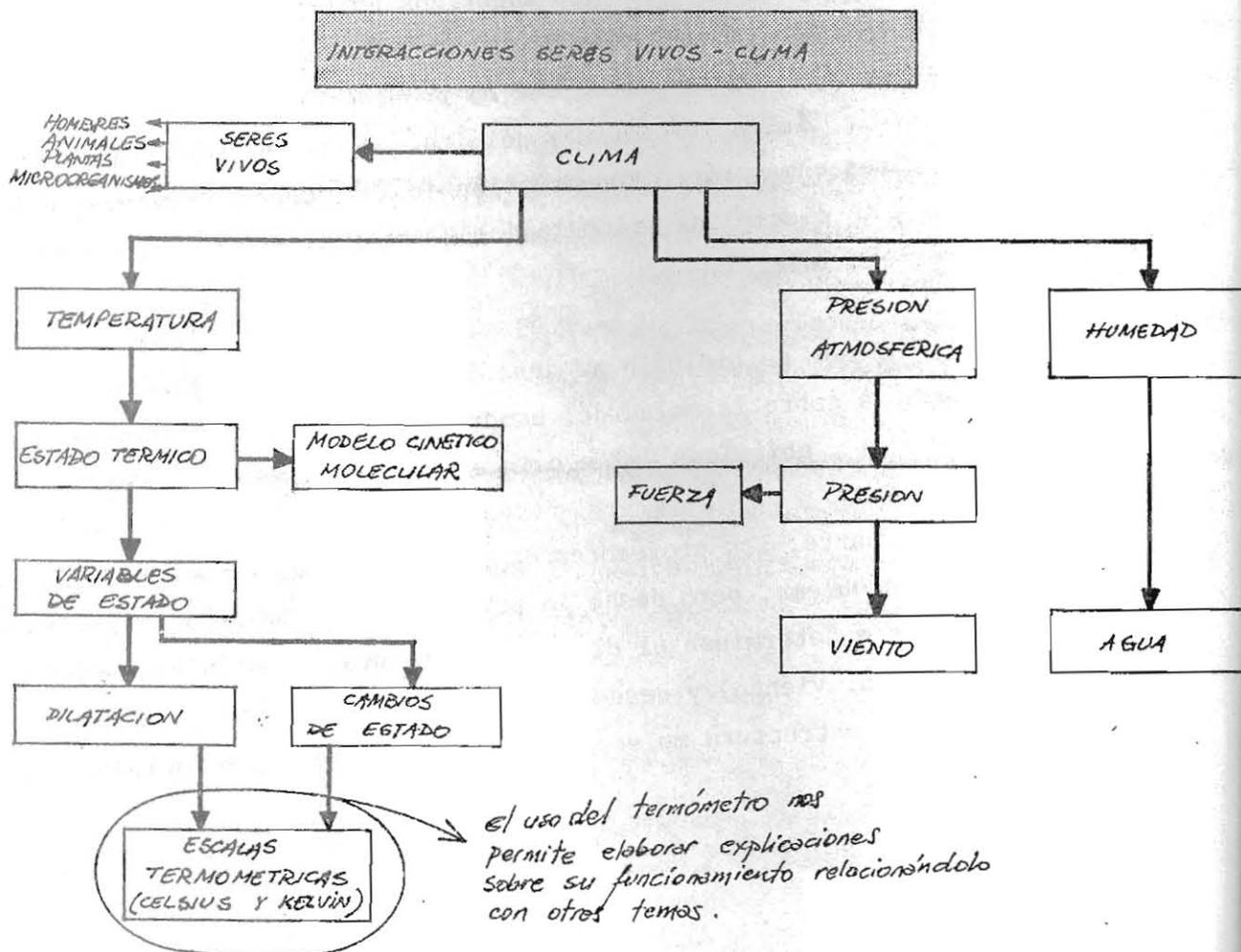
El profesor de biología no debe dejar entonces de plantear la influencia sobre la salud del hombre, a través de los componentes bióticos y abióticos del ecosistema.

Por su parte, los profesores de física y de química abordarán el mismo problema, pero desde la perspectiva de los principales factores que determinan el clima (temperatura, presión y humedad atmosférica, viento) y desde las propiedades del agua (composición química, estructura molecular, poder disolvente, soluciones, etc.).

En cuanto a las interacciones seres vivos-suelo, los tres profesores podrán contribuir alternativamente a tratar aspectos vinculados con su génesis, componentes, tipos, estructura, etc.

Sabemos que esta tarea exigirá una planificación cuidadosa, así como el asesoramiento de un pedagoga del establecimiento para ayudar a establecer los nexos disciplinares, brindar continuidad temática y crear las conexiones con la escuela primaria a las que aludimos más adelante.

Aunque la definitiva selección de temas y su secuencia serán determinadas por los docentes según los criterios ya señalados, creemos que puede ser útil desarrollar un ejemplo referido a los factores determinantes del clima. Uno de ellos, la temperatura, nos permite introducir la necesidad del uso del termómetro.



El empleo del termómetro lleva a elaborar explicaciones sobre su funcionamiento, lo que implica investigar sobre el tema de la dilatación de los líquidos con el calor (mercurio-alcohol). Esto, a través del concepto de temperatura, puede aproximar a los alumnos hacia el modelo cinético molecular de la materia (Ver Anexo 3).

Si se reconstruye un termoscopio similar al de Galileo (Ver Anexo 4) empleando materiales sencillos, puede desafiarse a los alumnos para que expliquen su funcionamiento. ¿Podrán descubrir la influencia de la presión atmosférica sobre el aparato e iniciar otra línea de trabajo?

¿No convendría a continuación estudiar el funcionamiento del termómetro clínico que se utiliza para registrar la temperatura corporal?

También es posible plantear cuál es el criterio utilizado para establecer escalas termométricas (Celsius y Kelvin) y de esa manera encarar el tema de los cambios de estado en el agua que más adelante servirá para realizar el ciclo del agua.

Otra forma de abordar la presión atmosférica es tener en cuenta que se trata de un segundo parámetro característico del clima. Su medición puede proponerse a través de la experiencia de Torricelli o mediante el empleo de otro tipo de barómetros.

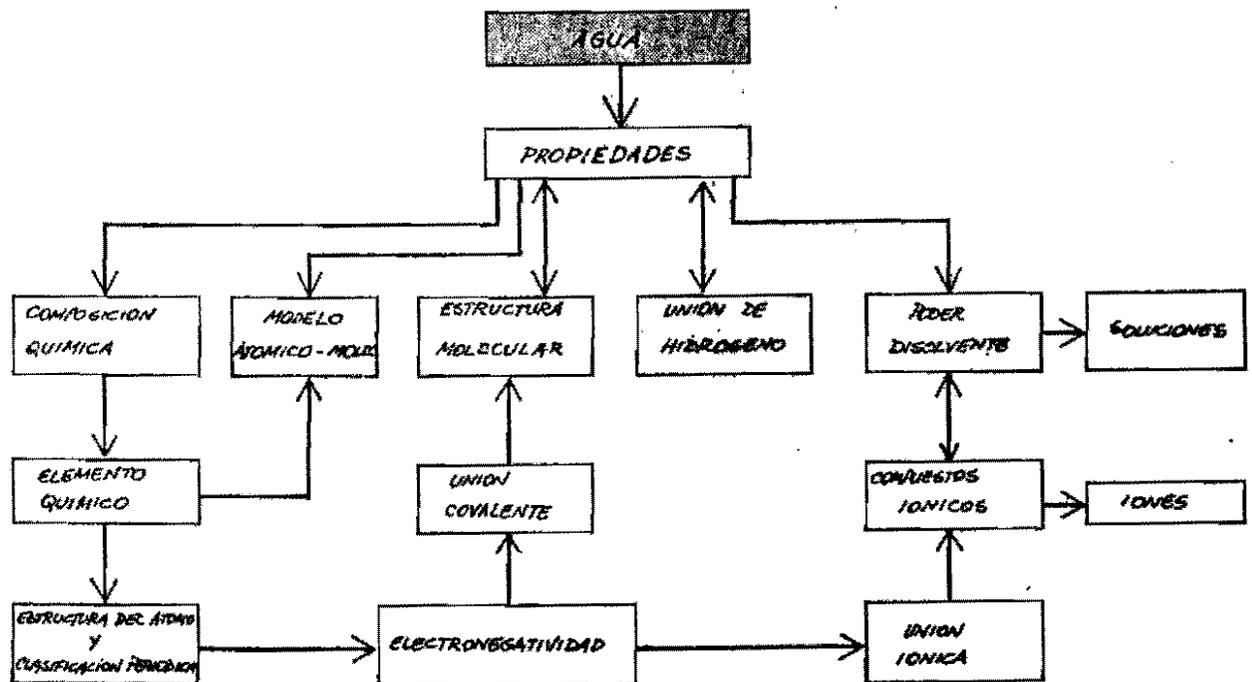
La definición de presión requiere del concepto de fuerza. Por un lado este último concepto, desde cierto punto de vista, ha sido tratado en el tercer año del ciclo básico. Por otro lado, es posible tratar la fuerza como la magnitud que mide la intensidad de una interacción. La reflexión sobre experimentos sencillos donde ocurran interacciones eléctricas, magnéticas, elásticas y gravitatorias permite elaborar el citado concepto de fuerza. (Ver Anexo 5).

¿De qué manera influye el problema inicial en los parámetros climáticos analizados? ¿Y las condiciones del microclima urbano sobre la salud humana y la supervivencia de los otros organismos?

Seguramente, el problema podrá analizarse ahora con mayor profundidad.

El agua como factor climático

Al presentar el agua como factor climático puede discutirse por ejemplo: ¿En qué difiere el agua de otras sustancias como el dióxido de carbono o el alcohol común? La tabulación de las distintas propiedades físicas y químicas de esas tres sustancias lleva naturalmente a otra pregunta: ¿Por qué son distintas esas propiedades? Ello conducirá a expresiones como: "distinta constitución" o "distinta composición" y aún a "moléculas diferentes".



El paso siguiente puede ser la construcción del modelo atómico molecular y de los conceptos de composición química y de elemento químico.

Pero los átomos de los distintos elementos químicos difieren en su estructura y los conceptos sobre estructura atómica permiten presentar, simultáneamente, la clasificación periódica.

Al construir el modelo atómico creemos que no se justifica, de acuerdo con los objetivos de la carrera, incluir los números cuánticos y los conceptos vinculados con ellos. Tal vez sí, en cambio, la noción de orbital.

Obsérvese que el sentido de las flechas indicadas en el diagrama correspondiente a estos temas, no señala necesariamente una única forma de abordarlos o vincularlos y podrá ser modificada, en cada caso, de acuerdo con la estrategia que decida utilizar el equipo docente.

Quedan problemas no resueltos: ¿Cómo es la estructura de la molécula de agua? ¿Cómo están unidos en ella los átomos de hidrógeno y oxígeno? y ¿Por qué se unen?. Ellos llevan a construir los conceptos de electronegatividad y de unión covalente y a ejemplificar a esta última con distintas sustancias simples y compuestos binarios sobre la base de la deducción por los alumnos de sus fórmulas de Lewis y a partir de ellas, de las correspondientes fórmulas desarrolladas y moleculares.

La fórmula resulta así una consecuencia de la estructura atómica de los distintos elementos. Para escribirla, el alumno piensa en electrones y no en "valencias" (Ver Referencia Bibliográfica N° 19). Puede construir modelos de nubes electrónicas interpenetradas (con masilla plástica u otros materiales) para representar moléculas y aún compuestos iónicos (Ver Ref. Bib. N°21). En tal sentido, consideramos que los modelos del tipo esfera/varilla, son poco convenientes, porque alejan al alumno de nuestras ideas actuales sobre la estructura de las sustancias.

Pero, ¿por qué el dióxido de carbono o el nitrógeno son gases y el agua es un líquido a presión y temperatura habituales? y ¿qué interacciones entre las moléculas de agua explican que éstas se mantengan unidas en un cubito de hielo dentro de la heladera?

El concepto de atracción entre **moléculas reales** (ya construido al elaborar la teoría cinético molecular) y la unión de hidrógeno (o por "puente de hidrógeno") permitirán comprender las causas de muchas de las propiedades peculiares del agua.

También podrá aprovecharse la oportunidad para discutir en esta etapa los otros tipos de unión entre moléculas (por atracción entre dipolos permanentes o temporarios).

Creemos conveniente dar particular importancia al agua (Ref. bib. N°22-26) que está presente en los currículos de la escuela primaria, hace posible explicar la unión "por puente" de hidrógeno y da lugar a múltiples experimentos vistosos e interesantes que, en muchos casos, permiten integrar conceptos físicos, químicos y biológicos.

Por ejemplo, la fuerte atracción intermolecular en el agua está vinculada con diversos problemas interdisciplinarios del área. ¿Qué relación existe entre la cohesión molecular y la tensión superficial? ¿Cómo se explica la acción de los detergentes? ¿Y las posibilidades de que ciertos insectos se desplacen sobre la superficie del agua de un charco? ¿Por qué el agua asciende en un tubo capilar y otros líquidos descienden?

El poder disolvente del agua para sustancias tales como el azúcar y el alcohol común puede explicarse también sobre la base de la unión de hidrógeno. Pero, por otra parte, el fenómeno de la disolución de la sal común (cloruro de sodio) en agua es una forma de abordar la construcción del concepto de unión iónica y de iniciar la escritura de fórmulas electrónicas y globales de compuestos iónicos binarios.

Esto permitirá usar un léxico preciso al diferenciar a las moléculas y a los inones que pueden estar presentes en una misma

o en distintas soluciones.

Entre las propiedades del agua, su poder disolvente para muchas sustancias está ligado, por otra parte, con el concepto de solución.

El mismo también puede relacionarse con la construcción de la teoría atómica molecular, a través, por ejemplo, de una experiencia efectuada por Piaget (Ver. Bib. Nº7) vinculable con la educación primaria y que ha sido descrita en una publicación oportunamente enviada a ese establecimiento (Ref. Bibl. Nº23).

El trabajo con soluciones es rico en experimentos, muchos de ellos utilizable en la escuela primaria, que permiten construir el concepto de composición o concentración de una solución y los de soluciones saturadas, no saturadas y sobresaturadas. La discusión sobre cuáles de estos conceptos son trasladables a la escuela primaria y el cambio de opiniones sobre el tema con docentes del Departamento de Aplicación, pueden ser valiosos para el futuro maestro.

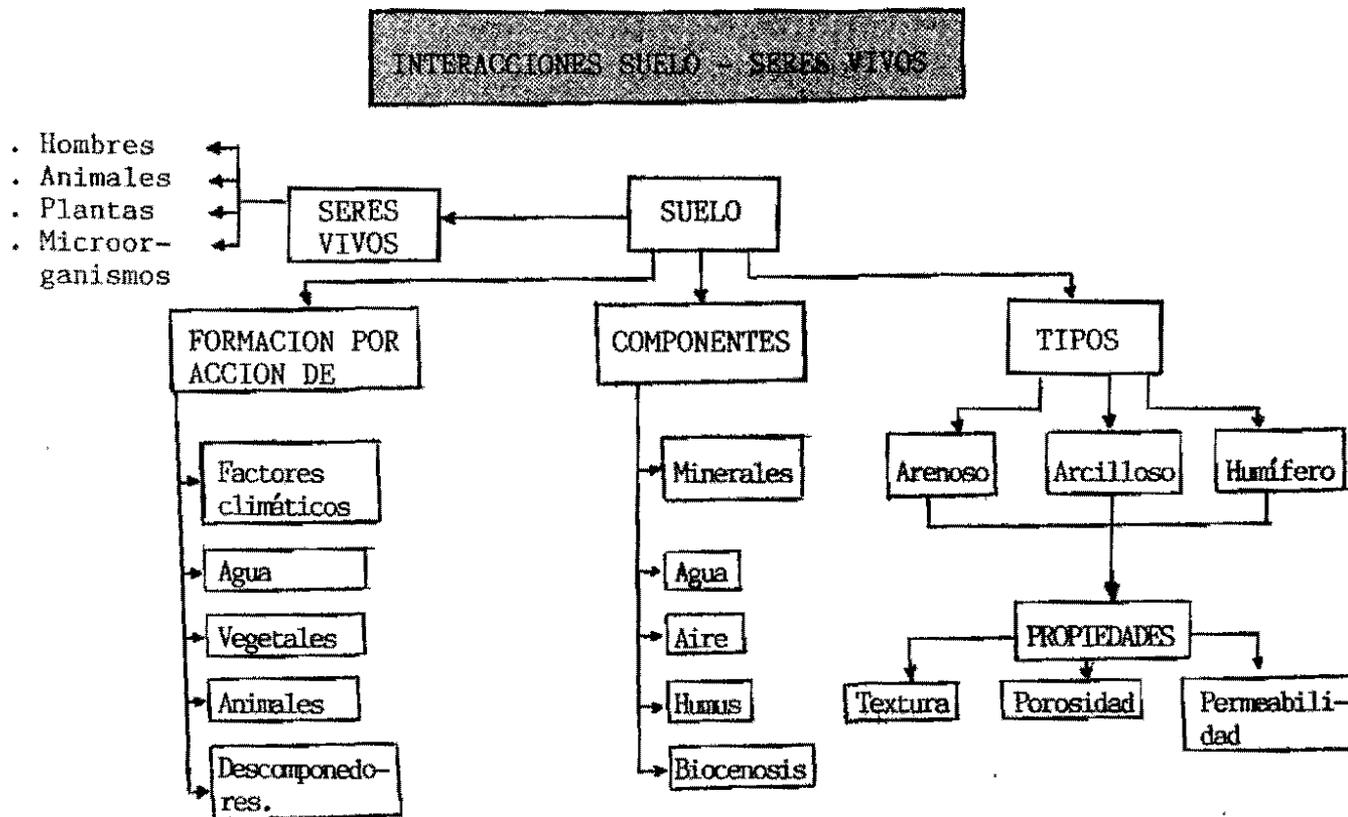
Los nuevos conceptos construidos en esta etapa, que permiten explicar las propiedades físicas y biológicas del agua a partir de su estructura, facilitarán la interpretación de aspectos del problema inicial desde una perspectiva más científica.

Con respecto a las interacciones seres vivos-suelo, el análisis de los factores edáficos y su influencia sobre los seres vivos, así como el papel que estos últimos cumplen en la formación del suelo, es un claro ejemplo de interacciones mutuas.

Sería conveniente aquí analizar cómo se gesta el suelo, tema que abre múltiples posibilidades para elaborar algunas investigaciones experimentales que reproduzcan por analogía la acción de diversos factores. Por ejemplo, la acción del agua congelada, del calor o de la germinación de semillas en la fragmentación de rocas. Se podría ampliar el estudio de esta temática abordando la compo-

sición y tipos de suelo. ¿Qué factores determinan la formación de un suelo rico en humus? ¿Qué diferencias existen entre el suelo de un pastizal y el de un bosque? ¿Por qué el suelo de un bosque talado se agota rápidamente cuando es utilizado en agricultura? ¿Cómo determinar la acidez o alcalinidad de un suelo? ¿De qué depende la misma? ¿Qué importancia tiene esto para los cultivos? ¿Puede modificarse el pH del suelo?, etc. Algunas de estas preguntas podrían ser planteos problematizadores que motiven una investigación.

En el siguiente esquema, que complementa el esquema conceptual de los contenidos del Módulo 1, hemos sintetizado algunas conexiones de este tema.



Será importante, sobre todo, destacar la acción del hombre sobre el suelo: cómo lo utiliza, cómo lo contamina y también cómo lo preserva. Al respecto, cabe preguntarse: ¿Qué importancia tienen las barreras arbóreas contra el viento, el cultivo en terrazas, el arado en surcos, etc.? ¿Por qué se rotan los cultivos? ¿Son beneficiosos o perjudiciales los fertilizantes? ¿Cuáles son los métodos para procesar la basura? ¿Es útil el relleno sanitario?

Ciencias Naturales

Para esta unidad se han convenido los siguientes aprendizajes esperados:

1. Asuman una actitud favorable frente a medidas de protección ambiental.
2. Interpreten el funcionamiento de los ecosistemas a través del ciclo de la materia y del flujo de la energía.
3. Utilicen conceptos sobre conservación y/o transformación de algunas formas de energía en el análisis de procesos biológicos y/o tecnológicos.
4. Vinculen distintas reacciones químicas y/o procesos biológicos con fenómenos de contaminación ambiental.

Los contenidos que hemos previsto son:

1. La influencia del hombre sobre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (conservación y degradación).
2. Las transformaciones de la energía en los ecosistemas.
3. Las sustancias orgánicas y su vinculación con los procesos de importancia biológica, tecnológica y/o ambiental.

módulo 1

UNIDAD 2

UNIDAD 2 : Dinámica del ecosistema

Para esta unidad creemos conveniente proponer los siguientes objetivos:

Que los alumnos:

1. Asuman una actitud favorable frente a medidas de protección ambiental.
 2. Interpreten el funcionamiento de los ecosistemas a través del ciclo de la materia y del flujo de la energía.
 3. Utilicen conceptos sobre conservación y/o transformación de algunas formas de energía en el análisis de procesos biológicos y/o tecnológicos.
 4. Vinculen distintas reacciones químicas y/o procesos biológicos con fenómenos de contaminación ambiental.
-

Los contenidos que hemos previsto son:

1. La influencia del hombre sobre la estructura y dinámica de los ecosistemas (conservación y degradación)
2. Las transformaciones de la energía mecánica y calórica.
3. Las sustancias orgánicas y su vinculación con procesos de importancia biológica, tecnológica y/o económico-social.

