Hacia un nuevo rol docente

Una propuesta diferente para el trabajo en el aula

LYDIA GALAGOVSKY KURMAN

TROQVEL
Educación

EDITORIAL
TROQVEL

© by Editorial Troquel S.A.
Pichincha 967 Capital Federal
Tel. 941-7943
(1219) Buenos Aires, Argentina

Primera Edición, enero de 1993

ISBN 950-16-3061-7

Printed in Argentina - Impreso en Argentina

Queda hecho el depósito que establece
la ley 11.723

Director de colección: Ignacio Hernaiz
Diseño de tapa: Mariela Szejnblum

Todos los derechos reservados.
No puede reproducirse ninguna parte
de este libro por ningún medio
electrónico o mecánico, incluyendo
fotodopiado, grabado, xerografiado
o cualquier almacenaje de información
o sistema de recuperación sin permiso
escrito del editor.

LYDIA GALAGOVSKY KURMAN

Hacia un nuevo rol docente

Una propuesta diferente para el trabajo en el aula

TROQVEL
educación

A David y a nuestros dulces hijos Daiana y Gabriel, hermosos representantes de la juventud del año 2000.

Agradezco especialmente a Cecilia Kleiban, Anita Leventer, Claudia Galagovsky y Guillermo Spector por brindarme su afecto y estímulos permanentemente.

A los que siempre confiaron en mi capacidad y me brindaron soporte económico y laboral: Dr. David Kurman y Dr. Eduardo Gros.

A mis alumnos, a partir de quienes pude aprender muchísimo.

A mis colegas con quienes preparamos los ejemplos: Dra. Mónica Deluca (el de Química), y Dra. Nora Maidana y Lic. Carmen Alonso (el de Biología).

A la Lic. Claudia Galagovsky por sus excelentes comentarios y la revisión de los originales.

Y un recuerdo especial en honor a la honradez y bondad de Naum Kurman, quien estará por siempre en mi memoria.

INTRODUCCION

Este libro es el resultado de un trabajo de investigación aplicado al campo de la didáctica. La metodología que he empleado es propia de un trabajo de investigación científica en el área de Ciencias Exactas, que es el origen de mi formación. Es decir, frente al desafío de formar a futuros profesores elaboré hipótesis acerca de cómo arribar a los objetivos esperados sometidos a experimentación, observé resultados, hice inferencias, retroalimenté mis hipótesis con nuevas experiencias y llegué a conclusiones.

Mi hipótesis básica postula la existencia de variables fundamentales a tener en cuenta durante el trabajo que se realiza en la clase, de tal forma que, si son comprendidas por el docente y aplicadas correctamente se logran en los alumnos los resultados de aprendizaje, creatividad y originalidad planificados.

La experimentación la realicé durante el desarrollo de mi materia Didáctica Especial y Práctica de la Enseñanza (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA), así como durante los cursos-taller dictados en el marco del Programa "La Universidad de Bs. As. y los Profesores Secundarios"; en "Compartir: Centro de Formación y Actualización para Educadores", etc.

La confirmación de mis hipótesis se evaluó midiendo el nivel de aprendizaje significativo, entusiasmo, motivación y compromiso con lo aprendido que lograron mis profesores-alumnos; y que, a su vez, se tradujo en la forma en que ellos pudieron modificar sus propuestas didácticas, en beneficio de sus alumnos y propio.

El hecho de que muchos profesores provenientes de otras áreas diferentes a las de Ciencias Exactas y Naturales pudieran efectivizar igualmente los objetivos propuestos a partir de mis talleres, me estimuló a comunicar a la población de profesionales de la educación mis conclusiones.

El desafío que me propone este texto es, entonces, ser capaz de comunicar dichas variables del proceso enseñanza-aprendizaje en una forma sistemática, conceptualmente ordenada y con un lenguaje simple y preciso.

Espero que este libro sea de gran utilidad para la comunidad educativa.