Sabemos que el constante fluir de materia y energía a través de ecosistemas imprime a los mismos su dinámica particular. Las relaciones tróficas que tienen lugar en cualquier ecosistema y que aquí debe encarar el profesor de biología, constituyen un punto de partida para el estudio de la circulación de **energía** desde los autótrofos a los heterótrofos, así como también de los ciclos descritos por la **materia**.

¿Cómo encarar el estudio de la dinámica del ecosistema que se propone para esta unidad?

Muchas preguntas pueden ser los desencadenantes del estudio de los ciclos que los componentes de la **materia** viva cumplen en la biosfera, así como del flujo de la **energía** a través de la misma.

¿Por qué si el agua es un recurso renovable la disponibilidad de la misma, utilizable por el hombre, es cada vez menor?

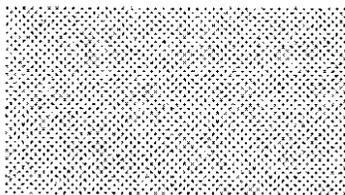
¿Por qué se dice que la vida en la Tierra depende del Sol?

¿Puede una cadena alimentaria tener un número indefinido de eslabones?

¿Cuáles son los procesos naturales que mantienen estable la composición de la atmósfera? ¿En qué medida la intervención del hombre la desequilibra?

¿Qué semejanzas y diferencias encontramos entre los procesos ecológicos registrados en una ciudad y en un ecosistema natural? (Anexo N°6).

Aquí se podrán interpretar y/o construir pirámides ecológicas que establezcan relaciones cualitativas y cuantitativas entre los organismos del ecosistema. Esto llevará a la comprensión clara de la "ley del 10%" y sus consecuencias.



Si bien estos temas han sido trabajados en el primer año del Ciclo Básico, el nivel de pensamiento alcanzado por los alumnos en este primer año de magisterio, permitirá profundizarlos con otro nivel de abstracción.

Ciclos bioquímicos

El tratamiento de los ciclos biogeoquímicos será desencadenante para iniciar el estudio de especies químicas inorgánicas y orgánicas incluidas en los mismos. El análisis de los combustibles fósiles derivados de la actividad biológica (petróleo, gas natural) será una vía interesante para introducir el estudio de las sustancias orgánicas desde el enfoque de la química.

Conviene iniciar entonces el tratamiento de los compuestos del carbono, que se complementará en el módulo 2 (segundo año) con el de las sustancias orgánicas de importancia biológica (fundamentalmente carbohidratos, grasas, aceites y proteínas).

La construcción del concepto de unión covalente (unidad 1) permite deducir fácilmente las fórmulas de Lewis de los alcanos más sencillos, sobre la base del conocimiento de la existencia de cadenas de átomos de carbono. Ello lleva a comprender el significado de las fórmulas desarrolladas y semidesarrolladas de los distintos tipos de hidrocarburos.

Consideramos oportuno trabajar en esta etapa solamente con las funciones oxigenadas y reservar las nitrogenadas para el módulo 2.

Creemos que el conocimiento de fórmulas y nombres de los compuestos orgánicos para el futuro maestro, no debe ser un fin en sí mismo sino una herramienta para comprender la constitución de compuestos vinculados con múltiples aspectos de la vida corriente y con hechos o procesos de importancia biológica, tecnológica y económico-social. Algunos ejemplos podrían ser: petróleo y sus subproductos, oleoductos, gas natural, gasoductos, gas envasado, polietileno, hidrocarburos, cancerígenos, tabaquismo, contaminación del aire, bebidas alcohólicas, alcoholismo,alconafta, vinagre, etc. Las circunstancias regionales particulares aconsejarán en muchos casos, profundizar más algunos aspectos.

Entendemos, además, que no tiene sentido en este curso profundizar en las propiedades químicas, y métodos de obtención de distintas sustancias orgánicas. Sí, en cambio, comprender la relación entre su estructura molecular y ciertas propiedades físicas (estados de agregación, volatilidad, solubilidad) aplicando los conceptos ya construídos sobre uniones entre moléculas.

¿Orgánico
vs
Inorgánico?

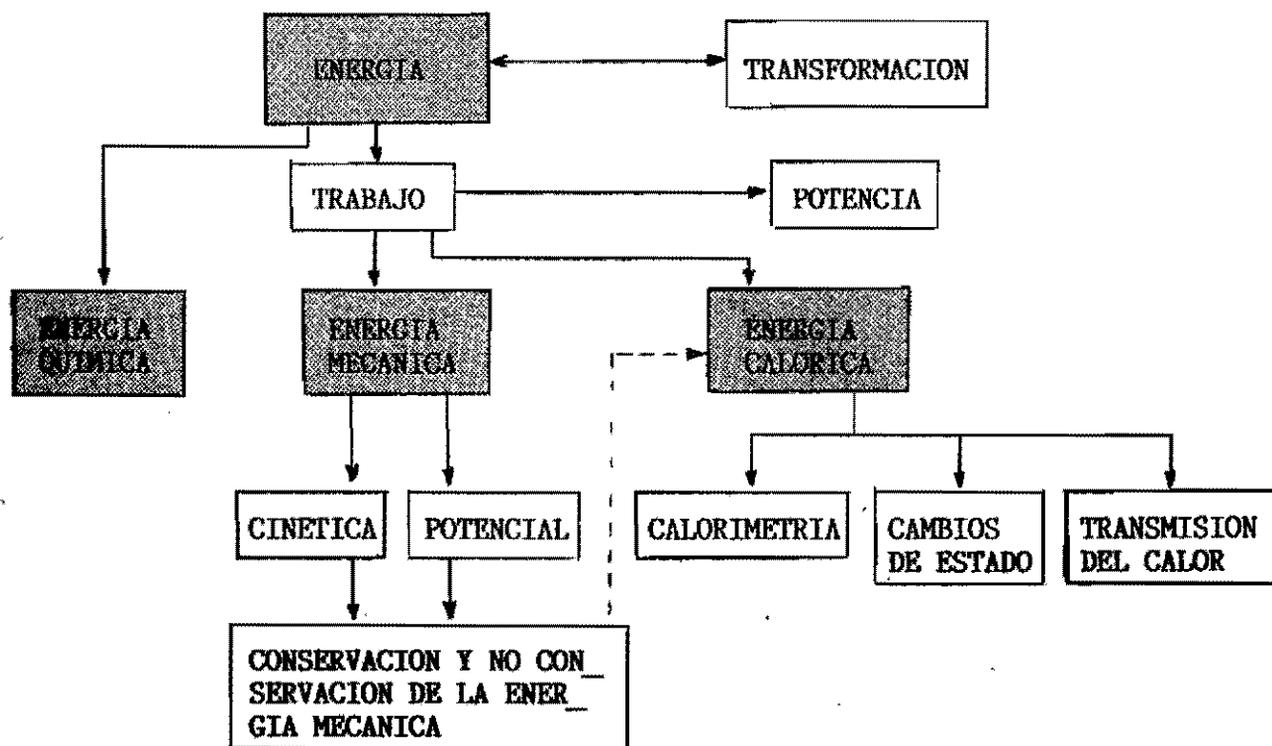
El planteo propuesto altera los esquemas tradicionales de los programas de química en los cuales el estudio de los compuestos del carbono es precedido habitualmente por el de las sustancias inorgánicas, incluidos los oxoácidos, oxoales etc. que veremos abordar en el Módulo 2. El invertir la secuencia usual no se traduce en inconvenientes conceptuales y permite abordar primero el conocimiento de sustancias y materiales más directamente vinculados con la vida corriente. Obsérvese que en la primera unidad propuesta el estudiante ya trabajó con sustancias simples y compuestos inorgánicos e iones monoatómicos.

Una discusión sobre la naturaleza de las sustancias "orgánicas" e "inorgánicas", que puede ser útil dado el empleo usual de estos términos, llevará a mostrar que las diferencias que habitualmente se mencionan admiten, en la generalidad de los casos, múltiples excepciones.

El planteo del flujo de la energía por los ecosistemas visto desde la biología conducirá a la formulación de preguntas desde la perspectiva de la física, tales como:

- ¿Qué es la energía?
- ¿Cómo se puede medir?
- ¿Cómo se presenta?
- ¿Cómo se convierte de una forma en otra?

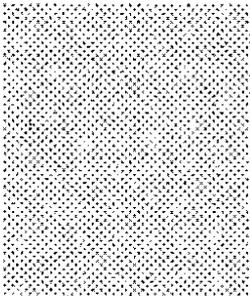
Si bien, el concepto cualitativo de la energía, sus diversas formas y sus transformaciones han sido utilizados por los alumnos desde la escuela primaria, las respuestas espontáneas a estas preguntas son importantes para conocer los conceptos que nuestros alumnos tienen sobre el tema y estructurar a partir de ellos una estrategia adecuada.



Energía

Para hacer cuantitativo el concepto de energía se debe definir trabajo y eventualmente potencia. Una vez hecho esto se podrá tratar la energía mecánica, sus formas, transformaciones y situaciones en las que se conserva.

La pérdida de energía mecánica por fricción puede llevar al concepto de calor como otra forma de energía. Se podrá encarar su medición (calorimetría) así como cualitativamente, su transmisión por conducción, convección y radiación.

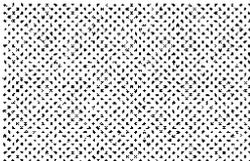


Otras formas y transformaciones de energía serán tratadas en el Módulo 5 de tercer año. Aún así, podría ser útil hacer pequeños análisis cualitativos de transformaciones energéticas, por ejemplo las que ocurren en una linterna, en un animal, en una usina, etc.

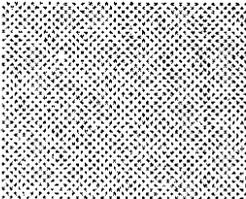
Este análisis incluirá también permanentemente a la energía química, asociada con algunas de estas transformaciones y especialmente con las combustiones naturales y artificiales abordadas en otra etapa de esta misma unidad.

Fluctuaciones de la población

Continuando con el estudio de la dinámica del ecosistema, el registro de las fluctuaciones que experimenta la densidad y/o el tamaño de las poblaciones de una comunidad, a través del tiempo, permite analizar las relaciones entre sus componentes y la del conjunto ante la influencia de los factores ambientales.



Estos aspectos pueden estudiarse a través del análisis de casos citados en la bibliografía (interpretación de datos y trazado de diferen-

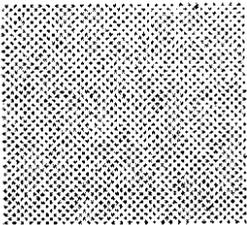


tes tipos de representaciones gráficas, lectura de climogramas, observación de fotografías, etc.) o mediante experimentos de laboratorio.

Las actividades mencionadas u otras similares conducen al análisis de temas tales como la acción protectora o destructiva del hombre sobre el equilibrio natural del ambiente, la explotación natural de los recursos naturales, la sucesión de comunidades, el concepto de comunidad climax, los efectos generales de la contaminación del medio (atmósfera, agua, suelo), su impacto sobre la salud individual y colectiva y las acciones de salud correspondientes.

Contaminación
atmosférica:
el proceso de
combustión

El proceso de la combustión está en relación con el problema de la contaminación atmosférica en los ambientes urbanos. La interpretación de este proceso puede iniciarse a partir de preguntas vinculadas con hechos cotidianos, por ejemplo *¿Al quemar una hoja de papel o durante la combustión de una vela, éstas desaparecen? ¿Qué es lo que ocurre?*



La investigación de las ideas previas de niños y jóvenes de distintas edades sobre estos fenómenos, puede ser enriquecedora, así como también el diseño de experimentos para confrontarlas.

El tema está vinculado indudablemente con la composición del aire, que puede ser abordado en esta oportunidad, si es que ya no lo fue antes.

También pueden presentarse aquí ecuaciones químicas para simbolizar las reacciones correspondientes, utilizando las fórmulas de sustancias orgánicas ya conocidas en esta etapa (metano en el gas de cañería, butano en el gas envasado, etanol, algún hidrocarburo constituyente del querosén, etc.)

La diferencia entre combustiones completas e incompletas -estas últimas fundamentales al estudiar la contaminación atmosférica- puede comenzar a elaborarse a partir de la reflexión sobre experimentos muy sencillos, como por ejemplo, quemando etanol y querosén.

Con respecto a los efectos de la contaminación del medio sobre la vida humana, recomendamos dedicar el mayor espacio a las acciones de salud destinadas al hombre y a la población sanos, como son las medidas de promoción o fomento de la salud que pretenden informar y motivar para favorecer conductas sanitarias positivas, a través de diferentes formas de comunicación.

Por la propia índole de la temática del módulo, convendrá poner énfasis especial en la incidencia de los factores ambientales bióticos, físicos y químicos, sobre la salud, así como en algunas medidas de prevención primaria, aún cuando estas últimas se retomarán al desarrollar el Módulo 2 (segundo año), aprovechando su vinculación con los temas de fisiología humana.

En la etapa final los profesores de biología no pueden dejar de retomar los conceptos actuales de salud y enfermedad, contrastarlos con el concepto de adaptación biológica o equilibrio de los seres vivos con su ambiente y sobre todo favorecer la comprensión integral de la naturaleza del ambiente humano, en el cual tienen influencia decisiva factores psicológicos, sociales y culturales.

Como ya comentamos en la fundamentación del área, la formación en ciencias naturales de los maestros de educación básica no puede limitarse a abordar solamente contenidos específicos, sino que debe atender también a otros aspectos relacionados con el enfoque didáctico de la misma en la escuela primaria.

En dicha fundamentación mencionamos algunos ejemplos de actividades a realizar a lo largo de la carrera docente. Estos ejemplos hacen referencia a experiencias variadas con maestros y niños que serán objeto de análisis y reflexión junto a sus profesores.

Es nuestro propósito brindar aquí el desarrollo de algunas de estas actividades; cada institución las adaptará a su realidad o creará otras de acuerdo a sus necesidades y posibilidades.

● *Los estudiantes podrán realizar entrevistas con maestros y niños.*

De las mismas surgirán problemáticas del área para la escuela primaria, como por ejemplo las siguientes:

¿Cuáles son los intereses de los niños y cuáles sus dificultades más frecuentes?

¿Qué actividades y temas prefieren? ¿Qué preguntas hacen?

¿Se organizan experiencias directas en el área? ¿Cuáles? ¿Cómo se las implementa? ¿Resultan interesantes?

¿Qué materiales disponen los niños para aprender? ¿Resuelven situaciones problemáticas?

¿Prefieren trabajar en grupo o individualmente? ¿Por qué?

¿Cómo se relacionan sus aprendizajes con los de las otras áreas?

● *Los futuros docentes podrán realizar también **temas de grupo** a la labor de los maestros, que asimismo deberán ser objeto de reflexión.*

Proponemos entre otras:

- Contribuir en la búsqueda, organización y elaboración de material didáctico.
- Participar en la búsqueda y organización de bibliografía para los niños.
- Releva recursos en la comunidad que puedan ser importantes para la implementación del área.
- Participar en las experiencias directas de los niños.
- Seleccionar situaciones problemáticas actuales que puedan ser útiles a los maestros para incluirlas en sus unidades.

Con respecto al diseño de actividades para explorar las ideas espontáneas de los niños acerca de los fenómenos naturales, los docentes podrán orientarse mediante la lectura de los anexos 1, 2, 5 y 7. A partir de ello podrán diseñar, junto con sus alumnos, instrumentos adecuados para recoger datos y reflexionar acerca de lo observado.

Estas y otras actividades que surjan tienen como objetivo un primer acercamiento, una introducción paulatina a las múltiples problemáticas relativas a la implementación del área en la escuela primaria, y como ya dijimos, deben ser objeto de reflexión y comparación con las propias experiencias de aprendizaje de los futuros docentes, preparándolos así para la sistematización didáctica que se realizará en el tercer año.

Es conveniente, para lograr una mejor implementación, que estas acciones reciban la orientación de un especialista del área pedagógica.



BIBLIOGRAFIA SUGERIDA PARA EL MODULO 1

- 1) BIOCCHA, S.y ALONSO FERNANDEZ, V., Educación para la salud. Guía de Aprendizaje y Evaluación. Ed. Kapeluz, Bs. As. 1988.
- 2) BSCS-CNEB, **Biología:Unidad , diversidad y continuidad de los Seres Vivos**, Ed. C.E.C.S.A., México, 1970 (Adaptación de Biological Science: An Inquiry into Life, 2da. ed., BSCS,1968)

Investigación de Laboratorio y de Campo. Ed. C.E.C.S.A., México 1972 (Adaptación de Student Laboratory Guide, Biological Science: An Inquiry into Life. BSCS. 1968)
- 3) BSCS-INEC, **Biología moderna**, T. I-II, Ed. Estrada, Buenos Aires, 1970 (Adaptación de High School Biology - Green Version - 2da. ed. 1968)
- 4) BSCS-EPIC, **Ciencias Biológicas, de las moléculas al hombre**. Ed. C.E.C.S.A., México, 1984 (Adaptación Biological Science: Molecules to man - Blue Version -

Guía del Profesor, Ed. C.E.C.S.A., México 1975.
- 5) CLARKE, G. L., **Elementos de Ecología**, Ed. Omega, Barcelona, 1971.
- 6) COLINVAUX, **Por qué son escasas las fieras. Una introducción a la ecología**. Hermann Blume, Ed. Madrid, 1983.
- 7) FERNANDEZ DE BOCALANDRO, N. y BOTTO, J. L., **Las Ciencias Naturales en la escuela primaria (I y II): Proyecto de Formación del Personal de Educación para la Renovación, Reajuste y Perfeccionamiento del Sistema y del Proceso Educativo**. DINES-OEA, Buenos Aires,1987.
- 8) LIBERMANN, J., **La Argentina contra el desierto**, EUDEBA, Buenos Aires, 1968.
- 9) LOWERY, L. F., **Manual de Ciencias Naturales**, C.E.C.S.A., México, 1978.
- 10) MANN, F. G., **Bases ecológicas de la explotación agropecuaria en la América Latina**. Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Monografía N° 2 Unión Panamericana, Washington, 1966.

- 11) RATHS, L.E., *Cómo enseñar a pensar*. Ed. Paidós, Buenos Aires, 1986.
- 12) UNESCO, *Manual de la UNESCO para profesores de ciencias*. Ed. UNESCO, 1981.
- 13) VILLA DE CAMBA, N., *Educación para la salud*, Kapelusz, Buenos Aires, 1983.
- 14) BLACKWOOD, KELLY Y BELL. *Física General Continental*. 1970.
- 15) JARGOCKI. *Rompecabezas y paradojas científicas*. Salvat. 1986.
- 16) LEVY Y LEBLAND. *La física en preguntas*. Mecánica. Alianza Editorial. 1986.
- 17) *Nuevo Manual de UNESCO para la enseñanza de las Ciencias*. Ed. Sudamericana.
- 18) PSSC. *Física*. Reverté. Barcelona. 1968.
- 19) BELTRAN, F.F. *Algunas ideas sobre la metodología de la enseñanza de la química*. Ed. Magisterio del Río de la Plata, Buenos Aires, 1984, pág. 42 y sgtes.
- 20) CBA. *Investigación de sistemas químicos. Guía de laboratorio*. Ed. Reverté. Barcelona, 1967.
- 21) CHEM. *Química para una ciencia experimental*. Ed. Reverté. Barcelona, 1968.
- 22) DAVIS, S.K. y DAY, J.A. *Agua: espejo de la ciencia*. EUDEBA, Buenos Aires, 1964.
- 23) IPS. *Curso de introducción a las ciencias físicas*. Ed. Reverté, Barcelona, 1974.
- 24) IPS. *Curso de introducción a las ciencias físicas. Guía del profesor*. Ed. Reverté, Barcelona, 1978.
- 25) PIAGET, J. *Seis estudios de Psicología*, Ed. Seix Barral, 1979.
- 26) ROSENFELD, S. *Experimentos científicos con agua*. Ed. Kapelusz, Buenos Aires, 1973.

Las ideas epistemológicas de los niños y la pedagogía constructivista de las ciencias

Juan Delval y María Martín

Universidad Autónoma de Madrid

La confianza que el profesor en su día no puede construirse inspirada en una posición platónica, según la cual los contenidos de los conocimientos y la educación lo que tiene que hacer es suministrarlos, se agota en las explicaciones de los libros que la experiencia muestra que los niños no aprenden de los libros de texto nada y fuera necesario recurrir a la realidad.

De hecho así se pasa a leer en el libro de texto lo que el niño ya sabe sin preocuparse mucho de si tuviera la cabeza vacía.

Pero la realidad es que el niño llega a la escuela o cuando ya ha estudiado una determinada materia o cuando se le trata de enseñar algo que él mismo ya sabe y, sobre todo, cuando él mismo se da cuenta de que le permite hacer algo en la dirección que desea, moverse, saltar, con lo que consigue un manejo bastante bueno de la realidad que le rodea. Pero no sólo es capaz de hacer cosas sino que también tiene explicaciones sobre ellas, explicaciones que frecuentemente no son correctas, no coinciden con las de la escuela, pero que están ahí.

Para la educación resulta absolutamente indispensable conocer cuáles son esas ideas y posiciones que los niños tienen sobre la realidad que los rodea y que son producto de la aplicación de sus conocimientos acumulados a su experiencia cotidiana. Con los conocimientos acumulados de que dispone, el niño va construyendo teorías, elaborando conceptos y teorías de por qué sucede las cosas. La propia información que recibe en la escuela le permite, mediante un proceso de asimilación y de acomodación que Piaget denomina como ajuste, ir algo más allá de lo que él ya sabe. En el caso contrario lo que hace es repetir mecánicamente algunas formulas vacías, que carecen de significado y que afectará poco.

Ya sea en el terreno de las matemáticas, de las ciencias de la naturaleza o de las ciencias sociales el niño dispone de sus ideas propias que son muy interesantes porque reflejan su comprensión de la realidad. Por ejemplo, respecto a las matemáticas el niño dispone de sus ideas propias que son muy interesantes porque reflejan su comprensión de la realidad. Por ejemplo, respecto a las matemáticas el niño es capaz de hacer clasificaciones y de utilizar conceptos de acuerdo con distintos atributos, y puede ir cambiando de atributo. En la escuela

ANEXOS

Las ideas espontáneas de los niños y la pedagogía constructivista de las ciencias

Juan Delval y Elena Martín

Universidad Autónoma de Madrid

La enseñanza que se practica hoy en día no puede considerarse inspirada en una posición platónica, según la cual nosotros tenemos dentro los conocimientos y la educación lo que tiene que hacer es sacarlos hacia fuera, hacerlos conscientes. Más bien se inspira en las ideas empiristas según las cuales la mente del alumno es como una pizarra en blanco sobre la que la experiencia escribe. Los que elaboran los programas, las autoridades educativas, los autores de libros de texto y los profesores se comportan como si los alumnos no supieran nada y fuera necesario introducirles en el mundo de la ciencia mediante un proceso de iniciación en la verdad.

De hecho así se procede en la educación, el profesor tiene en la cabeza, en el programa o en el libro de texto lo que el alumno debe aprender e intenta meterlo en la cabeza del alumno sin preocuparse mucho por el estado en que éste se encuentra y comportándose como si tuviera la cabeza vacía.

Pero la realidad es muy distinta y cuando el niño llega a la escuela o cuando empieza a estudiar una determinada materia suele saber bastante sobre muchos de los aspectos de lo que se le trata de enseñar. Si le hablamos de mecánica tiene muchas ideas sobre el movimiento y, sobre todo, una gran capacidad práctica que le permite lanzar objetos en la dirección que desee, moverse, saltar, con lo que consigue un manejo bastante eficaz de la realidad que le rodea. Pero no sólo es capaz de hacer cosas sino que también tiene explicaciones sobre ellas, explicaciones que frecuentemente no son correctas, no coinciden con las de la ciencia, pero que están ahí.

Para la educación resulta absolutamente indispensable conocer cuáles son esas ideas espontáneas que los niños forman sobre la realidad que les rodea y que son producto de la aplicación de sus instrumentos intelectuales a su experiencia cotidiana. Con los instrumentos intelectuales de que dispone, el niño va construyendo teorías, elaborando conjeturas acerca de por qué suceden los fenómenos. La propia información que recibe en la escuela la elabora, mediante los procesos de asimilación y de acomodación que Piaget describió, convirtiéndola en algo inteligible para él. En el caso contrario lo que hace es repetir mecánicamente algunas fórmulas vacías, que carecen de significado y que olvidará pronto.

Ya sea en el terreno de las matemáticas, de las ciencias de la naturaleza o de las ciencias sociales el niño dispone de esas ideas propias que son muy interesantes porque traducen su comprensión de la realidad. Por ejemplo, respecto a las matemáticas el niño dispone de esas ideas propias que son muy interesantes porque traducen su comprensión de la realidad. Por ejemplo, respecto a las matemáticas el niño es capaz de hacer clasificaciones y de ordenar objetos de acuerdo con distintos atributos, y puede ir cambiando de criterio. En la escuela

se le enseñan nociones referentes a los conjuntos y se le transmite toda una terminología compleja que frecuentemente no es capaz de digerir. Y así nos encontramos con la paradoja de que los niños clasifican perfectamente, pero sus explicaciones sobre lo que es un conjunto y sobre las operaciones entre conjuntos, que es capaz de hacer, son sin embargo extremadamente confusas tras muchos años de haber estudiado en la escuela nociones sobre conjuntos.

En el caso de la física sucede lo mismo y las nociones acerca del calor o la luz que hemos estudiado (ver referencias al final), y los problemas que han estudiado otros autores muestran que la conceptualización de la realidad física que hacen los niños difiere de lo que está en los libros de física y de lo que se les enseña. Sin embargo, por ejemplo en el caso de la luz, la enseñanza escolar da por supuesto que el niño entiende las cosas que nosotros enseñamos y parte de los mismos presupuestos. Así se enseña que la luz se propaga en línea recta con una gran velocidad y la visión está producida por rayos de luz que excitan nuestra retina y que son reflejados por los objetos que tenemos a nuestro alrededor. Encontramos sin embargo que muchos niños piensan que la visión es producto de la actividad del ojo y que éste emite una especie de rayos que caen sobre los objetos. En estos aspectos las ideas de los niños recuerdan muchas veces a posiciones que se han mantenido a lo largo de la historia y, en el caso concreto de la luz, a ideas de filósofos presocráticos.

Para realizar una enseñanza adecuada no basta, sin embargo, con conocer las ideas de los niños sino que es preciso actuar a partir de ellas. El estudio de las ideas espontáneas y de las dificultades que encuentran los niños para explicar los fenómenos es un buen punto de partida para enfrentar a éstos con situaciones concretas. La educación no puede consistir simplemente en tratar de sustituir las ideas de los niños, que podemos considerar erróneas, por las que son correctas. Es necesario llevar al niño a contradicciones y mostrarle que sus explicaciones son insuficientes o llevan a callejones sin salida.

Nuestra propuesta de enseñanza

A partir de estas ideas hemos trabajado para elaborar nuevas formas de enseñanza que tratan de aproximarse a formas naturales de aprendizaje de los sujetos, es decir a cómo aprender fuera de la escuela. Más que enseñarles queremos estimular a que los alumnos aprendan por sí mismos. Con nuestro método pretendemos iniciar a los chicos en el trabajo científico más que enseñarles ciencias y queremos que actúen como científicos antes de que conozcan una disciplina.

Pretendemos que nuestros alumnos sean capaces de entender y explicar fenómenos naturales cotidianos, viendo problemas en ellos y tratando de encontrarles explicaciones, sin que lo más importante sea que esas explicaciones se consideren correctas o incorrectas. Lo fundamental es que los sujetos encuentren aspectos problemáticos y traten de resolverlos.

El método debe ser esencialmente activo, pues los alumnos aprenden las cosas haciéndolas y en el niño el conocimiento verbal está muy retrasado frente al conocimiento práctico. Pero aunque nuestro punto de partida pretende ser siempre experimental, o al menos basado en la experiencia, no desdeñamos en absoluto la actividad teórica. Tanto en el desarrollo

del individuo como en el de la ciencia, se va pasando de una gran dependencia respecto a los datos hacia un predominio de las ciencias y a lo largo de la historia se ha ido asistiendo a la aparición de teorías cada vez con más poder explicativo.

Hemos diseñado una serie de materiales sobre distintos aspectos de la ciencia para el ciclo superior de la E.G.B., dividiéndolos en unidades destinadas a los profesores. Cada módulo es un conjunto de sugerencias estructuradas que le permiten orientar el trabajo de los alumnos, y tiene una utilización flexible. El profesor puede seguirlo al pie de la letra o inspirarse libremente en ello para crear sus propios materiales. Nos servimos de materiales corrientes tratando de aproximar la ciencia a la vida cotidiana y emplear también productos de desecho como latas, tapones, botellas, alambres e instrumentos contruidos por los propios alumnos.

El método de trabajo consiste, en general, en plantear a los alumnos un problema haciéndoles varias preguntas, con el fin de que expliciten sus ideas espontáneas. A continuación se les suministran diversos materiales y se les sugiere experiencias que puedan hacerles ver la contradicción entre sus representaciones previas y lo que sucede. Trabajan en grupos de cinco o seis hasta que alcanzan unos resultados que luego se exponen y discuten en conjunto. La función del profesor es incitar a los alumnos en el trabajo, ayudarles a resolver problemas técnicos o suministrarles las explicaciones complementarias que pidan. Con todo ello queremos contribuir a que los alumnos puedan construir sus propios conocimientos.

REFERENCIAS

- DELVAL, J. «Física infantil y aprendizaje de las ciencias». *Cuadernos de Pedagogía*, nº 43-44, julio-agosto 1978, pp. 65-68. Reproducido en la *Psicología en la escuela*. Madrid: Aprendizaje-Visor, 1986, cap. 14.
- DELVAL, J. «La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva del que aprende». En *La nueva enseñanza de las ciencias experimentales*. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC, 1985, pp. 101-115.
- DELVAL, J. «Las ideas espontáneas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias: El caso de la luz». *Revista de Educación*, 1985, 278, pp. 119-131.
- DELVAL, J.; MORENO, A.; DEL BARRIO, C.; MARTÍN, E. y ECHEITA, G. «Los conjuntos y los niños: Una intersección vacía». *Cuadernos de Pedagogía*, 1984, 118, pp. 54-58. Reproducido en *La psicología en la escuela, op. cit.*, cap. 13.
- MORENO, A.; DEL BARRIO, C.; MARTÍN, E. y ECHEITA, G. «Un redondel con muchas cosas dentro: Eso es un conjunto». *Infancia y Aprendizaje*, nº 30, pp. 69-79.

Emergencia de un nuevo paradigma de enseñanza/aprendizaje de las ciencias: perspectivas y dificultades

Daniel Gil

Universitat Autònoma de Barcelona

Desde hace más de cinco décadas se viene insistiendo en la necesidad de una profunda transformación de la didáctica de las ciencias. Así lo evidencia la abundante literatura existente en este campo. Sin embargo, los resultados obtenidos con los intentos realizados hasta aquí han sido muy escasos (Yager y Penick 1983; Hodson 1985).

En este trabajo se apunta la hipótesis de que las dificultades encontradas para una efectiva transformación de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias, puede comprenderse mejor —al tiempo que se abren nuevas perspectivas de actuación— si se procede a una «lectura teórica», es decir, si se contempla dicha transformación como desplazamiento de un paradigma didáctico por otro, con todas las exigencias que un cambio de paradigma conlleva en cualquier campo científico.

Dificultades para la transformación de la «enseñanza tradicional»

El creciente interés social por las ciencias, la importancia que se les ha atribuido en la conformación de unas «Humanidades modernas» (Langevin 1926; Dewey 1938) y el reconocimiento de graves deficiencias en su enseñanza se tradujeron en un interés generalizado por transformar dicha enseñanza. El lanzamiento del primer sputnik vino a añadir en EE.UU. la preocupación por un desfase científico y tecnológico cuya superación exigía, entre otras acciones, un decidido impulso de la educación científica. Ello se tradujo, en efecto, durante las décadas de los 60 y 70, en la dedicación de importantes recursos a la renovación de la enseñanza de las ciencias. De esta época proceden los grandes proyectos como el PSSC, CHEM, BSSC, en los Estados Unidos, Nuffield en el Reino Unido, etc., en cuyo diseño participaron millares de profesores, pedagogos, psicólogos y científicos. Y en esta época se produce también una floración de trabajos de innovación didáctica y de investigaciones puntuales, dirigidas fundamentalmente a la comparación entre el comportamiento de grupos experimentales (con los que se ensaya alguna innovación) y grupos de control (a quienes se enseña utilizando «métodos tradicionales»)

Los resultados de este notable esfuerzo han sido sin embargo decepcionantes: recientes investigaciones realizadas simultáneamente e independientemente en los Estados Unidos han mostrado que las transformaciones experimentadas por la enseñanza en las clases de ciencias a lo largo de más de 25 años han sido prácticamente nulas (Yager y Penick 1983), aunque

desde bastante antes se había denunciado ya el fiasco de los esfuerzos realizados (Ausubel 1978).

¿Por qué este fracaso, pese a los importantes recursos destinados? Se trata de un resultado que muchos han considerado sorprendente, en la medida en que ha contradicho sus expectativas iniciales, pero que en nuestra opinión se justifica plenamente si se contempla la renovación de la enseñanza de las ciencias como un verdadero cambio de paradigma, es decir, como sustitución del paradigma de transmisión/asimilación de conocimientos ya elaborados —fundamento de la enseñanza tradicional de las ciencias— por un nuevo paradigma.

Desde este punto de vista la transformación planteada exigiría:

- Sustitución de la idea vaga de «enseñanza tradicional» por la comprensión del cuerpo coherente de conocimientos que subyace.
- Una clara evidencia de las deficiencias de dicho paradigma
- Existencia de un nuevo paradigma capaz de dar respuesta a las dificultades encontradas por el primero.

Si contemplamos ahora con una cierta perspectiva los esfuerzos de renovación de la enseñanza de las ciencias realizados hasta mediados de los 70, encontramos que sólo el segundo requisito parece darse en cierta medida. Existe, sí, una clara conciencia de las limitaciones de la «enseñanza tradicional», pero ni siquiera se tiene claro en qué consiste dicha enseñanza y —como posteriormente puntualizaría Ausubel (1978)— se la confunde con determinadas prácticas docentes, incorrectas desde cualquier punto de vista, exagerando así sus defectos.

De hecho durante bastante tiempo se actúa sin tener en cuenta la necesidad de un marco teórico, como si la transformación de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias dependiera sólo de posturas ideológicas (tal como reflejan los enfoques de cierta «pedagogía moderna») o pudiera abordarse con tratamientos puntuales (como son la mayoría de los trabajos recogidos en la literatura publicada en dicho período).

En cuanto a la existencia de un nuevo paradigma capaz de dar respuesta a las dificultades encontradas, la respuesta ha de ser otra vez negativa, a pesar de las continuas referencias a un «aprendizaje por descubrimiento» que parece presidir la mayoría de las propuestas de renovación del período analizado. En efecto, aunque en la base de este modelo de aprendizaje encontramos la intuición —cuya justeza ha sido refrendada, en nuestra opinión por posteriores investigaciones didácticas— de aproximar el aprendizaje de las ciencias a las características del trabajo científico, la visión que se tiene de dichas características resulta demasiado ambigua e imprecisa (Keislar y Shulman 1966). De acuerdo con ello, las propuestas de transformación realizadas encierran una gran confusión, incurriendo en visiones simplistas, muy alejadas de la forma en que realmente se producen los conocimientos científicos (Ausubel 1978; Gil 1983; Hodson 1985). No podemos, pues, hablar de un nuevo paradigma, sino de propuestas escasamente fundamentadas (Novak 1982).

En resumen podemos referirnos al período analizado (hasta mediados los años 70) señalando como características fundamentales:

- Falta de explicitación tanto del paradigma que se pretende sustituir como del que se propone. En realidad podríamos afirmar que no se da siquiera la idea de que dichos paradigmas existan.
- Existencia de numerosos intentos de innovación escasamente fundamentados y, con frecuencia, planteados por equipos desconectados, que desconocen incluso los otros trabajos realizados en el mismo campo. Estas innovaciones están presididas en gran parte por la idea de aprendizaje por descubrimiento inductivo y autónomo.
- Realización de abundantes investigaciones puntuales, no orientadas por ningún cuerpo de conocimientos específico de la didáctica de las ciencias. En realidad la mayoría de estas investigaciones son planteadas por investigadores sin preparación en las materias implicadas (Biología, Física...),. Puede hablarse así de un verdadero fosó entre investigadores y enseñantes y de una falta de fundamentación teórica específica —es decir, procedente de la didáctica de las ciencias— en los trabajos de investigación e innovación de ambos colectivos.
- Fracaso de los esfuerzos realizados por transformar la enseñanza de las ciencias y muy concretamente del llamado «aprendizaje por descubrimiento».

Impulso de la investigación en la didáctica de las ciencias

El fracaso en los esfuerzos de renovación de la enseñanza de las ciencias ha conducido recientemente en los EE.UU. a la interrupción de las cuantiosas ayudas a los trabajos de innovación y a priorizar la investigación didáctica (Yager y Penick 1983). La necesidad de un serio esfuerzo de investigación en este campo parece haberse abierto paso hoy incluso en instituciones académicas tradicionalmente ajenas —por no decir opuestas— al tratamiento de dichos problemas. Así lo atestigua, por ejemplo, el reconocimiento de la especificidad de este campo de investigación y la creación de los *Laboratoires de Recherche en Didactique des Sciences* en universidades francesas (Tiberghien 1985) o la aparición de revistas específicas como la *European Journal of Science Education*.

Este impulso dado a la investigación en la didáctica de las ciencias como campo específico ha ido acompañado de la crítica de las innovaciones e investigaciones puntuales de la etapa precedente y del reconocimiento explícito de la necesidad de paradigmas que orienten la investigación (Peterson 1979).

Por otra parte, el fracaso de los intentos de renovación que podemos englobar en la corriente de aprendizaje por descubrimiento produjo, como es bien sabido, una reconsideración del modelo de transmisión/asimilación, significativa de conocimientos ya elaborados (Ausubel 1978; Novak 1982) que aparece así tratado como auténtico paradigma y no superficialmente como una «enseñanza tradicional» caricaturizada y, aparentemente, de muy fácil sustitución.

De este modo se satisface hoy el primero de los requisitos necesarios para que —según el punto de vista sostenido en este trabajo— pueda producirse una renovación de la ense-

ñanza de las ciencias: la comprensión de la existencia de un cuerpo coherente de conocimientos bajo la idea imprecisa y confusa de «enseñanza tradicional» de las ciencias. Este mismo hecho ha posibilitado ya algunas propuestas de mejora en el aprendizaje, planteadas desde el propio paradigma de transmisión de conocimientos ya elaborados. Ello responde a lo que es habitual en cualquier campo científico: se intenta resolver las dificultades con que se enfrenta el paradigma vigente mediante retoques y perfeccionamiento del mismo.

Puede afirmarse también que durante este tiempo, la conciencia de fracaso de la enseñanza de las ciencias no ha hecho sino crecer. Nos referimos a modo de ilustración a dos problemas cuyo estudio constituye hoy sendas líneas de investigación prioritarias.

En primer lugar nos referimos a las persistencias de graves y muy extendidos errores conceptuales —incluso entre estudiantes universitarios y el mismo profesorado— que constituye un índice particularmente relevante de la ineficacia de la enseñanza de las ciencias en lo que se refiere a la adquisición significativa de conocimientos (Driver 1986).

Una segunda línea de investigación que está evidenciando la ineficacia de la enseñanza de las ciencias es la centrada en el estudio de las actitudes de los alumnos hacia la ciencia y su enseñanza (Schibeci 1984). Estas investigaciones han mostrado, en particular, que el interés de los estudiantes por las ciencias decrece notoria y regularmente a lo largo del período de escolarización (James y Smith 1985).

Podría, quizás, pensarse que estas dificultades son debidas a una incorrecta aplicación de la enseñanza por transmisión de conocimientos, o, dicho de otro modo, podría creerse que los problemas actuales de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias son resolubles dentro del paradigma vigente. Parte de la investigación hoy realizada se inserta en esta perspectiva (Novak 1982). Sin embargo, investigaciones de muy diverso origen están contribuyendo, como trataremos de mostrar, a la emergencia de un nuevo paradigma.

La emergencia de un nuevo paradigma

No podemos extendernos aquí —ni ello es objeto del presente trabajo— en la descripción del nuevo paradigma emergente, pero intentaremos resumir sus características más relevantes para mostrar que se trata de un verdadero cuerpo coherente de conocimientos que, pese a su diversa procedencia, se apoyan mutuamente, lo que indudablemente refuerza su validez.

Podemos comenzar refiriéndonos a cómo los estudios realizados por diferentes autores (McDermott 1984) sobre los preconceptos o ideas intuitivas de los estudiantes han coincidido en mostrar (Driver 1986) que:

- están dotados de cierta coherencia interna
- son comunes a estudiantes de diferentes medios y edades
- presentan cierta semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento y
- son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente mediante la enseñanza habitual, incluso reiterada.

Según esto, la adquisición de los conocimientos científicos exigiría la superación de ideas persistentes en la mente de los alumnos. De este modo se conecta con la idea de «obstáculo epistemológico» —enunciada ya por Bachelard (1938) en el marco de estudios centrados en la historia y la epistemología de las ciencias—, con la de «prehistoria del aprendizaje» de Vygotski (1973) y con los estudios de epistemología genética (Piaget 1970) que plantean el rastreo del origen de las nociones hasta sus estadios precientíficos. Conviene notar la convergencia de estudios con origen y planteamientos tan diversos porque ello constituye un índice indudable de su relevancia teórica.