La estructura del libro es la siguiente:

- Un capítulo de *presentación de herramientas metodológicas*, donde se describen las variables del proceso enseñanza-aprendizaje que, en general, no se tienen en cuenta en el desarrollo de las clases y que considero fundamentales.
- Un capítulo de *digestión metodológica*, donde se muestra cómo utilizar las variables metodológicas presentadas en el primer capítulo, aplicándolas a temas de Física, Química y Biología.
- Y un capítulo de *información* donde se presenta el contenido teórico de los temas elegidos como ejemplo.

El contenido de este libro podría interpretarse, entonces, como una tecnología para la clase presencial, es decir, como un verdadero "know how", ya que al conocer y aplicar sistemáticamente y con método científico las variables aquí expuestas, se llega a excelentes y reproducibles resultados en el aprendizaje de los alumnos. Dichas variables tienen su fundamento en más de una teoría de aprendizaje.

La historia del conocimiento humano está llena de ejemplos de esta clase de procedimiento que incluye aplicaciones tecnológicas aunque las relaciones profundas entre las causas y los efectos no se conozcan totalmente: los hermanos Wright volaron mucho antes de ser enunciada la teoría de la aerodinamia, y el cáncer se trata con drogas que funcionan bien aunque no existe un acabado conocimiento teórico de los procesos subyacentes.

Los saberes en educación pasaron de ser un misterio a un arte y, ahora, como una suerte de evolución de un sistema que tiene 100 años, tienden a convertirse en una tecnología. La frase "tecnología educacional" tiene dos significados: *tecnología EN educación, y tecnología DE la educación.* El primero tiene que ver con el incremento y la utilización de equipos y el segundo con el mejoramiento de la efectividad en el aprendizaje.

Pareciera que la tendencia es confundir ambas nociones, o, mejor dicho, desdibujar la segunda subordinándola a la primera, cuando, en realidad, el concepto más abarcativo es el de tecnología DE la educación.

Sin duda muchos docentes se darán cuenta de que en sus clases efectivamente utilizan muchos de los recursos que yo aquí expongo. Podemos considerar, entonces, que esta tecnología que presento es un método para conceptualizar, contextualizar en marcos teóricos y organizar la experiencia subjetiva, para poder utilizarla sistemáticamente.

Afortunadamente, esta tecnología no requiere ningún presupuesto adicional para su implementación, sólo que tengamos ganas de aplicarla.

Las variables del proceso enseñanza-aprendizaje que presento como valiosos recursos para aplicar en la clase, surgen a partir de distintas teorías de aprendizaje: neoconductistas, constructivistas y cognitivas, reorganizadas en una propuesta original, a partir de mi visión particular sobre la esencia del proceso de aprender.

De cada modelo teórico explicativo se deduce un modelo didáctico particular. Cuanto mejor comprendamos el proceso de aprendizaje, tanta más conciencia y elementos tendremos para reglar la actividad educativa. Desde esta perspectiva, me considero enrolada en las filas del constructivismo; sin embargo, creo que cada teoría aporta material original y esclarecedor que debe aprovecharse. Vale, en este punto, una aclaración: antes de comprender la esencia de las teorías de aprendizaje, la calidad de mi forma de enseñar era muy pobre, en el sentido de que no podía manejar variables de aprendizaje porque las desconocía, y el azar, la prueba y error y la apreciación subjetiva no me permitían sistematizar un "cómo enseñar eficientemente".

Es mi deseo aportar desde este libro un camino práctico que evite al docente aprender a enseñar a costa de equivocarse con sus alumnos, hecho angustiante para ambas partes; y que, por renovarse los alumnos años tras año, no permite una verdadera evaluación y retroalimentación de lo actuado.

CAPITULO I

HERRAMIENTAS METODOLOGICAS

¿QUÉ VAMOS A ENSEÑAR?

Cuando un docente se hace cargo de un grado, un curso o una división lo asaltan un sinnúmero de interrogantes: ¿qué voy a enseñar, cómo voy a enseñar, cómo evaluar si aprendieron, cómo calificarlos, qué hacer con la disciplina, cómo calificar al que no aprende o a quien se porte mal?

"Por suerte" lo primero que encuentra es un programa analítico (el currículo), que sin duda lo tranquilizará. Sumergido en la interminable secuencia de conceptos, sus preguntas se reducirán a: ¿cómo voy a hacer para enseñar *todo esto*?