También el tratamiento a dar a estos preconceptos ha generado planteamientos que, aunque inicialmente autónomos, coinciden en sus aspectos fundamentales. Tanto las propuestas de Driver (1986), como el modelo de aprendizaje generativo de Osborne y Witrock (1985) o el modelo de aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual —fruto a su vez de la convergencia de los trabajos de cuatro destacados investigadores en este campo: Posner, Strike, Hewson y Gertzog (Posner et al. 1982)— pueden enmarcarse en una perspectiva constructivista del aprendizaje, conectando así tanto con los estudios de epistemología del trabajo científico (Popper, Khun, Toulmin, Lakatos...,) como con los de epistemología genética.

En particular, la idea de cambio conceptual —asimilable en cierto modo a la de cambio de paradigma en el desarrollo de una ciencia— es expresión de la similitud, señalada en mayor o menor grado por los distintos autores, entre el aprendizaje significativo de las ciencias y el proceso de elaboración de las teorías científicas. Esta similitud puede, en nuestra opinión (Gil y Carrascosa 1985) llevarse aún más lejos. En efecto, si los alumnos tienen una visión de, por ejemplo, el comportamiento mecánico de la materia, similar al paradigma aristotélico/escolástico, no puede ser simple casualidad, sino el resultado de idénticas causas: concretamente, la tendencia a generalizar acríticamente en base a observaciones cualitativas no controladas —puesta de relieve por Piaget (1969) en el comportamiento de los niños— que conduce a evidencias «de sentido común». Esta forma de abordar los problemas que hemos denominado «metodología de la superficialidad» (Carrascosa y Gil 1985) está también presente en la física pregalileana, conocida justamente como «Física del sentido común» (Holton y Roller 1963). Esta es la forma de pensamiento que conduce, por ejemplo, a Aristóteles a escribir: «Un peso dado cubre una cierta altura en un tiempo, dado; un peso mayor cubre la misma altura en menos tiempo, estando los tiempos en proporción inversa a los pesos. Así, si un peso es doble que otro, tardará la mitad de tiempo en un movimiento dado» (De Caelo). Y no debe olvidarse que las concepciones aristotélico/escolásticas sólo pudieron ser desplazadas —después de siglos de vigencia— gracias a un *cambio metodológico* nada fácil, que vino a superar la seguridad en las evidencias de sentido común, introduciendo una forma de pensamiento a la vez más creativa y más rigurosa; una metodología que obligaba a imaginar nuevas posibilidades a título de hipótesis (poniendo en cuestión lo obvio) y a someter dichas hipótesis y sus implicaciones a contrastación en condiciones controladas. Cabe esperar, pues, que igual ocurra con los alumnos: sólo si son puestos sistemáticamente en situación de aplicar la nueva metodología —es decir, en situación de plantear problemas precisos, de emitir hipótesis a la luz de sus conocimientos previos, de diseñar estrategias de resolución, de analizar cuidadosamente los resultados, viendo cómo afectan al esquema con-

ceptual de partida...— podrán llegar a superar la «metodología de la superficialidad» haciendo posible los profundos cambios conceptuales que la adquisición de los conocimientos científicos exige. Dicho de otra manera: la principal dificultad para una correcta adquisición de conocimientos científicos no residiría en la existencia de los esquemas conceptuales alternativos o concepciones intuitivas, sino en la metodología de la superficialidad que está en su origen.

El nuevo modelo didáctico debería, pues, enfocar el aprendizaje, no sólo como cambio conceptual, sino como *cambio conceptual y metodológico* (Gil y Carrascosa 1985). Es preciso a este respecto insistir en las dificultades que entraña la superación de la «metodología de la superficialidad», típica del pensamiento precientífico (Carrascosa y Gil 1985) y las implicaciones didácticas que se derivan.

En primer lugar, insistimos, lo que hoy denominamos metodología científica, supuso históricamente un cambio drástico en la forma de abordar los problemas, una verdadera revolución. No puede, pues, concebirse que su manejo por los alumnos pueda darse sin un profundo cambio metodológico que afecte a hábitos muy enraizados, frutos de la forma de abordar las situaciones en la vida cotidiana. La investigación científica *no es* y no puede considerarse una actividad «natural», sino por el contrario la ruptura —necesaria pero difícil— con formas connaturales de pensamiento.

Por otra parte conviene llamar la atención sobre la necesidad de plantear la familiarización con la metodología científica como un objetivo explícito pero no autónomo, sino íntimamente ligado a la adquisición significativa de conocimientos. En efecto, como hemos intentado justificar, sin cambio metodológico no puede haber cambio conceptual, pero los procesos científicos tampoco tienen sentido como actividades descontextualizadas, fuera del marco de esquemas conceptuales (o paradigmas teóricos) como punto de partida y término; sin atención a los contenidos —o con tratamientos puntuales, desligados, de los mismos— la metodología científica queda desvirtuada, no es tal.

Así pues, la prioridad casi exclusiva que la enseñanza por transmisión de conocimientos pone en los contenidos o que el aprendizaje por descubrimiento inductivo pone en los procesos científicos (unos procesos en los que suelen estar ausentes los aspectos del pensamiento divergente, lo que empobrece y desvirtúa totalmente la naturaleza del trabajo científico), no permite ni siquiera alcanzar los objetivos parciales que se marcan. Según esto, sólo un planteamiento del aprendizaje de las ciencias orientado a la vez como cambio conceptual y metodológico permitiría una adquisición significativa de conocimientos.

Señalemos, por último, que el nuevo paradigma no sólo aborda simultáneamente el aprendizaje significativo de conceptos y la familiarización con la metodología científica, sino que presenta una posible solución al problema de la actitud negativa de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias. En efecto, este aprendizaje adquiere ahora el carácter de una aventura: la aventura que supone enfrentarse creativamente a problemas abiertos, la constatación gratificante de que las propias ideas tienen la validez ¡y los errores! de las de los científicos, etc., etc.

Hemos intentado así mostrar, aunque de forma muy esquemática, la coherencia, el reforzamiento mutuo, de estudios de procedencia muy diversa, que apoyan una orientación

constructivista del aprendizaje de las ciencias —similar, en cierta medida, al proceso histórico de construcción de conocimientos— y ponen en cuestión al paradigma de enseñanza/aprendizaje basado en la transmisión/asimilación de conocimientos ya elaborados.

Conclusión: perspectivas y dificultades

Podríamos terminar con la visión optimista que parece proporcionar la emergencia de un nuevo paradigma con una sólida fundamentación. Sin duda se han abierto así indudables perspectivas para la transformación de la enseñanza de las ciencias. Pero creemos necesario insistir en las dificultades que presenta la extensión y utilización efectiva de dicho paradigma:

- La mayor parte del profesorado ha recibido una prolongada formación «ambiental» —a lo largo de su propia escolaridad— que se ajusta casi exclusivamente al modelo de transmisión/asimilación de conocimientos. Y ello, claro está, no sólo en lo que se refiere a la enseñanza de las ciencias.
- En la actividad del profesorado siguen pesando unos currícula inabordables que obligan a tratamientos superficiales y a limitarse a la pura transmisión de los conocimientos.
- Sigue dándose una grave separación entre la labor docente de la mayoría del profesorado y la investigación educativa. Y no se procede a atacar las causas estructurales que provocan dicha separación —aislamiento del profesorado, inexistencia de centros de documentación asequibles, ausencia de formación inicial en el campo de la investigación...— los profesores continuarán ajustando su actividad, bien a la aceptación acrítica del modelo vigente, bien a la introducción de innovaciones escasamente fundamentadas.
- El aprendizaje de las ciencias según el nuevo paradigma aparece como el resultado de un proceso necesariamente dilatado de cambio conceptual y metodológico. Más aún, la labor del profesor, dirigida ahora a favorecer la construcción de conocimientos, ha de apoyarse en *actividades* cuidadosamente diseñadas, con un claro hilo conductor, etc. La cuestión de la formación del profesorado plantea así nuevas exigencias, aunque al mismo tiempo ello pueda contribuir a dotar a su trabajo —y al aprendizaje de los alumnos— con el interés de una tarea abierta, realmente creativa.

Digamos para terminar, a modo de resumen, que una transformación efectiva de la enseñanza de las ciencias exige algo más que una actitud ideológica favorable —aunque también requiera esto— y aparece con toda la complejidad, dificultad e interés de un cambio de paradigma; como una verdadera «revolución científica».

La concepción corpuscular de la materia en los alumnos que comienzan el estudio de la química en las enseñanzas medias

Juan A. Llorens

Centro de Profesores de Gandía (Valencia)

Introducción

Los conceptos y representaciones asociados al modelo atómico-molecular son presentados a nuestros alumnos desde el comienzo del ciclo superior de la Enseñanza General Básica. Habitualmente, el concepto de átomo es introducido a partir de una reflexión teórica basada en la existencia de un límite en el proceso de subdivisión sucesiva de la materia. En otros casos, diferentes hechos experimentales relacionados con el comportamiento de los gases, los procesos de disolución, la dilatación o los cambios de estado, son propuestos como punto de partida para el establecimiento del modelo atómico-molecular. Tanto en un caso como en otro, parece considerarse obvio que el alumno es capaz de utilizar significativamente conceptos y representaciones fundamentadas en una visión discontinua de la materia, para analizar la realidad macroscópica y continua que le rodea.

Según Piaget e Inhelder (1950) existe un atomismo intuitivo que se manifiesta en la conservación sucesiva de la cantidad de sustancia, del peso y del volumen, dando lugar a los denominados atomismos sustancial, ponderal y espacial, y que son expresión de las operaciones de adición partitiva con reversibilidad y asociatividad. Bachelard (1933) sugiere que el atomismo es una construcción racional a partir de intuiciones basadas en la percepción (la llamada «Metafísica del Polvo»). Sin embargo tal como señala Pfundt (1981) la presencia de ese atomismo intuitivo no es útil desde el punto de vista químico, y no parece ser condición suficiente para un aprendizaje significativo de la teoría atómico-molecular.

Diferentes estudios apoyan esta idea: Mitchell y Kellington (1982) en las sucesivas ediciones del «Scottish Integrated Science» han detectado, en alumnos de 11 y 12 años, numerosas dificultades en la interpretación cinético-molecular de diferentes experiencias, incluso en los alumnos mejor dotados.

Driver (1985) ha caracterizado, en alumnos de 11 a 16 años, la tendencia a atribuir propiedades macroscópicas a las partículas, dando lugar a explicaciones tales como el aumento del tamaño de las moléculas, como causa de la dilatación. Desde un punto de vista histórico, esta tendencia se halla también reflejada en algunas concepciones atomistas predaltonianas, como la de Gassendi.

En una línea similar se sitúan los resultados del neozelandés «Learning in Science Project» (14-15 años). En estas investigaciones se han hallado, además, numerosas ambigüedades y confusiones en el uso del vocabulario.

La asignación de características macroscópicas a entidades atómico-moleculares queda también patente en los trabajos de Novick y Nussbaum (1976, 1971). Estos autores han detectado, en un estudio de tipo evolutivo («Cross-age study») notables y persistentes dificultades en la admisión de la idea de vacío —hecho señalado también por Furió (1983) al estudiar las ideas sobre los gases en alumnos valencianos de 11 a 15 años— y de un movimiento de agitación desordenado y continuo en las moléculas.

También se observan notables diferencias entre la propuesta espontánea de un modelo corpuscular y la selección de éste frente a otros modelos alternativos. En este sentido, tal como señalan Hibbard y Novak's (1975) puede admitirse la existencia de una acomodación de la interpretación corpuscular a un esquema conceptual regido por lo macroscópico y directamente perceptible, tal como sucede, por ejemplo, al representar la licuefacción de un gas como un reagrupamiento de sus moléculas.

Ben Zvi, Seylon y Silberstein (1982) estudian el desarrollo de los conceptos de estructura y proceso en el establecimiento del modelo atómico-molecular en alumnos israelíes de 15 años, partiendo de tres niveles de descripción:

- Fenomenológico
- Atómico-molecular
- Multiatómico (Comportamiento de las colectividades de partículas)

Para estos autores, las dificultades surgen de la naturaleza abstracta de los conceptos involucrados, de la exigencia de operar simultáneamente en los tres niveles y de la necesaria precisión del lenguaje empleado. En este estudio, además de las tendencias ya citadas, se observa una notable influencia de la comprensión de la teoría atómica en la generación de falsos conceptos en torno al cambio químico. Para Selley (1978) el origen de estas dificultades, basadas en la no distinción de los niveles de descripción citados, se debe a que éstos no tienen un reflejo lingüístico adecuado. A lo largo de la bibliografía citada se advierte una notable atención por los problemas de índole lingüística.

Objetivos y metodología. Fase preliminar

Dentro de una línea de trabajo basada en la concepción del aprendizaje como cambio conceptual, consideramos imprescindible caracterizar, en la realidad educativa de nuestro entorno socio-cultural, las tendencias conceptuales más arraigadas en relación al tema que nos ocupa, fundamental en la introducción al estudio de la Química. Para ello, en una primera fase, se han desarrollado un conjunto de experiencias insertas en la dinámica ordinaria de las clases de Física y Química en 1^{er} grado de Formación Profesional, en las que se ha puesto el acento, más que en la obtención de datos cuantitativamente significativos, en una mayor profundización cualitativa, diversificando al máximo los hechos experimentales estudiados (Tabla I).

TABLA I

Hechos experimentales estudiados

-
1. Naturaleza y comportamiento de los gases
 - 1.1. Dilatación y compresión
 - Desplazamiento de una gota de agua coloreada situada en un tubo horizontal conectado a un tubo de ensayo que contiene aire a la presión atmosférica y es calentado.
 - Compresión del aire contenido en una jeringa de plástico obturada.
 - 1.2. Difusión
 - Reacción entre el NH_3 y HCl cuando se aproximan dos frascos con la boca destapada conteniendo ambas sustancias.
 - Percepción del olor de un perfume de un frasco destapado a distancia.
 2. Disoluciones
 - Dispersión de unas gotas de KMnO_4 diluido en agua y formación de un sistema homogéneo. Comparación de la velocidad del proceso con agua fría y caliente.
 - Explicación de la no aditividad de los volúmenes en la mezcla de agua y etanol.
 3. Cuestiones teóricas en torno a la idea de vacío y de agitación térmica.
-

La técnica utilizada fue la aplicación de cuestionarios estructurados a grupos de 10-15 alumnos, tras la observación de la experiencia realizada por el profesor o por ellos mismos.

Como complemento a esta experiencia se llevó a cabo otra en alumnos de 2º curso de 2º grado de F.P. (edad en torno a los 18 años) en la que éstos, a partir de la simbología atómico-molecular de Dalton, debían representar algunos de los fenómenos expuestos en la tabla I.

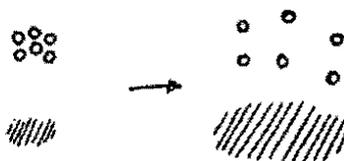
Conclusiones de la primera fase de la investigación

- a) Cuando a los alumnos se les presenta el modelo atómico-molecular, sus conceptos y representaciones sufren un proceso de acomodación a las estructuras conceptuales preexistentes, basadas en la observación del mundo macroscópico y centradas en los aspectos y cualidades fácilmente perceptibles. Esta conclusión reafirma las obtenidas en las diferentes investigaciones citadas y las ideas previas detectadas son esencialmente similares a las que poseen los escolares de países muy alejados de nuestro entorno.
- b) Se observa una significativa, y en principio, aparente, contradicción entre la escasa aplicación espontánea de la teoría atómico-molecular a la explicación de fenómenos macroscópicos y el bajo nivel de aceptación de la idea de vacío, por un lado y por otro, la relativamente elevada familiaridad con un modelo corpuscular dinámico, cuando les es presentado explícitamente.

Estos hechos nos llevan a formular la hipótesis de que el empleo de representaciones corpusculares no implica la adquisición significativa de una concepción discontinua de la materia. Este hecho puede explicarse admitiendo tres

ideas básicas en la estructura cognitiva del alumno, compatibles con una visión de la realidad puramente perceptual y macroscópica. Estas ideas son:

a) Aproximación/Alejamiento. Disminución/Aumento del espacio ocupado



b) Mezcla como distribución aleatoria de diferentes entidades discretas.



c) Una idea de agitación térmica fundamentada en hechos macroscópicos: muchos fenómenos familiares al alumno, que tienen lugar con elevación de temperatura, van acompañados por un movimiento desordenado de porciones macroscópicas de materia (fuego, humos, vapores...).

Objetivos y metodología. Fase final de la experiencia

Para la contrastación de la hipótesis formulada anteriormente se diseñó una prueba constituida por 6 ítems de elección múltiple que fue aplicada a 606 alumnos (348 de 1^{er} grado de F.P. y 258 de 2^o de BUP), antes de comenzar el estudio de la Química, en seis centros de la Comunidad Valenciana.

La tabla II muestra las frecuencias obtenidas para las distintas opciones de cada ítem, así como las correlaciones de Pearson entre las puntuaciones de los distintos ítems.

TABLA 2

ÍTEM I: Naturaleza de los procesos de disolución.

a) Formación de una nueva sustancia.....	2,6 %
b) Cambio de color de las moléculas del disolvente.....	15,3 %
c) Distribución de las partículas de soluto entre las de disolvente.....	75,1 %
d) Penetración de las partículas de soluto en las del disolvente.....	15,7 %
e) No lo sé.....	1,3 %

ITEM 2: Modelo corpuscular dinámico y agitación térmica.

a) Aumento con la temperatura de una supuesta porosidad en las moléculas de agua	14,4 %
b) Concepción de la disolución como un cambio en las moléculas de disolvente	14,7 %
c) Mayor agitación de las moléculas	51,5 %
d) Las partículas de colorante ocupan los huecos de moléculas de agua que se evaporan	35,0 %
e) No lo sé	1,3 %

En estos dos ítems podían elegirse más de una alternativa; por ello, los porcentajes anteriores significan la proporción de alumnos que escogieron una determinada alternativa. Si consideramos a los alumnos que SOLO han escogido la opción correcta tendremos:

ITEM 1	66,5 %
ITEM 2	39,1 %

ITEM 3: Idea de vacío.

a) Hay aire entre las moléculas	22,6 %
b) Otros gases	34,8 %
c) Nada	22,1 %
d) Una sustancia muy ligera que lo rellena todo	13,4 %
e) No lo sé	6,4 %

ITEM 4: Representación corpuscular de la dilatación de un gas.

a) Representación corpuscular sin conservación de la cantidad de materia	5,9 %
b) Representación correcta	80,4 %
c) Aumento en el tamaño de las moléculas del gas	11,1 %
d) Ninguna de las anteriores	2,1 %
e) No lo sé	0,7 %

ITEM 5: Representación corpuscular de la compresión de un gas.

a) Comparación con un muelle (modelo macroscópico)	27,9 %
b) Disminución de la cantidad de materia	2,3 %
c) Representación correcta	67,8 %
d) Ninguna de las anteriores	2,1 %
e) No lo sé	2,0 %

ITEM 6: Representación corpuscular de la difusión.

a) Analogía con la propagación de una onda mecánica	5,6 %
b) Explicación no corpuscular, basada en diferencias de densidad	16,8 %
c) Representación correcta	71,0 %
d) Ninguna de las anteriores	4,0 %
e) No lo sé	3,3 %

Coefficientes de correlación (r)

	1	2	3	4	5	6
1	1,000					
2	0,273	1,000				
3	0,132	0,135	1,000			
4	0,157	0,144	0,173	1,000		
5	0,134	0,137	0,044	0,229	1,000	
6	0,026	0,062	-0,007	0,150	0,127	1,000

P < 0,01 para r > 0,115
considerando 600 grados de libertad

Discusión de los resultados y conclusiones

Resulta llamativa la diferencia entre el nivel de aceptación de la idea de vacío (22 %) y la opción por modelos corpusculares correctos frente a opciones macroscópicas o corpusculares en las que no se conserva el número de partículas (65-80 %). El carácter independiente de esta dos tendencias queda también reflejado en los valores de $r_{3,5}$ y $r_{3,6}$.

Sin embargo, los ítems 1, 2 y 4 en los que se plantea una opción corpuscular correcta frente a otras que resultan de expresar ideas macroscópicas con modelos corpusculares, sí muestran una correlación significativa con la aceptación de la idea de vacío.

De ambos resultados podemos concluir que la opción por un modelo corpuscular frente a otro que no lo es, no implica la comprensión del carácter discontinuo de la materia, mientras que el rechazo de representaciones corpusculares regidas por ideas macroscópicas tiene mayor relevancia en este sentido.

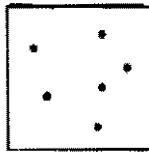
REFERENCIAS

- BACHELARD, G. (1933): *Les intuitions atomistiques*. Boivin, París.
- BEN ZVI, R., SEYLON, B., SILBERSTEIN, J. (1982): «A Study of Student conceptions of Structure and Process». The Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel.
- DRIVER, R. (1985): «Beyond Appearances: The conservation of Matter Under Physical and Chemical Transformations». En *Children's Ideas in Science*. Blechey: Open University Press.
- FURIÓ, C. (1983): «Ideas sobre los gases en alumnos de 11 a 15 años». *Enseñanza de las Ciencias*, 2, Junio 1983, pp. 83-91.
- MITCHELL, A. C., KELLINGTON, M. (1982): «Learning Difficulties associated with the Particulate Theory of Matter in the Scottish Integrated Science Course.» *European Journal of Science Education*, Vol. 4, No.4, pp. 429-440.
- NOVICK, S., NUSSBAUM, J. (1981): «Pupil's Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study». *Science Education*, 65(2), pp. 187-196.
- (1978): «Junior High School Pupil's Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study». *Science Education*. Vol. 62(3), pp. 273-281.
- PFUNDT, H. (1981): «Das atom-letztes teilunstük oder erster aufbaustein?» *Chimica Didactica*, 7, 75.
- PIAGET, J., INHELDER, E. (1950): *Introducción a la epistemología genética (2)*. El pensamiento físico. Buenos Aires: Paidós.
- SELLEY, N. J. (1978): «The Confusion of Molecular Particles with Substances». *Education in Chemistry*, 15, 5, pp. 144-145.

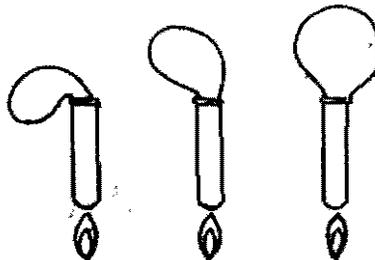
ANEXO: Prueba de elección múltiple

1. Cuando echas gotas de tinta al agua, al cabo de un cierto tiempo ésta queda coloreada. ¿Cómo explicas este fenómeno?
 - a) Se forma una nueva sustancia
 - b) Cambias de color las moléculas de agua.

- c) Las partículas de tinta se distribuyen entre las del agua.
 - d) Las partículas de tinta se introducen dentro de las moléculas de agua.
 - e) No lo sé.
2. ¿Cómo explicas el hecho de que este fenómeno sea más rápido en el agua caliente?
- a) Porque las moléculas de agua se vuelven más porosas y permiten que el colorante penetre más rápidamente en su interior.
 - b) Porque las moléculas de agua cambian más rápidamente sus propiedades al calentarse.
 - c) Porque las moléculas se agitan más intensamente y se mantienen a una mayor distancia.
 - d) Porque las partículas de colorante pasan a ocupar los huecos de las moléculas de agua que se han evaporado.
 - e) No lo sé.
3. Probablemente habrás oído decir que la materia está formada por pequeñas partículas, tales como los átomos y las moléculas. Si representamos todas las partículas de los distintos gases que componen una pequeña muestra de aire, así.

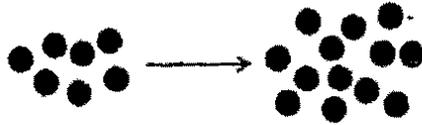


- ¿Qué crees que hay entre estas partículas?
- a) Más aire
 - b) Otros gases
 - c) Nada
 - d) Una sustancia muy ligera que lo rellena todo
 - e) No lo sé
4. Cuando un objeto se calienta aumenta de tamaño. A este fenómeno le llamamos dilatación. Es lo que ocurre por ejemplo cuando calentamos el aire que hay en el interior de un globo y un tubo de ensayo.

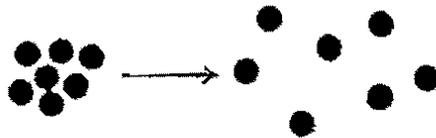


¿Cuál de los siguientes dibujos representa mejor este fenómeno?

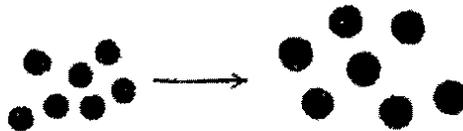
a) Al calentar, aumenta el número de partículas.



b) Al calentar se agitan más intensamente las partículas y aumenta la distancia entre ellas.



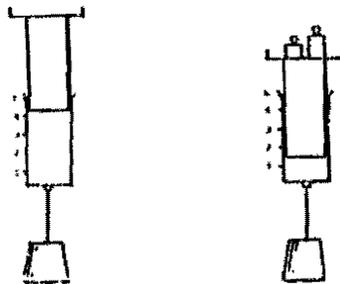
c) Al calentar aumentan el tamaño de las partículas.



d) Ninguno de los anteriores.

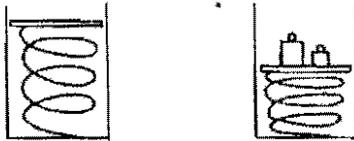
e) No lo sé.

5. Una de las propiedades más conocidas de los gases es su compresibilidad, que consiste en poder reducir su volumen al ejercer una presión sobre ellos, tal como se puede comprobar fácilmente con una jeringa cuya aguja esté obturada con un tapón de goma.

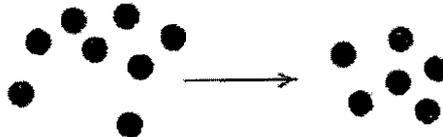


¿Cuál de los siguientes dibujos representa mejor este fenómeno?

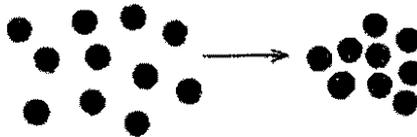
a) Los gases se comportan como un muelle, que al apretarlo se comprime.



b) Disminuye el número de partículas que hay en el gas.



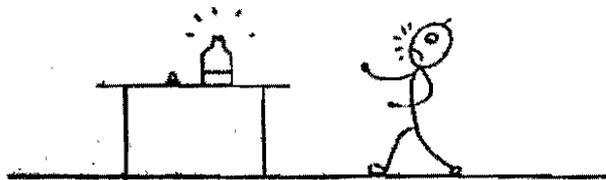
c) Disminuye la distancia que hay entre las partículas que forman el gas.



d) Ninguno de los anteriores.

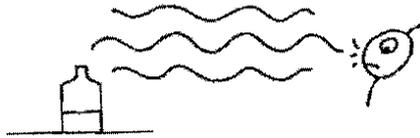
e) No lo sé.

6. Cuando tapas un frasco de perfume, al cabo de poco tiempo se nota su aroma a cierta distancia.

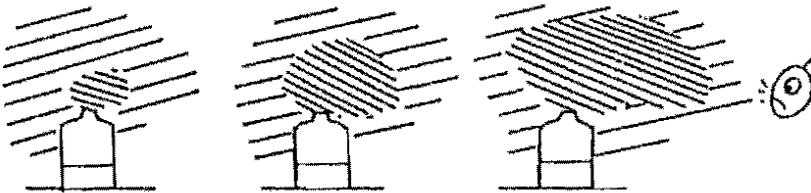


¿Cómo crees que se mueven los vapores del perfume en el aire de la habitación?

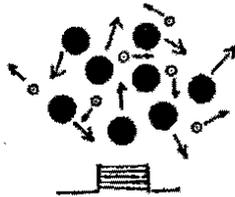
a) Como las ondas que se producen al echar una piedra a un estanque.



b) El aire se aparta por ser menos denso, dejando paso al perfume.



c) Cada partícula se mueve constantemente hacia cualquier dirección de modo que las partículas de perfume pueden difundirse entre las del aire.



d) De ninguno de los modos expresados en las respuestas anteriores.

e) No lo sé.

CAPÍTULO V

DISCÍPULOS Y CONTEMPORÁNEOS DE GALILEO

I

LA ACADEMIA DEL CIMENTO

El termómetro.—Aggiunti, Renaldini y Borelli.—Torricelli: El vacío y el barómetro.—Pascal: La presión atmosférica.—Investigaciones hidromecánicas.—Mersenne y la cuerda vibrante.

Ideas sancionadas por largos siglos no se dejan suplantar en algunos años; el espíritu humano también tiene su ley de inercia. No hay, pues, que extrañarse de que las investigaciones de Galileo necesitaran tiempo para expandirse entre los sabios de Europa. A pesar de ello, la idea conductora del método galileano se impuso a los investigadores en un intervalo sorprendentemente breve. Lo prueban los lemas elegidos por las dos sociedades científicas fundadas en las décadas que siguieron a la muerte de Galileo. La Academia del Cimento (1657) pone en la portada de sus publicaciones las palabras *Provando e riprovando* (experimentando y rechazando), y la Sociedad Real, de Londres (1662), adopta el principio *Nullius in verba*, documentando con este lema que rehúsa adherirse ciegamente a la doctrina de cualquier autoridad y que sus miembros se proponen someter sus opiniones científicas al supremo veredicto del experimento. A estas dos instituciones se agrega pronto la tercera: la Academia de Ciencias, de París (1666), y después una cuarta: la Academia Leopoldiana (1672), de Alemania, cuyos trabajos están igualmente dirigidos por las exigencias del método galileano.

Las investigaciones colectivas de los nueve miembros de la Academia del Cimento prolongan directamente la obra de Galileo. Muchos de sus experimentos tan sólo materializan las sugerencias del gran toscano. Aunque Galileo no mencione en ninguno de sus escritos su termoscopio, sus discípulos Castelli y Viviani describen el instrumento construido por su maestro para medir la temperatura. Una pera de vidrio, llena de aire, terminada en un estrecho tubo, fue sumergida por su extremo abierto en un líquido. Una gota de agua colocada en el tubo separaba el aire interior del exterior e indicaba por su posición los grados de calor. Fue, pues, un instrumento abierto al acceso del aire, y sus indicaciones, sujetas tanto a la presión atmosférica como a la temperatura, no podían ser sino muy groseras. Sobre todo, la graduación de la escala era arbitraria. Con sus deficiencias, el termoscopio de Galileo no superó en forma sensible a los instrumentos similares de los griegos, ideados por Filón y Herón.

Los investigadores de la Academia del Cimento introdujeron en el rudimentario instrumento notables mejoras: llenaron el tubo con alcohol y lo cerraron por lo alto al acceso del aire. Como los académicos florentinos trabajaban en común, se ignora cuál fue el inventor del termómetro, atribuido al gran duque de Toscana Fernando II, protector de la Academia. CARLOS RENALDINI (1615-1698), uno de los más hábiles experimentadores de la Academia del Cimento, reconoció la necesidad de adoptar dos temperaturas fijas para la graduación del termómetro y eligió, modificando una sugestión del francés Dalancé, el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua, verificados como constantes por las experiencias de Roberto Hooke.

La proposición de Renaldini, de dividir la escala en 12 grados no prosperó; la actual división centesimal fue propuesta por el astrónomo Andrés Celsius en una memoria leída en la Academia de Ciencias de Suecia en 1742. La proposición de Celsius representó una reforma de la graduación de 80° adoptada en 1730 por el zoólogo francés Ronato de Réaumur, quien eligió como punto fijo para su termómetro de alcohol la temperatura de congelación del agua en lugar del hielo fundente. La forma actual del termómetro de alcohol y de mercurio es debida al físico alemán Gabriel Daniel Fahrenheit (1686-1736); tres décadas antes de Celsius inventó otra graduación de la escala: eligiendo la temperatura de una mezcla refrigerante como 0, la fusión del hielo como 32, y la del calor de la sangre humana como 96; la temperatura del vapor de agua en ebullición es en esta escala de 212°. Las sustancias termométricas en los instrumentos de la Academia del Cimento, como en los posteriores de Fahrenheit son líquidos, cuya dilatación fue admitida como proporcional al aporte de calor: suposición que se verifica tan sólo aproximadamente para líquidos, en tanto que es, con mucho, más correcta para gases. La ventaja que el empleo del aire como sustancia termométrica puede ofrecer, fue indicada por el médico francés Juan Rey (1632); su compatriota, el físico Guillermo Amontons (1663-1705) fue el primero en construir, en 1688, un termómetro de aire, superior en exactitud a los instrumentos florentinos.

Los miembros de la Academia del Cimento, provistos de sus termómetros, someten numerosos fenómenos calóricos al examen experimental. Comprueban que diferentes líquidos, agua, alcohol y mercurio, en cantidad y temperatura iguales, no funden la misma cantidad de hielo. Llegan a la conclusión de que distintas sustancias tienen diferentes capacidades calóricas, pero no logran hacer una clara distinción entre temperatura y cantidad de calor. (Hecho curioso: aunque sus experimentos los hayan conducido muy cerca de la fundamental distinción, debemos esperar hasta mediados del siglo XVIII el momento en que José Black la introducirá en la ciencia). Los florentinos investigan también la radiación calórica y describen interesantes experiencias ideadas para probar su reflexión.

¿HAY MUCHAS FUERZAS EN LA NATURALEZA?

"A primera vista, puede parecer que se tropieza con multitud de diferentes tipos de efectos sobre los cuerpos y, por lo tanto, existen muchos tipos de distintas fuerzas. Podemos comunicar aceleración a un cuerpo empujándolo o tirando de él con la mano; todos los cuerpos que caen a Tierra se mueven con aceleración; cuando el viento llena las velas, el velero comienza a moverse con aceleración; tensando y soltando la cuerda de un arco, transmitimos aceleración a la flecha. En todos estos casos actúan ciertas fuerzas y nos parece que todas ellas son distintas en absoluto. Es más, podemos seguir mencionando otras fuerzas. Cada uno habrá oído hablar de las fuerzas eléctricas y magnéticas, sobre la fuerza de los terremotos, de un muelle, sobre la fuerza de las mareas, etc.

¿Pero en la realidad existe esa gran cantidad de diferentes fuerzas en la naturaleza?. Resulta que no.

Al estudiar el movimiento mecánico de los cuerpos, se tropieza sólo con tres tipos de fuerzas: la elástica, la de rozamiento y la de la **gravedad**. A éstas pueden reducirse todas las fuerzas, por muy diferentes que nos parecían, de las que acabamos de hablar. Pero, incluso estas tres fuerzas son la manifestación de tan sólo dos fuerzas de la naturaleza, en realidad diferentes: LAS FUERZAS ELECTROMAGNETICAS Y LAS FUERZAS DE LA GRAVITACION UNIVERSAL."

Consideramos que a las fuerzas gravitatorias y electromagnéticas descriptas en el texto y que son las más conocidas, se deben agregar otros dos tipos de interacciones nucleares. Al respecto en el libro MECANICA ELEMENTAL de J. Roederer puede leerse ...

"Digamos unas palabras finales sobre procesos de interacción. La física actual trata de comprender todos los procesos físicos y, con ello, la evolución de todo sistema, en términos de un número mínimo de tipos de interacciones elementales entre las llamadas partículas elementales. Esas interacciones son sólo cuatro, y se distinguen fundamentalmente por su "fuerza" (dada en cada caso por una constante universal, de significado equivalente a la constante de gravitación y a la constante E. electrostática). Son las interacciones fuertes (o interacciones "mesónicas", responsables de las fuerzas entre protones y neutrones, o sea, de las fuerzas nucleares); las interacciones electromagnéticas (responsables de las fuerzas entre las cargas y los momentos magnéticos de las partículas elementales); las interacciones débiles (o interacciones "beta", responsables de la inestabilidad del neutrón y de otras partículas elementales), y, finalmente, las interacciones gravitatorias (las más débiles de todas). De estas cuatro interacciones, la gravitatoria se distingue por dar aceleraciones independientes de la masa de los cuerpos interactuantes. Para la física "macroscópica" sólo subsiste la acción de las interacciones electromagnética y gravitatoria. Toda otra interacción, como la elástica, se reduce a una interacción electromagnética en el dominio molecular."

Esta transcripción tiene la finalidad de recordarles un tratamiento de las interacciones que no es común en nuestros textos de nivel medio. Por supuesto que no pretendemos desarrollar una clasificación de esta índole.

Proponemos para comenzar, ejemplificar y/o experimentar interacciones a partir de situaciones tales como:

- ¿por qué caen los cuerpos al ser dejados en libertad?
- ¿cuál es la causa que provoca el desplazamiento de las aguas de un río hacia el mar?
- ¿qué condiciones se deben cumplir para que el agua acumulada en una nube precipite en forma de lluvia?
- un imán atrae alfileres o hace girar a otro sin tocarlo;
- una escuadra o regla plástica frotada atrae papelitos;
- una bolita, después de recorrer cierta distancia sobre el piso, se detiene;
- un libro colocado sobre la mesa no se cae;
- para poner en movimiento un cuerpo se lo empuja, etc.;

La observación y el análisis de fenómenos como los citados tanto en el laboratorio como en la vida diaria, permiten o facilitan la inferencia de los dos conceptos clave :

- a) el concepto de fuerza como resultado común a todas las interacciones;
- b) la necesidad de que por lo menos dos entes físicos intervengan en toda interacción.

Por supuesto que al comienzo no pretendemos respuestas cuantitativas sino reconocer similitudes y diferencias entre las situaciones anteriormente planteadas.

Entre las **similitudes** sugerimos destacar que:

- . siempre intervienen dos cuerpos y
- . la fuerza caracteriza la interacción

Entre las **diferencias** se puede reconocer la existencia de **interacciones de contacto y a distancia.**

En este sentido, la clasificación de las interacciones que adoptamos es la siguiente:

INTERACCIONES	
DE CONTACTO	A DISTANCIA
<ul style="list-style-type: none">. elástica. de frotamiento	<ul style="list-style-type: none">. gravitatoria. electrostática. magnética

CAÑAL, P.; GARCIA, J. E.; PORLAN, R.: La ciudad como investigación, Ecología y escuela, Ed. Laia, S.A., Barcelona, 1985.

"Las Ciudades y los pueblos constituyen medios artificiales, no "naturales", en los que existen procesos ecológicos que abarcan a la población humana, a las poblaciones de otras especies animales y vegetales y al medio abiótico en el que viven. Este medio, con sus paredes verticales, tejados, sótanos, alcantarillas, parques, zonas caldeadas artificialmente, abundancia de nutrientes diversos, etc. es muy adecuado para el desarrollo de toda una extensa gama de seres vivos que podemos investigar.

El mantenimiento de la vida humana y no humana en una ciudad se consigue mediante unos mecanismos de obtención de energía y unos procesos de captación y circulación de la materia. Según Duvigneaud, "las necesidades metabólicas de una ciudad son esencialmente de materiales y facilidades indispensables para las cuatro funciones cardinales de su población: habitar, trabajar, circular y recrearse. Incluyen los materiales de construcción necesarios para remodelar la propia ciudad, o aumentar su superficie.

"Numerosos son los flujos y compartimentos, por lo que a menudo hay que simplificar. Importación y exportación son aquí procesos mucho más importantes que en los demás tipos de ecosistemas". "Diariamente penetra en la ciudad un importante flujo de alimentos y combustibles mediante trenes y camiones; sus calorías vienen a sumarse a las procedentes de la energía solar, que apenas sirve para algo más que asegurar la turbulencia del aire, la temperatura de la ciudad y el crecimiento de los espacios verdes". Estos mecanismos y procesos, junto a otras cuestiones que se refieren más directamente a la especie humana (calidad de vida y contaminación) son los objetos de estudio que proponemos por su interés científico y por tratarse de aspectos que nos resultan muy próximos y determinantes de la forma de vida que desa-

rrollamos.

"La realización de actividades de investigación por parte de los alumnos, puede llevarles a un conocimiento claro de los distintos conceptos ecológicos y de la dinámica social de su entorno más inmediato".

"Dichas actividades, referidas todas a la ecología del medio urbano, se han agrupado en tres grandes bloques: flujo de materia y energía; calidad de vida y contaminación; seres vivos característicos de la biocenosis urbana". Cañal, P; García, J.E. y R. Parlán. *Ecología y Escuela*". Ed. Laia S.A., Barcelona, 1985.

Esta introducción pertenece a la obra "Ecología y Escuela", cuya propuesta con respecto a las actividades de investigación en el medio urbano pueden sintetizarse de la siguiente manera:

* Flujo de materia y energía en la ciudad

"La ciudad puede considerarse, por su estructura y funcionamiento como un ecosistema en el que es posible estudiar la entrada, circulación y salida de la energía y de los distintos materiales necesarios para el funcionamiento del mismo"

- . El agua en el medio urbano
- . Los alimentos
- . Materiales de construcción y otros
- . Desechos
- . Energía

* Calidad de vida y contaminación

"El hombre, como especie, tiene una serie de necesidades que podríamos agrupar en dos grandes apartados: biológicas y culturales. Por consiguiente, el medio en que se desenvuelve debe cubrir estas necesidades y según el grado de satisfacción de las mismas, se puede atribuir a la sociedad en cuestión un mayor o menor nivel de calidad de vida".

- . Zonas verdes y recreativas
- . Servicios públicos
- . Densidad de población y tipos de edificación
- . Contaminación

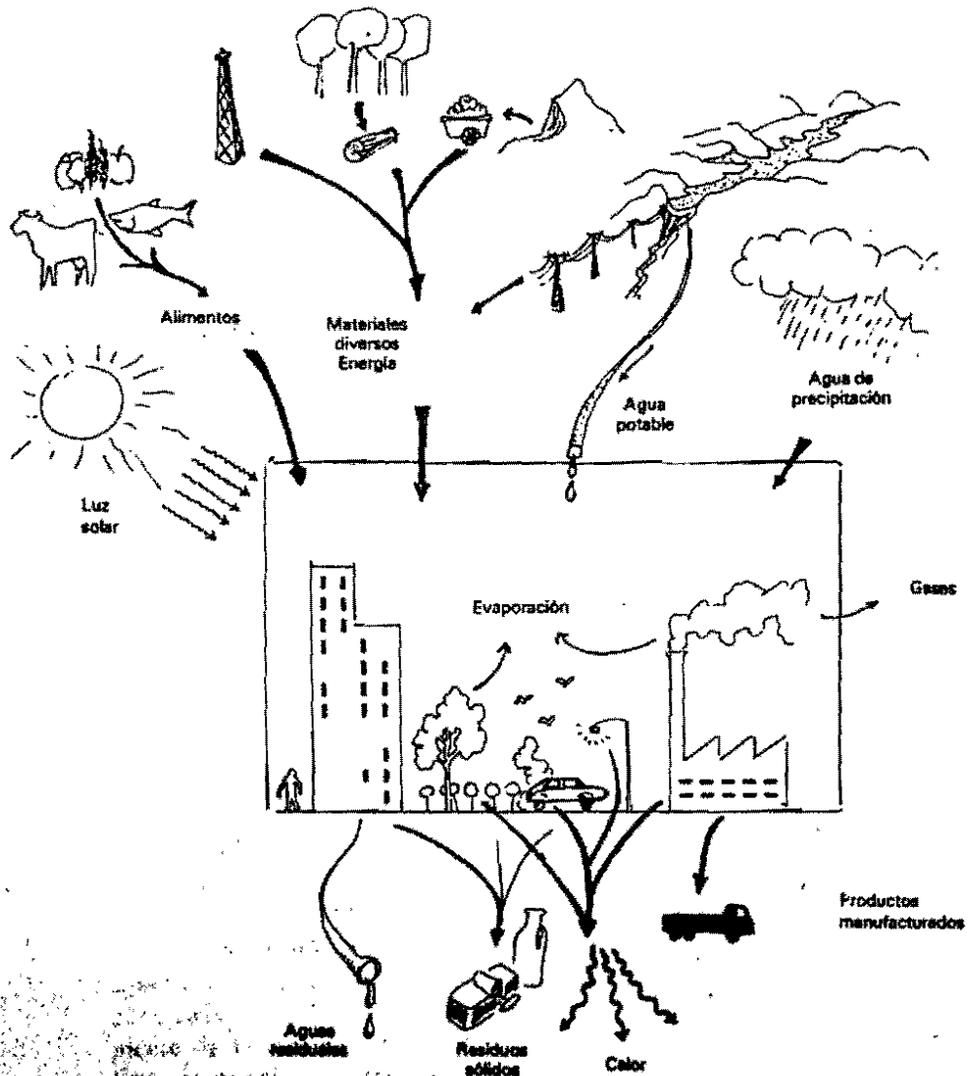
* Seres vivos característicos del medio urbano

"Las construcciones que realiza el hombre dando lugar a las ciudades, las especies vegetales que introduce como elementos ornamentales y otras profundas alteraciones que produce, son una fuente de nuevos hábitats para los seres vivos. Algunas especies animales y vegetales, como el gorrión, se ven favorecidas por las condiciones establecidas y se convierten en elementos permanentes y característicos de las ciudades".

"Se puede pues llevar a cabo estudios sobre los hábitats característicos de las ciudades, las especies que se localizan en estos hábitats, comunidades o biocenosis concretas y poblaciones de determinadas especies".

"El estudio de los hábitats concretos consistirá, entre otros aspectos, en determinar su situación, las condiciones climáticas, el grado de contaminación y su relación con el hombre. Algunos ejemplos de hábitats son las alcantarillas, los aleros de edificios, los sótanos, las torres y campanarios, los parques y jardines, interior de viviendas, paredes y muros, tejados y azoteas, calles y aceras, solares sin edificar, charcas, basureros, etc. En cada uno de ellos se pueden investigar los seres vivos que presentan, estableciendo algunas de las relaciones de dependencia que mantienen algunas poblaciones con otras, así como la influencia de los factores abióticos y de la actividad humana sobre ellas".

- . Solares abandonados
- . Charcas
- . Parques y jardines



Flujo de materia y energía relacionado con el medio urbano.

6. «¿Qué le está pasando a esta patata?» (La construcción del almidón mediante la fotosíntesis)

6.1. Contenido esquemático del tema

- a) Las relaciones existentes entre los seres vivos son muy variadas. De entre todas ellas, las más significativas son las establecidas en las *cadena tróficas*, que permiten mantener la vida y sus funciones.
- b) En estas cadenas alimentarias se distinguen dos grandes grupos de seres, según se obtengan sus alimentos (la materia y energía necesarias) fabricándolos ellos mismos, o a partir de los demás.
- c) Los seres del primer tipo se llaman *autótrofos* y son, fundamentalmente, plantas verdes. El resto de los seres, especialmente los animales, pertenecen al segundo grupo: los *heterótrofos*.
- d) Los autótrofos, a través de la acción de la clorofila (función *clorofilica*) en sus hojas, con sustancias simples como el dióxido de carbono (del aire) y el agua (del suelo) e incorporando la energía luminosa (en forma de energía de enlaces químicos), sintetizan sustancias complejas como los azúcares y el almidón, y además liberan oxígeno. Se trata de sustancias que contienen los elementos químicos indispensables —en cantidad y nivel de organización— para asegurar la provisión de materia y energía a aquellos seres.
- e) Los heterótrofos consumen estas sustancias, transformando y reorganizando sus elementos químicos y su disponibilidad energética, según sus propias necesidades biológicas. El origen de la alimentación de todos los seres vivos se encuentra, pues, en las plantas verdes.

6.2. Una propuesta didáctica

Las relaciones entre los seres vivos y su medio son competencia de una disciplina joven y enormemente vigorosa: la ecología.

Muy frecuentemente los profesores son los primeros en apasionarse por el tema, y crean un ambiente de interés y curiosidad en sus clases, del que los alumnos no sólo se contagian, sino que suelen potenciarlo.

El problema principal que plantea la enseñanza de una ecología, científica y analítica, es que los términos y conceptos con los que opera son enormemente abstractos. Margalef nos habla de *constantes regulares*, o

si se quiere, de leyes que determinan la acción de la biosfera y para ello emplean los términos «biomasa» y «bioenergía».

Llegar a poder comprender los tipos de circulación que presenta la biomasa supone antes comprender cuál es el contenido conceptual del término, y esto es una tarea intelectual compleja, costosa y lenta.

Se podrá pensar que no es necesario esperar que los niños de once y doce años entiendan tan elevados conceptos y que se puede, simplemente, mostrar un universo poblado por seres que se vinculan de formas diversas. Compartimos esta actitud sólo parcialmente. Nosotros no somos tan ingenuos para pensar que los niños puedan comprender la noción de biomasa y mucho menos la de bioenergía, pero pensamos que sí podemos estimular y preparar un campo del pensamiento infantil para que, a medida que el niño vaya incorporando nueva información y vaya desarrollando su pensamiento, consiga comprender las leyes ecológicas que aseguran un equilibrio en su entorno, en el planeta. Y esto no solamente con el deseo de que su caudal de conocimientos se enriquezca, sino, y sobre todo, con el objeto de enfrentarlo a una realidad de la que él también será responsable: sin conocer cuáles son los peligros que acechan ese equilibrio, no se podrán buscar las soluciones para conservarlo.

Ahora bien, la preparación de un sustrato conceptual sólido es la tarea que debe ocupar y preocupar al maestro de ciencias, y eso requiere cierta *diseción* entre lo que queremos que aprendan los alumnos y las carencias que presentan.

Si, como decíamos más arriba, nos proponemos preparar al niño para que alcance en el futuro una comprensión de las leyes generales de la biosfera, es necesario empezar por asegurar una adquisición cabal de los conceptos elementales contenidos en dichas leyes. Bajando al terreno de lo concreto, este es el caso, por ejemplo, de la diferenciación conceptual entre seres autótrofos y heterótrofos.

Es muy frecuente encontrar, en los manuales de ciencias naturales, una separación en el espacio (es decir, en capítulos diferentes), entre el tratamiento de la función clorofílica y el de las cadenas tróficas. En el primero de esos temas se pone especial énfasis en el intercambio de gases que tiene lugar en la planta, y en el segundo se acentúa la descripción de las características anatómicas (tipo de dientes, características del aparato digestivo, etc.) y fisiológicas de los animales adaptados a un determinado tipo de alimento: así, por ejemplo, se suele indicar que los depredadores carnívoros están provistos de unos caninos particulares, mientras que los animales herbívoros suelen tener un tipo de molares específico y diferente.

No se suele poner especial atención en el hecho de que las plantas, además de ofrecernos oxígeno, fabrican azúcares y almidones, y que cualquiera que sea la cadena trófica que estudiemos, independientemente de la morfología de los animales que la constituyen, siempre ~~se basa en~~ ~~su origen en~~ el consumo de plantas verdes, precisamente por el hecho de que las plantas son las únicas productoras de almidones.

Iniciar, pues, un examen de las relaciones entre los seres vivos desde el ámbito de la producción y transmisión de almidones permite cumplir con una doble finalidad: 1) situar al niño en el terreno de lo que ocurre en el interior de la planta, a nivel molecular, y 2) llevarle a descubrir que las relaciones alimenticias o cadenas tróficas tienen un origen común: el consumo de los almidones de las plantas.

LA CONS-
TRUCCIÓN
DEL ALMIDÓN
MEDIANTE LA
FOTOSÍNTESIS

Señalemos, además, la conveniencia de trabajar de nuevo este tema después del capítulo 5, donde se examinará la presencia y ausencia de almidón en ciertos alimentos, llegando a estudiar algunas transformaciones de los mismos.

Ahora queremos que el niño descubra cuál es el origen de los almidones, producidos por la función clorofílica y la necesaria presencia de la luz en dicha génesis.

6.2.1. *¿Cuáles son los errores que cometen los niños y por qué los cometen?*

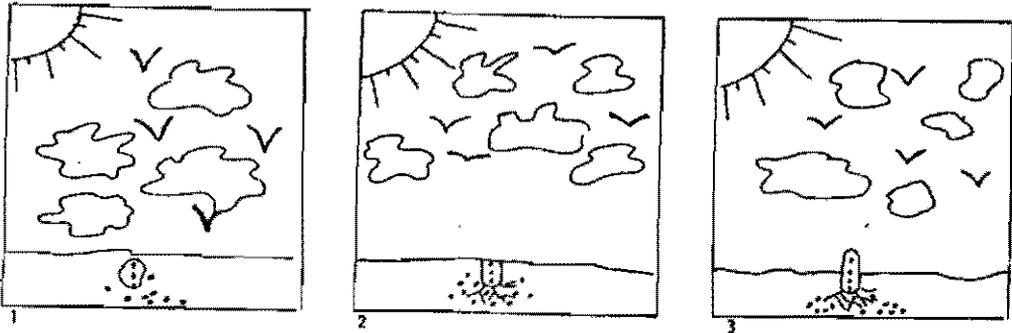
Aquellos niños que han oído hablar del tema «fotosíntesis», o lo han estudiado en alguna ocasión, suelen separar lo que supuestamente es la fotosíntesis de la nutrición de la planta. Para ellos, la fotosíntesis es algo bastante indefinido, que tiene lugar en algo llamado «clorofila» existente en las hojas, mientras que la nutrición es básicamente función de las raíces.

Por otra parte, para los niños que no han trabajado aún la función clorofílica, o que ni siquiera han oído hablar de ella, la alimentación de la planta es exclusivamente una función de las raíces, que se proveen para ello de agua y sustancias minerales sustraídas del suelo.

Si pedimos a un grupo de chicos de la primera muestra que reproduzcan en viñetas el proceso de la nutrición de la planta, encontramos diferentes tipos de respuestas que aquí hemos reducido a tres grupos.

Un tipo de respuesta frecuente y que denominamos respuesta 1 (dibujos 1.a y 1.b), consiste en prescindir totalmente de lo que les han enseñado sobre la función clorofílica. Estos niños responden de acuerdo con sus propias creencias, y sus producciones son muy parecidas a las realizadas por los que nunca han oído hablar de la fotosíntesis.

En sus dibujos y explicaciones se pone claramente de manifiesto la convicción de que la planta se nutre gracias a la sustracción del agua y sustancias minerales del suelo, interviniendo la luz únicamente como testigo.

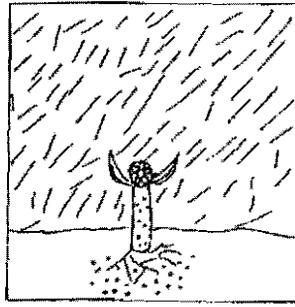


Dibujo 1.a

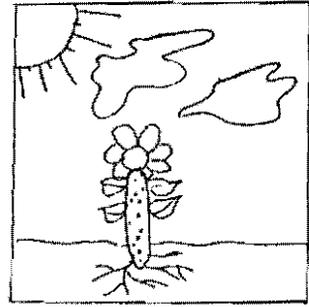
1. «En el primer dibujo vemos la semilla y cómo se alimenta por las sustancias del suelo.»
2. «En este dibujo vemos la semilla cómo se va alimentando y va saliendo.»
3. «En este otro dibujo ya se ve bien la semilla cómo se alimenta por las sustancias del suelo y ha salido.»



4



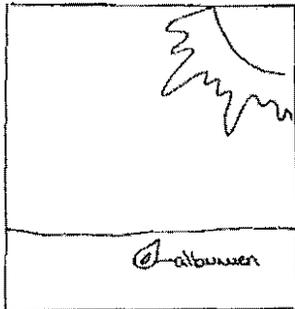
5



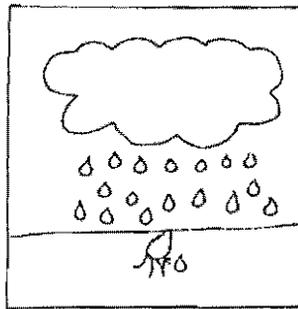
6

4. «En el cuarto dibujo se ve cómo la semilla se alimenta de la lluvia y de la sustancia del suelo.»
5. «En este dibujo se ve cómo se va reproduciendo como una planta y cómo se alimenta.»
6. «Y en el último dibujo se ve la planta y cómo se alimenta por la raíz.»

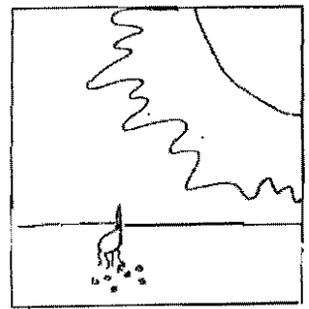
Otro tipo de respuestas lo constituyen aquellas producciones típicas de niños que han oído hablar de la fotosíntesis y que denominamos respuestas de tipo II (dibujos 2.a y 2.b). Consisten en incorporar a su creencia sobre la naturaleza de la nutrición (en la que las raíces son las únicas responsables de la misma) otros datos que han oído.



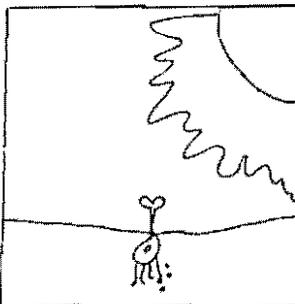
1



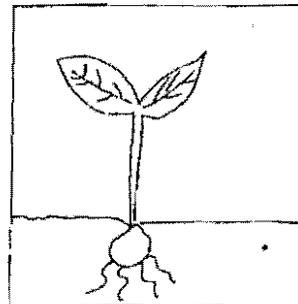
2



3



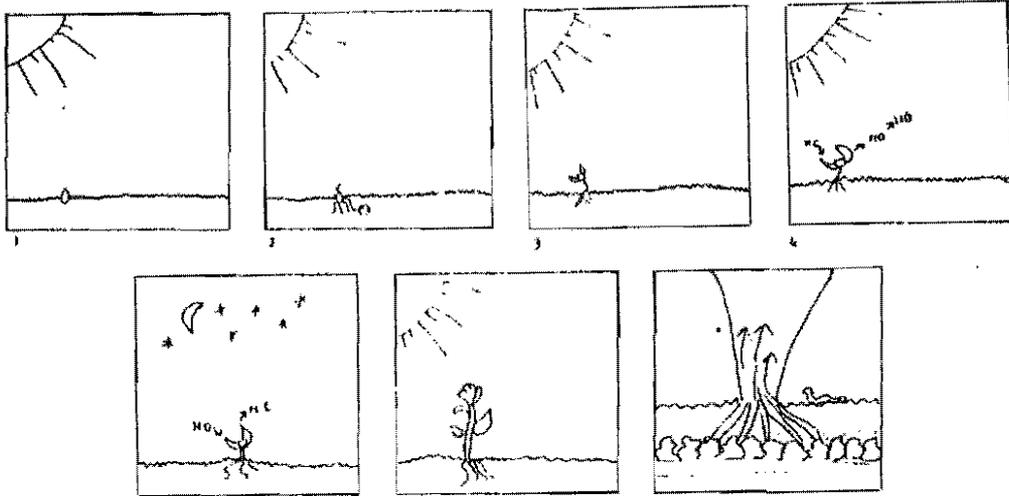
4



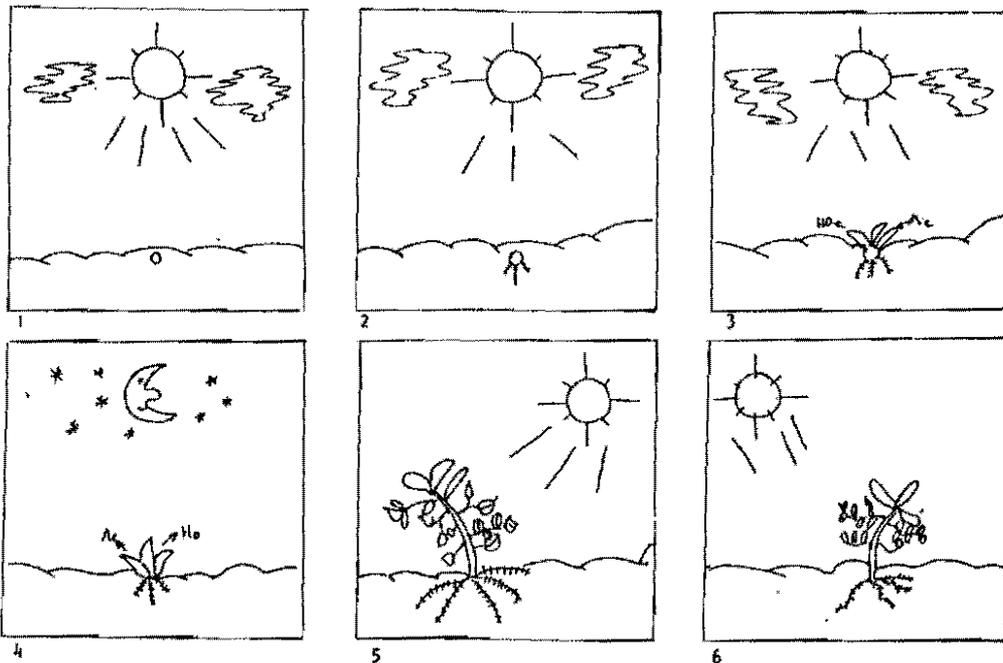
5

4 Dibujo 1.b

1. «En la semilla se encuentra el albumen con el cual se alimenta.»
2. «Cuando le sale la raíz toma el agua y los alimentos por ella.»
3. «Con el sol y el agua la semilla va creciendo y le sale el tallo y la raíz. La raíz sustrae alimentos del suelo.»
4. «Pasado un tiempo va creciendo el tallo y las hojas.»
5. «La planta crece, ya tiene las hojas, el tallo y la raíz. Con la raíz coge los alimentos del suelo y el agua.»



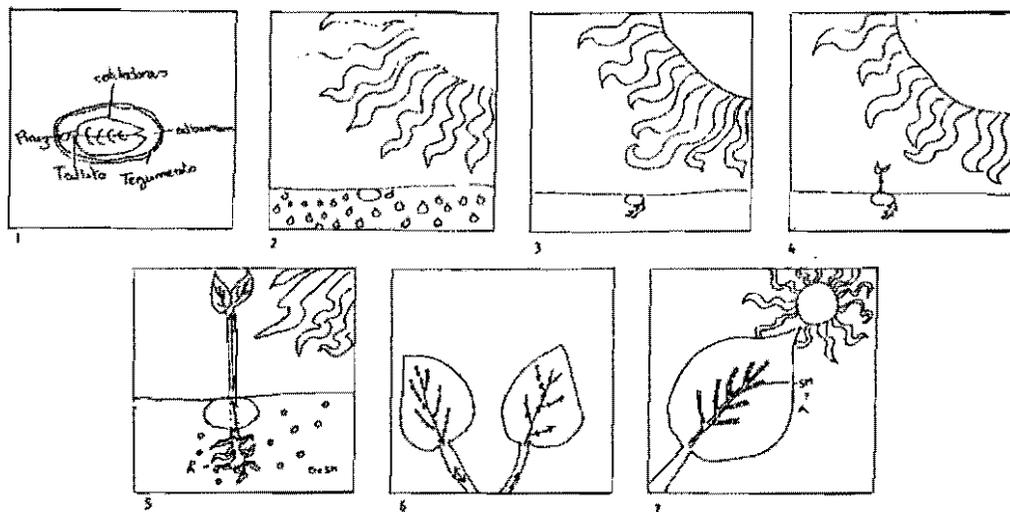
- Dibujos 2.a
1. «Aquí empieza la vida de una nueva planta.»
 2. «Las raíces surgen de la planta para absorber agua y alimento y sustancias minerales.»
 3. «La planta ha crecido y le han salido hojas gracias a las raíces.»
 4. «Cuando la planta ya es grande le han salido hojas, por el día la planta recoge anhídrido carbónico y suelta oxígeno.»
 5. «Por la noche lo hace al revés que por el día.»
 6. «La planta se ha hecho grande gracias a las raíces y al oxígeno y el anhídrido carbónico.»
 7. «Yo creo que las raíces tienen unos orificios que absorben el alimento, el agua.»



- Dibujos 2.b
1. «Aquí el embrión empieza a vivir.»
 2. «El embrión saca raicillas para absorber las sustancias minerales de la tierra.»
 3. «Cuando a la planta le han salido hojas, por el día absorbe Hc y expulsa Ho.»
 4. «Por la noche absorbe el Ho y expulsa el Hc.»
 5. «La planta absorbe el alimento por medio de unos pelillos que tiene en las raíces y por ahí chupa el alimento.»
 6. «El alimento sube por el tallo y va a parar a las ramificaciones de las hojas y así se alimenta.»

Estos no se apoyan en conocimientos reales, sino que provienen de un vago recuerdo de lo explicado por el adulto. El resultado es la incorporación a sus dibujos de una misteriosa combinación de letras, tales como «N. C» además de «H. O» y también «H. C», combinaciones tan arbitrarias como vacías de significado para el niño. Basta con preguntar qué relación tiene el oxígeno y el anhídrido carbónico con la alimentación para que se desmorone la apariencia y surja de nuevo la creencia primitiva (el alimento se saca del suelo) incluso con mayor fuerza. Aquí de nuevo la luz adopta un protagonismo de mero testigo.

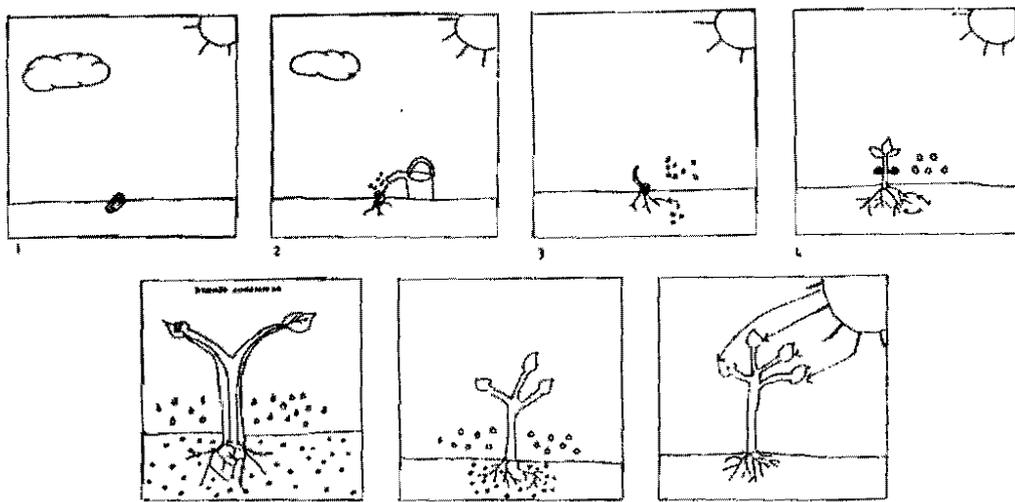
Por último, encontramos ciertas respuestas que llamamos del tipo III (dibujos 3.a y 3.b). En ellas se menciona, aunque ambigüamente, la presencia de la luz en el proceso de alimentación de las plantas. Esta referencia es imprecisa, porque estos niños no ven claro que la luz y el calor del Sol pueden dissociarse, y en algunos casos confieren al Sol una función exclusivamente calórica. De cualquier modo, en estas producciones coexisten, pero no coordinadas entre sí, la alimentación por las raíces y la acción del Sol, confiriendo a ésta un carácter indeterminado o erróneo.



Dibujo 3.a

1. «Estas son las partes de una semilla.»
2. «Para que crezca la semilla es necesario que haya mucho sol, y humedad en la tierra.»
3. «Cuando encuentra ese clima va sacando la raíz, pero mientras no lo encuentra se alimenta por el albumen.»
4. «Entonces saca el tallito.»
5. S. M. = Sustancias minerales.
A. = Agua.
«Estas sustancias llegan hasta la hoja.»
6. «Las sustancias minerales pasan hasta la hoja y se quedan allí.»
7. «El sol calienta estas sustancias y se evaporan dejando sólo lo bueno, que es el anhídrido.»

Con esta descripción de conductas no agotamos, ni mucho menos, la interpretación que los niños dan a la consigna propuesta. Sólo hemos subrayado tres tipos frecuentes de respuestas (sin detenernos excesivamente). Como ya se ha dicho, algo es común a todas ellas: la nutrición de las plantas resulta para los niños un término demasiado asociado a la alimentación animal, y ellos asimilan ésta a consumo. En



Dibujo 3.b

1. «Cuando la semilla aún no tiene raíz se alimenta de su albumen.»
2. «Con este albumen ya puede comenzar a hacerse las raíces, que le alimentarán a partir de ahora.»
3. «Estas raíces cogen el alimento del suelo y lo hacen llegar a la planta.»
4. «El agua es necesaria para que la raíz coja el alimento. El agua desbaca el alimento y la raíz lo absorbe mejor.»
5. «El alimento que absorbe la planta es transportado por la savia por toda la planta.»
6. «El alimento es lo que hace que toda la planta vaya creciendo y se haga grande.»
7. «Las hojas absorben los rayos solares y esto también lo utilizan de alimento.»

efecto, las plantas consumen agua y sales minerales, pero también «consumen» la energía de la luz del Sol. Hablar de nutrición de las plantas es plantear el problema de una forma particularmente compleja, precisamente por el carácter autótrofo de las mismas: ellas crean su propio alimento transformando el agua y el dióxido de carbono gracias a la luz.

En resumen, la mayoría de respuestas encontradas confiere a las raíces la función de la nutrición, mientras que las hojas son simples receptoras del alimento. Asimismo, en ellas, la luz no juega un papel determinado para la vida de la planta y mucho menos la creación de sus alimentos.

Finalmente, en aquellas respuestas que mencionan el intercambio de gases se percibe una interpretación equivocada en cuanto a los procesos responsables de dicho intercambio. Los niños suelen creer que el gas oxígeno se transforma —sin otro material— en anhídrido carbónico y reciprocamente. A nadie se le ocurre suponer (ni de lejos) que de la combinación de un líquido y un gas, merced a la energía de la luz, pueda producirse un sólido y otro gas.

6.2.2. ¿Cuáles son los aciertos infantiles?

De los animales suelen conocer las condiciones que les permiten alimentarse. Saben, asimismo, que las plantas necesitan agua y cierta temperatura para vivir.

Conocen también las partes de las plantas y algunas funciones de aquéllas. Entre otras, identifican la función de reproducción que ubican en la semilla.

Si han visto ya el tema 5, saben identificar la presencia del almidón y reconocer cuándo éste desaparece debido a su descomposición. Conocen, asimismo, algunos alimentos que contienen almidón y otros que no lo contienen. Pueden recordar que todos los alimentos que contienen almidón son de origen vegetal, mientras que los de origen animal no lo contienen.

6.3. Una programación adaptada a los errores y aciertos del niño

Cualquier cadena trófica tiene su origen en la producción de almidón que ocurre en las plantas verdes. Resulta fácil explicarlo, pero es muy difícil que los niños lo comprendan.

Es cierto que cuando un animal herbívoro (consumidor primario) come una planta verde, transforma el almidón en otras moléculas distintas, de manera que el almidón deja de existir como tal para convertirse en otra cosa. Naturalmente, cuando un consumidor secundario (un animal carnívoro) se come al anterior usa y recompone dichas moléculas distintas a los almidones.

Así, lo que se transmite en una cadena trófica (aparte de la energía química acumulada en la planta y de la que no vamos a ocuparnos en este tema) es la materia de que están compuestos los almidones de las plantas verdes.

Para llegar a comprender este hecho es menester, primero, comprender el origen del almidón o cuáles son los factores que permiten o impiden que la planta lo sintetice: la luz, el agua, etc.

Sólo una vez que el niño descubre que el almidón es un producto originado en la propia planta y que su producción sólo es posible si la planta recibe luz, se puede pasar a examinar de qué está compuesto el almidón y qué cosas hacen los seres vivos con sus componentes.

La elección de este enfoque a la hora de programar el aprendizaje de estas nociones viene sugerida por los conocimientos y desconocimientos de los chicos.

No excluimos, en absoluto, abordar el estudio del intercambio de gases propios de la función clorofílica. Sin embargo, queremos advertir acerca de la doble dificultad adicional que supone para el niño imaginar un gas como materia (véase el capítulo 8) y comprender las transformaciones que dan lugar a la liberación de oxígeno o al consumo de anhídrido carbónico. Aconsejamos a los profesores que se abstengan de entrar en la descripción de dichas formaciones, ya que son sumamente difíciles de comprender antes de los catorce años.

6.3.1. *Primer objetivo: Reflexionar acerca del origen del almidón y avanzar algunas hipótesis al respecto*

Si se desea examinar la producción de almidón, resultante de la función clorofílica, es imprescindible que los niños sean capaces de reconocer la presencia del mismo. Si se elige abordar el estudio de la fotosíntesis desde esta óptica, conviene que se prescinda del orden de

los capítulos de la presente obra y realice con anterioridad las actividades sugeridas en el capítulo 5. En el caso de que la clase haya abordado ya las propuestas indicadas en ese capítulo, podrá iniciar el presente tema, recordando a los chicos lo que aprendieron con anterioridad acerca del almidón. A continuación, se podrá plantear un nuevo problema, que va a convertirse en el eje del tema: ¿Cuál es el origen del almidón?

ACTIVIDAD 6.3.1.a

En esta actividad se quiere conseguir que los alumnos respondan a la siguiente pregunta central: El almidón, ¿siempre ha estado en la naturaleza o, por el contrario, se construye o produce de ella?

Interesa que aparezcan diferentes explicaciones y, para ayudar a los niños a articularlas, conviene acompañar la pregunta anterior con las siguientes:

- a) En el caso de que ellos expresen que el almidón siempre ha estado en la naturaleza, se puede preguntar: ¿Dónde está? ¿Quién lo tiene? ¿Pasa de un lugar a otro?
- b) En el caso de que digan que el almidón es producto de una construcción o una creación, se puede preguntar: ¿Qué hace falta para que se produzca? ¿Quién lo produce? ¿Dónde se fabrica?

Se pedirá a los chicos que acompañen sus explicaciones escritas con dibujos sobre lo que hace el almidón. La realización de esta tarea conlleva una serie de diferentes producciones infantiles. De entre ellas, existe una que constituye un modelo explicativo enormemente frecuente.

Esta consiste en considerar que el almidón es una sustancia que no se fabrica, sino que está siempre presente en la naturaleza. Consideran, sin embargo, que pasa de un lugar a otro. Veamos dos ejemplos de este tipo de interpretaciones.

—«¿Qué te parece, el almidón está en la naturaleza, o se hace, se construye?»

Cati: «Siempre están los almidones en la naturaleza. Por ejemplo, dentro de la patata, y en la harina. Pero antes de estar en la harina, está en el trigo...»

—«¿Cuál ha sido el proceso que ha seguido el almidón para estar en la patata?»

Cati: «Primero una semilla y de ella creció la planta.»

—«¿Había almidón en la semilla?»

Cati: «No, porque aún no la había recibido. Cuando se alimenta la planta de las sustancias que hay en la tierra, de entre estas sustancias también hay almidón.»

Según estas respuestas, el almidón siempre está en la naturaleza y la planta (la patata, en este caso) lo coge de la tierra. Esta explicación es coherente con los dibujos en que representan la nutrición de las plantas.

En ellos, los niños dejan constancia de su particular manera de imaginarse la alimentación vegetal como una transposición al interior

de la planta, del alimento que se encontraba en la tierra, mediante la «succión» por las raíces.

Es frecuente también otro tipo de explicaciones que inicialmente se inspiran en un conocimiento adquirido: la reproducción celular. Esta interpretación deformada puede evolucionar mediante un diálogo como el siguiente:

Eli: «El almidón está siempre en la naturaleza. La semilla, el arroz, por ejemplo, se pone en el suelo, y allí nace una planta. Cuando la planta va creciendo, poco a poco, dentro se va reproduciendo el almidón, y así se va formando hasta que hay mucho almidón. Luego vuelve a caer y se forma otra...»

—«¿El almidón que está en la semilla de arroz se distribuye por toda la planta hasta que crece y alcanza los arrocillos nuevos?»

Eli: «Claro... No, ¡no puede ser! Porque entonces, el arroz que has plantado se vaciaría de almidón.»

—«¿Puede ser el almidón una cosa viva?»

Eli: «No, no puede ser. El almidón está en el suelo y es el alimento que cogen las raíces. El arroz que está plantado, coge el alimento del suelo y allí hay almidón. Bueno, en realidad hay dos tipos de almidones, unos que están en el arroz que se planta y otros que están en el suelo y que se absorben por las raíces para llegar a alcanzar los arrocillos nuevos de la planta.»

El diálogo le ofrece a la niña la oportunidad de cambiar de criterio. Así, vemos las siguientes modificaciones:

- a) Inicialmente, se contradice al opinar que el almidón «siempre está» en la naturaleza. A continuación justifica su presencia, empleando un modelo explicativo surgido de la reproducción.
- b) Luego, se da cuenta de la imposibilidad de sus argumentos, puesto que no se puede suponer que una cantidad de materia contenida en un volumen x de un solo granito de arroz, pueda repartirse entre un número n de granitos de arroz iguales al primero y que contengan éstos igual cantidad que el primero. Así pues, niega su anterior argumento biológico.
- c) Finalmente, termina suponiendo que el almidón viene de la tierra y es sustraído de ella por las raíces. Este argumento no se contradice con la primera afirmación: el almidón está en la naturaleza. Esta es la idea con la que se quedará hasta realizar los aprendizajes.

Otro tipo de explicación (no tan frecuente como la anterior) es la siguiente:

Eugenia: «Yo creo que el almidón se forma de unas sustancias que la planta coge y se juntan. Al principio, la planta va cogiendo el alimento para nutrirse. Ella tiene como unas células que van creciendo. Estas células utilizan parte de la comida y la transforman en almidón, que guardan con otras sustancias que les sirven.»

—«¿El almidón: está o se crea?»

Eugenia: «Por ejemplo, en la planta de la patata, lo crea la patata; las células que hay en las raíces se encargan de hacerlo.»

—«¿Qué hace falta para que se pueda crear el almidón?»

Eugenia: «Que la planta se alimente de esas sales y que estén las células que lo puedan transformar.»

—«Nosotros (nuestro organismo), ¿podemos hacer el almidón?»

Eugenia: «No, porque no tenemos esa célula.»

He aquí una afirmación cierta. El almidón es una creación de la planta. La explicación de la niña no contiene, sin embargo, las condiciones esenciales que dan lugar al almidón. Cree que las células pueden realizar *toda* la tarea sólo con las sales minerales de la tierra. La luz ni se intuye como factor necesario en este proceso.

Ella acierta, sin embargo, al suponer una actividad biológica responsable de la construcción del almidón. Pero es incapaz de explicar cómo tiene lugar ese cambio. El término «transformar» queda así repleto de supuestos procesos que no acierta a imaginar.

Este tipo de respuestas pueden inducir a creer que esta niña no sólo conoce qué es la fotosíntesis, sino que comprende este fenómeno.

El origen de tal logro no podría venir más que de las explicaciones adultas, que según este supuesto habrían contribuido a favorecer su aprendizaje. En tanto no se demuestre lo contrario, nada impide suponer (en el caso de esta niña), que la explicación adulta haya sido un instrumento, por lo menos, tan eficaz como la exploración reflexiva que nosotros pretendemos estimular. Nada es más fácil de comprobar que el origen de las explicaciones infantiles.

En el caso de esta respuesta interesa saber si las interpretaciones de esta niña acerca del origen del almidón provenían de una explicación propia elaborada mediante sus propias convicciones, o bien si ellas se derivaban de un conocimiento previo, transmitido por el profesor. Preguntamos entonces a la niña si sabía qué era la fotosíntesis, y contestó lo siguiente:

«La función clorofílica es la acción que la planta hace para alimentarse. La planta coge la sustancia del suelo, sustancias minerales y agua, y éstas ascienden por el tallo y van a la hoja. Con el sol se calientan y se van evaporando. Se mezclan con el oxígeno y con el calor del sol, se evapora todo. La planta se queda con el anhídrido carbónico y lo convierte en sustancia buena.»

La confusión entre lo que la niña piensa y lo que escucho¹ en su clase de ciencias es patente. Esta respuesta, además es un exponente claro de la discordancia que la niña introduce entre un fenómeno (la fotosíntesis) y sus diferentes reacciones (producción de almidón y de oxígeno y consumo de dióxido de carbono).

Una vez obtenidas diferentes explicaciones, se pasará a pedir a los chicos que piensen maneras de comprobar lo que dicen.

Es frecuente encontrar que los niños que dieron respuestas del primer tipo, proponen comprobarlas demostrando la presencia o ausencia de almidón en la tierra que alberga la planta que lo contiene, como la patata o el arroz.

Si se conocen previamente el papel del yodo como indicador, sugerirán su utilización sin dificultad.

ACTIVIDAD 6.3.1.b)

Material: Solución de yodo, una planta verde, un frasco o recipiente de cristal transparente, cuentagotas.

Antes de realizar la comprobación, empleando el yodo como explorador de la hipótesis «el almidón está siempre en la naturaleza y más concretamente en la tierra, y sus cambios sólo consisten en

ocupar diferentes lugares», conviene ordenar los resultados posibles y reflexionar sobre la generalización de los datos que eventualmente se pueden obtener.

Hay que analizar las consecuencias de que el almidón esté en la tierra. Para ello, aconsejamos primero plantear un problema lógico que obligue a los niños a relacionar el «todo» (todas las tierras) y «las partes» (las tierras que albergan plantas «supuestamente almidoneras» y plantas «no almidoneras»).

Se puede incitar una reflexión, preguntando: ¿Es cierto que todas las plantas que conocéis, como por ejemplo el arroz y la patata, tienen almidón? ¿lo sacan de la tierra, ese almidón? Si lo sacan de la tierra, ¿está el almidón en todas las tierras, o sólo en las que germinaron plantas «almidoneras»?

Normalmente surgen dos tipos de respuestas. Las del primer tipo vienen a decir que probablemente el arroz, por ejemplo, sólo puede crecer si la semilla cae en una tierra rica en almidón, y si no, se muere. En las respuestas del segundo tipo, se halla la opinión de que todas las tierras tienen almidón, pero que depende del tipo de plantas que lo absorban o no. Así, el arroz es una planta que lo absorbe, mientras que la caña de azúcar, no (recordemos que en el capítulo 5 se hace la prueba del yodo con el azúcar y se comprueba la ausencia de almidón en él).

Nos damos cuenta de que, mediante estas reflexiones, se está operando con un error muy claro: el almidón, contrariamente a lo que dicen los alumnos, se origina en la planta y no es absorbido por ella. Por tanto, ninguna tierra lo contiene.

Sin embargo, la utilidad pedagógica de detenernos en este juego de posibles, que sabemos de antemano que no son ciertos, conviene y prepara la comprensión y elaboración de las experiencias que con posterioridad van a desmentirlos.

A continuación se pasará a comprobar si en efecto, la tierra contiene almidón. Para ello se saca una muestra de tierra, sin abono vegetal, de un tiesto en el que haya una planta. Se prepara una suspensión de dicha tierra en agua y se le echan unas gotas de solución de yodo, comprobándose que la suspensión no se colorea de azul.

Inmediatamente surgirán una serie de voces justificando la ausencia del almidón y abogando ahora por una nueva posibilidad:

«Hay unas tierras que tienen almidón y otras que no lo tienen. Para saber si los almidones son absorbidos por las raíces debemos buscar una tierra que albergue una planta almidonera. Por ejemplo, la tierra de la planta de la patata, allí seguro, seguro, que encontramos almidón.»

La experiencia realizada les obliga a precisar su hipótesis. Así asistimos a una nueva serie de explicaciones que tienen lugar mediante una correspondencia del tipo tierra «almidonera» es la que da origen a una planta almidonada y tierra «no almidonera» es la que da lugar a una planta no almidonera.

Naturalmente, al preguntar qué es lo que ocurre si se echa un grano de arroz o de trigo en una tierra sin almidón, los alumnos suelen contestar que entonces «no sale arroz», «no germina», «no crece». Unos pocos niños consideran posible que de la planta nueva salgan arroces sin almidón. Del mismo modo, si se pregunta qué es lo que ocurre al plantar una caña de azúcar en una tierra almidonada,

afirma que la propia planta selecciona las sustancias que le son útiles y desprecia el almidón.

La fuerza con que los niños sostienen la hipótesis de la transmisión del almidón de la tierra a la planta es fruto de un montaje intelectual perfectamente equilibrado. El único problema es que es falso, y sólo una contrastación con la realidad presentada de manera comprensible y convincente les hará descubrir dicha falsedad, creando la necesidad de buscar nuevas explicaciones.

ACTIVIDAD 6.3.1.c

Material: Solución de yodo, una planta verde, un vaso corriente, un recipiente para calentar agua, un hornillo de butano, alcohol común.

La actividad anterior llevará a los chicos a adoptar una serie de opiniones que, sostenidas sobre una correspondencia («planta-almidonera proviene de tierra almidonada»), hacen posible el argumento de la transmisión del almidón de un lugar a otro.

Al terminar la actividad 6.3.1.a es frecuente encontrar diferentes interpretaciones a la lectura de la experiencia. Hay que contar con que un grupo de niños ya desde el inicio rechaza que el origen del almidón esté en el suelo, y es posible que ese grupo atribuya dicho origen a una acción biológica, seguramente indeterminada y vaga, pero ubicada en la propia planta. Ese grupo, cuando se realiza la experiencia anterior, argumenta sus hipótesis con mayor fuerza.

Es probable que entonces tenga lugar una discusión entre niños en la que se encuentren dos concepciones diferentes sobre el origen del almidón. En este contexto es frecuente que alguno no participe de las hipótesis «el almidón está en el suelo y se transmite a la planta», y entonces intente romper tal relación. En la discusión puede entonces formularse preguntas pertinentes como la siguiente:

Eva: «Un momento. Esa planta (señalando la misma planta de la que se termina de explorar una muestra de tierra), ¿tiene almidón?»

Cuando ello ocurre puede tener lugar un diálogo como el siguiente:

Eli: «Claro, si no tiene almidón (la planta) es porque la tierra no tiene almidón».

Eva: «No es por eso. Mira, si plantamos tomates en una tierra con almidón, los tomates no tienen almidón».

Eli: «Puede ser que esa planta no quiera almidón, porque no lo necesita.»

Eva: «Y si esta planta (la empleada en la experiencia) sí tiene almidón, entonces ¿qué?».

Eli: (No contesta).

Eva: «Eli, no ves que si yo digo que si la planta lo fabrica, entonces sí que puede ser que la planta tenga almidón y la tierra no. Lo que yo te digo es que las células que están en la raíz sí que lo pueden hacer. Entonces, da igual en el tipo de tierra que la plantes.»

Este diálogo ilustra dos concepciones que es imprescindible se expresen claramente antes de pasar a constatar la presencia de almidón en las hojas de nuestra planta.

En efecto, todos los elementos que intervienen en la explicación de

la transmisión del almidón se anulan cuando se explora una hoja de cualquier planta.

La experiencia se realiza como sigue:

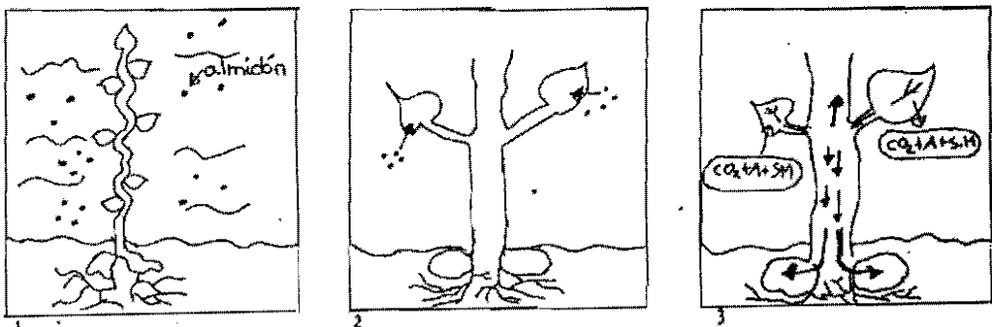
Se pone a calentar un bote lleno de agua y se prepara, aparte, en un vaso común, una mezcla de agua y alcohol, en la que se pone una hoja de la planta, colocándolo todo al baño maría en el recipiente que está en el fuego. Al poco rato se observa que la clorofila se separa de la hoja. A los cinco minutos se saca la hoja y se pone en una solución de yodo. Al instante se colorea fuertemente de azul.

Ante los resultados obtenidos podrá pensarse que los chicos, de inmediato, rechazarán las ideas erróneas para adoptar una actitud exploratoria nueva. Esto es verdad sólo en parte. Los niños que creían que el almidón estaba en la tierra, después de descubrir que hay «plantas con almidón» (y que la tierra que las alberga no lo tiene) van a dejar de pensar que el almidón pasa de la tierra a la planta. Pero van a continuar empleando, durante cierto tiempo, un esquema de transmisión: «¡Muy bien!», dirán, «pues si el almidón no está en la tierra, entonces debe ser que está en el agua o en el aire, y la planta lo absorbe».

ACTIVIDAD 6.3.1.d

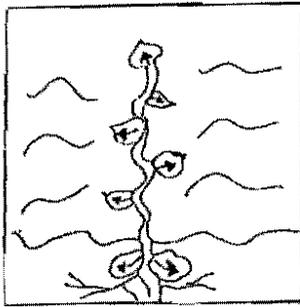
Material: Solución de yodo.

Se tratará de desmentir el esquema de transmisión del almidón, desde el exterior al interior de la planta, explorando, mediante la disolución del yodo, diferentes tierras, el agua y el aire. Si es cierto que el aire de una planta «almidonada» puede contener almidón y transmitirlo a la planta, entonces el contacto de dicho aire con una solución de yodo debería colorearlo de azul. Lo mismo ocurre con el agua. Ninguna de estas experiencias da los resultados esperados por los alumnos, naturalmente (dibujo 4.a).

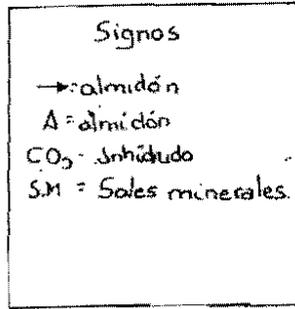


Dibujo 4.a

1. «El almidón está en el aire.»
2. «Entra a la planta por las hojas.»
3. «Se mezcla con el anhídrido carbónico y las sales minerales, todo esto mediante la savia se distribuye por la planta.»
4. «El almidón se queda en las hojas y en las patatas.»



4



5

Una vez llegados a este punto, conviene informar a los niños de que todas las plantas verdes contienen almidón en sus hojas. Sería imposible que ellos pudieran constatar tal afirmación, aunque pueden proceder libremente en tal constatación. Por otra parte, nos interesa avanzar en el aprendizaje y éste no sería un camino muy fecundo.

Informados de que el almidón está en todas las hojas y sabiendo, como saben, que también está en algunos frutos o tubérculos y en todas las semillas, se planteará un nuevo problema: ¿Cómo y de dónde llegó el almidón a la hoja, a la patata o al arroz?

ACTIVIDAD 6.3.1.e

Material: Patata brotada, solución de yodo, cuentagotas, cuchilla fina.

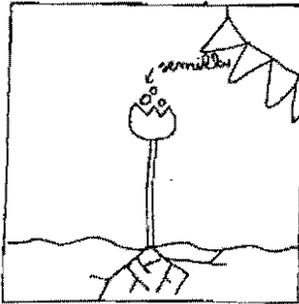
Abandonadas por la mayor parte de los niños las hipótesis de la transmisión del almidón desde el exterior (desde la tierra, el aire o el agua) al interior de la planta, no es raro encontrar respuestas parecidas a las anteriores cuando se plantea un nuevo problema: ¿Cuál es el proceso que realiza el almidón para estar en las hojas y en la patata o en las semillas del arroz?

De nuevo volverán las explicaciones sobre la difusión del almidón, pero no ya desde el exterior, sino desde el interior de la propia planta, desde la semilla hacia las hojas (véase el dibujo 4b)¹. Tanto para este tipo de explicaciones como para las más certeras (que indican una responsabilidad biológica de la planta en la producción de almidón, aunque se equivoquen en la ubicación del lugar donde dicha fabricación se produce, tal como se ve en el dibujo 4c), vale la experiencia que vamos a describir a continuación.

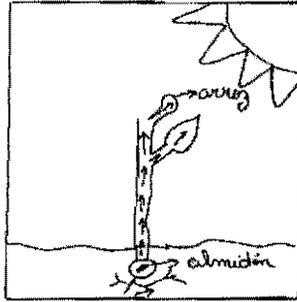
Se deberá recordar a los niños que se está intentando descubrir el camino que recorre el almidón en la planta para determinar si ésta fabrica almidón nuevo o si tan sólo aprovecha y distribuye el almidón de reserva contenido en la semilla o tubérculo germinal.

Si es verdad que el almidón de una patata plantada en el suelo sale de ella y se distribuye por las hojas de la nueva planta, deberíamos

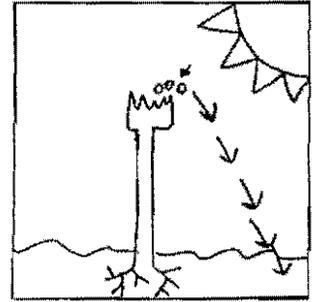
¹ Conviene aclarar que, en realidad, lo que pasa desde la hoja hacia todo el resto de la planta son los productos (compuestos químicos) que se originan gracias a la fotosíntesis, y por tanto, gracias a la energía de la luz. En la hoja, el almidón se disuelve y se convierte en glucosa, para alcanzar desde allí la totalidad de la planta. En el caso de la patata, cuando llega al tubérculo cristaliza y se vuelve a recomponer en almidón.



1



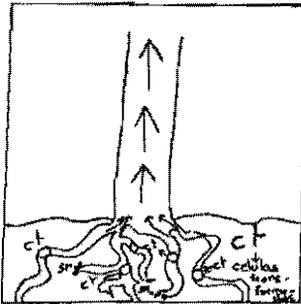
2



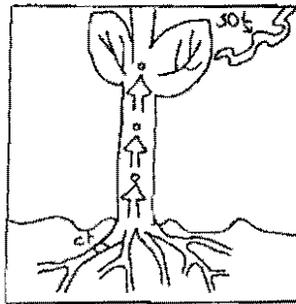
3

Dibujo 4.b

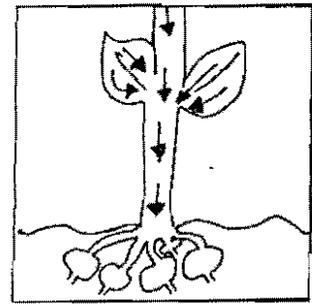
1. «Las semillas caen al suelo.»
2. «El almidón de las semillas sube al arroz y a las hojas.»
3. «Vuelve a pasar lo mismo.»



1



2



3

Dibujo 4.c

1. «La planta coge S. M. y éstas pasan por las raíces, las C. T. la transforman en almidón...»
2. «Y suben por el tallo. La planta se alimenta de almidón.»
3. «Lo que sobra a la planta lo vuelve a dejar en las raíces y las raíces se hinchan formando la patata.»

poder encontrar mucho almidón en los brotes (los grillos) que la patata saca al convertirse en nueva planta, y, sin embargo, pasa todo lo contrario.

Antes de realizar esta experiencia conviene pedir que reflexionen sobre los cambios que experimenta una patata grillada.

Estas reflexiones tienen por objeto que los niños, partiendo de la observación de un tubérculo con brotes (que previamente habíamos dejado unos días en un lugar oscuro) imaginen en qué se convertirán dichos brotes.

—«¿Qué le ha pasado a esta patata (se muestra una patata grillada) que traigo de mi casa y que ha estado muchos días sin darle la luz?»

Viola: «Que está arrugada.»

Eva: «Le están saliendo tallos.»

Eli: «Está blanda.»

—«¿Os acordáis de qué había en la patata?»

Viola: «Almidón.»

—«¿Cómo era antes de que salieran los tallitos?»

Eli: «Dura.»

Viola: «Sin tallitos.»

—«Y la materia de los tallitos, ¿dónde estaba?»

Viola: «Dentro de la patata, y ahora se arruga porque esa materia la pone en los brotes.»

—«¿Qué van a ser esos brotes en el futuro?»

Eli: «Una nueva planta de patata.»

Viola: «Se va a convertir en una nueva patata.»

Eli: «Primero salen los tallos.»

Eva: «Y del tallo nacerán las hojas.»

—«Y el almidón de la patata (señalando el tubérculo) irá a alguna parte?»

Eli: «Al tallo.»

Viola: «Y del tallo a las nuevas hojas.» (El resto de los niños asiente.)

Viola: «Yo diría que aquí (señala los brotes) está el almidón y aquí (la patata) ya no hay tanto.»

—«¿Podríamos comprobar lo que dices?»

Viola: «Sí, cortando y poniendo un poco de solución de yodo en el brote y en la patata.»

Se procede a la realización de la experiencia.

Se corta una patata grillada, teniendo mucho cuidado de cortar un brote por la mitad a lo largo juntamente con el tubérculo. A continuación se aplica una solución de yodo en la superficie de la patata y del brote y se observa cómo éste se tiñe muy poco y sólo por las zonas más próximas a la patata, mientras que por las zonas exteriores y más superficiales no se tiñe en absoluto.

Viola: (Sorprendida ante los resultados de la experiencia.) «Yo diría que pasaba al revés. Debió pasar de otra manera. No sale mucho almidón por el tallo nuevo. El almidón de esta patata a lo mejor vino de las hojas de la planta donde ella estaba antes.»

—«¿Qué pasó?»

Viola: «El almidón vino de las hojas.»

—«Ahora cuando les salgan hojas a los nuevos brotes, ¿habría almidón en esas hojas?»

Viola: «Sí.»

—«¿Pero será el mismo almidón que hay en esta patata, o será otro diferente?»

Viola: «Otro.»

Finalizadas estas actividades, algunos niños suelen comprender que la producción de almidón tiene lugar en las hojas. Estas experiencias se pueden completar con la exploración de las raíces de una patata. Así, aquellos que mantenían la hipótesis de que el almidón tenía su origen en las raíces (véase el dibujo 4c) verán desmentidas sus expectativas.

6.3.2. Segundo objetivo: Que se comprenda que la producción de almidón es posible a condición de que la planta reciba luz

A lo largo de las actividades mencionadas más arriba, el sol ha estado presente en las explicaciones infantiles desde el principio, y lo ha estado como condición esencial para la vida de la planta. Así se ve en los dibujos y también en las discusiones y aprendizajes.

Los niños suelen considerar, sin embargo, como función básica del sol, en la vida de la planta, su calor, mientras que la luz es algo que no tiene entidad propia, permaneciendo en su imaginación asociada al calor.

Este error les suele llevar a pensar que sin calor, las plantas mueren, pero que sin luz, lo máximo que les pasa es que se ponen un

poco blancas. Conviene, antes de meterse en más complejas andaduras, abordar el tema de la luz y el calor del sol y su eventual acción sobre las plantas.

ACTIVIDAD 6.3.2.a

Material: Dos cajas de zapatos o similar, una planta germinada, una planta verde.

Plantaremos a los niños situaciones que les obliguen a diferenciar la luz del calor. Así, por ejemplo, proponemos que digan lugares muy luminosos y poco cálidos, o bien momentos del día menos luminosos y muy calurosos, etc.

Una vez conseguimos que diferencien la luz del calor mediante algunos ejemplos, planteamos la cuestión de si la luz, independientemente del calor, tiene algo que ver en la vida de la planta. Las respuestas erróneas no se harán esperar, ya que la situación más arriba mencionada no impide que muchos niños perseveren en considerar como condiciones necesarias y suficientes para asegurar la vida de la planta que obtenga agua y calor. He aquí algunos ejemplos:

7 Eli: «He oído que las plantas necesitan calor, luz, aire y agua; pero sé que lo de la luz no es verdad porque por la noche nos se mueren y, además, que para hacer los Bonsais los ponen en un cuarto oscuro durante varias semanas y tampoco se mueren».

Viola: «Un momento, las plantas se mueven. Si pones una planta en un lugar oscuro se va girando hacia un lugar con más luz.»

Eva: «Yo pienso que las plantas primero buscan la luz para localizar el calor. En la luz hay calor. Como son más sensibles a la luz, cuando la localizan, de ella cogen el calor que es lo que realmente les interesa».

Ante estas afirmaciones conviene pedir que intenten alguna experiencia que demuestre si lo que buscan realmente las plantas es la luz o es el calor.

Una experiencia conocida que nos parece interesante es la siguiente: consiste en montar una caja larga, a la que se pondrá un tabique, dejando abierto el otro extremo, que deberá enfocarse a una ventana de modo que le de la luz y no el sol. En un extremo de la caja cerrada por el tabique se coloca una patata germinada. Al poco tiempo se ve cómo el crecimiento de la planta es en dirección a la luz, en virtud del fototropismo.

Simultáneamente, para que esta experiencia tenga un valor demostrativo, se podría realizar un dispositivo igual al descrito, pero en lugar de orientar la abertura de la caja hacia la luz, orientarla hacia una fuente de calor no luminoso: un radiador o estufa, por ejemplo. Se verá que ambas plantas, aun gozando de las mismas condiciones, no se comportan igual.

Asimismo, podemos realizar una experiencia con dos plantas iguales, que deberán mantenerse a los mismos niveles de humedad y temperatura, pero una de ellas expuesta a la luz y la otra no. Esta última morirá. Conviene guardar esta planta seca para la eventual realización de la experiencia sugerida en la actividad 6.3.2.c.

ACTIVIDAD 6.3.2.b

Material: Una planta viva con una hoja tapada durante cinco días por lo menos con papel de aluminio. El resto de material, el mencionado en la actividad 6.3.1.c.

Una vez que los niños aceptan que la luz juega un papel fundamental en la vida y crecimiento de la planta, podemos pasar a preguntar si ésta interviene o no en la producción de almidón.

Algunos niños afirmarán y otros negarán. Después de proponer que piensen formas de comprobar sus opiniones, probablemente sugieran entre otras la experiencia siguiente:

Se sigue el mismo procedimiento de la actividad 6.3.1.c, pero sustituyendo la hoja no tapada por otra previamente tapada durante un tiempo. Se procederá a la separación de la clorofila, y a continuación se sumergirá la hoja en una solución de agua y yodo. El efecto es muy espectacular, pues no se colorea de azul.

Incluso a los niños que supuestamente esperaban este efecto, los resultados les sorprenden y ello estimula la búsqueda de explicaciones mejores que las que tenían antes de la experiencia. Veamos un ejemplo:

Eva: «Esto demuestra que sin luz no hay almidón.»

Eli: «Pero no creo que la luz traiga el almidón, porque si pusiéramos yodo alrededor de esta hoja, el aire y la luz no se teñiría.»

Viola: «Es que aquí se ve que el almidón se fabrica en la hoja. Una cosa: podría ser que estos puntitos azules (se refiere a unos pocos restos, insignificantes, de almidón) sean de antes de tapar la hoja. Una vez tapada ya no se hace más, pero se conserva durante un tiempo los que había hecho.»

La consideración de sustancia de reserva está clara en esta explicación y justifica el hecho de que se halle cierta cantidad de almidón.

ACTIVIDAD 6.3.2.c

Material: Planta muerta de la actividad 6.3.2.a.

Podría haber alguien que pensara que, al tapar la hoja, la ausencia de la luz inhibe la entrada de los almidones que albergan las células de las raíces. Se trataría de una interpretación regresiva y que se inspiraría de nuevo en un esquema conceptual basado en la «transmisión» del almidón. Esto puede ocurrir. En tal caso conviene recordar las experiencias realizadas con los brotes de la patata y con las raíces de la misma.

Para terminar, podría preguntarse a estos niños siguiendo el hilo de su argumentación, si se produce mayor acumulación de almidones en las raíces de las plantas carentes de luz y, por tanto, muertas, que en las raíces de las plantas vivas que, según esta idea, por el hecho de estarlo deberían contener menos almidón, ya que su distribución por las hojas menguaría la cantidad original.

Una vez formulada esta hipótesis se puede proceder a su verificación, donde se demostrará de nuevo que la transmisión no tiene lugar.

6.2.3. *Tercer objetivo: Relacionar la producción de almidones de las plantas verdes y las cadenas tróficas*

Una vez que han conseguido descubrir que los almidones son un producto de las hojas de las plantas verdes y que ningún otro organismo es capaz de elaborarlos, se puede explicar que están compuestos por diferentes elementos indispensables para la alimentación de todos los animales. A continuación, el profesor podrá exponer una cadena trófica, y se puede esperar que los niños comprendan cómo circulan los componentes del almidón desde las plantas verdes hasta el último animal de la cadena. En esta etapa de EGB no es necesario ni conveniente entrar en consideraciones bioquímicas ni bioenergéticas más complejas.

En la elaboración de este documento de trabajo
colaboraron los siguientes profesores:

Especialistas del área de Ciencias Naturales:

Faustino Beltrán (Química)

Noemí Fernández de Bocalandro (C. Biológicas)

Juan Lorenzo Botto (C. Biológicas)

Jorge Alberto Rubinstein (Física)

Diseño y Procesamiento Didáctico:

Adriana Haurie (C. de la Educación)

Impreso en el Servicio de Reprografía del
Centro de Documentación e Información Educa
tiva de la Dirección Nacional de Informaca
ción, Difusión, Estadística y Tecnología
Educativa. Ministerio de Educación y Justi
cia de la Nación. Edición: 200 ejemplares.
Noviembre 1988.