La lista de contenidos a enseñar es tranquilizadora: ahora es sólo cuestión de buscar material informativo. Como en un globo de historieta, surge en su mente la imagen de un aula repleta de alumnos tomando nota muy interesados en lo que el docente dice, con silencio total, orden absoluto, levantando la mano para preguntar y pidiendo permiso para salir... ¡La clase perfecta!... Bastará buscar mucho material para tenerlos ocupados copiando. Y estudiarlo antes, para eludir ese escalofrío en la espalda que puede sobrevenir frente a una pregunta impensada.

Pero la realidad a la hora de ponerse frente a la clase es muy distinta. ¿Por qué? Quizás porque "los alumnos de ahora no son como los de antes", son más indisciplinados, inquietos, insolentes, indolentes, carentes de motivación para aprender hechos y verdades.

Es un hecho reconocido por la mayoría de los docentes que los "alumnos cada vez vienen peor", no quieren ni les interesa estudiar.

Cierto también es, por otro lado, que nuestro mundo ya no es el de antes. En el término de quince años ha cambiado todo tanto que en un libro no se podría resumir. Pero hay dos variables que me parece importante destacar: MEDIOS DE INFORMACION Y POLUCION MENTAL.

MEDIOS DE INFORMACIÓN

De la clase modelo a los modelos de clase

El increíble desarrollo de la informática, que acaba de despuntar, resulta en su aspecto negativo en una polución mental: los seres humanos recibimos una brutal cantidad de información que nos bombardea diariamente. Información veraz, tendenciosa, publicitaria, cruel, subliminal, antagónica, desvalorizante, necesaria, instructiva, inútil, etc., etc., además de que podemos alquilar un arsenal de imaginación ajena en videos, dibujitos animados, películas, series y novelas de T.V., todo un mágico mundo prestado al que accedemos cómodamente sentados en el living; y hasta aprendemos a tener sentimientos vivos sobre la fantasía que vemos y escuchamos, comentar sobre ellos e intercambiar información con los familiares, vecinos y amigos. Tenemos de qué hablar al recordar parte de esa información y nuestras cabezas están tan llenas de comentarios de "gente importante", que hasta hablamos a través de pensamientos que no nos pertenecen.

El humilde y simple maestro de clase, mal puede competir con los medios masivos de transmisión de información, con su despliegue de colores y sonidos deslumbrantes.

Si pensamos que detrás de una hora de película hay un equipo de profesionales creativos, actores y técnicos cuyo objetivo es captar la atención de la audiencia y transmitir (o no) algún mensaje, amalgamado todo en una empresa de costos y beneficios millonarios, advertiremos lo poco preparado que está el maestro de escuela para competir en ese mismo *modelo sedentario* en el cual *el alumno debe recibir pasivamente los aprendizajes que el docente le querrá enseñar.*

> *En la competencia por transmitir información desde un emisor activo hasta un receptor pasivo, el maestro y el profesor de escuela llevan la última posición, y con pocas posibilidades de un reconocimiento por su labor.*

La escuela, en realidad, debería ser un espacio diferente, de aprendizaje activo, un lugar donde los alumnos se "descontaminen" de la polución mental; y, mejor aún, donde se preparen con recursos valiosos para hacer frente a los niveles de polución mental que vendrán. Pero... ¿cómo hacerlo?

Un primer paso es *cambiar el modelo educativo.*

El alumno debe ser más protagonista de su propio camino de aprendizaje, de su propia capacidad de imaginar. Un modelo de clase donde los alumnos descubran verdades, que aunque archiconocidas para el maestro serán nuevas para ellos; un modelo de clase donde la imaginación no tenga límites, y donde habrá que buscar la forma de comunicarla a los compañeros, discutirla, compartirla y disfrutarla; un modelo de clase creativa y participativa, donde el objeto de conocimiento se construya activamente en la mente de los alumnos, y no pretenda estampárselos en sus cabezas con la forma ya definitiva, compite avasalladoramente contra el modelo sedentario y representa, al mismo tiempo, el espacio eficaz de detoxificación y reflexión sobre el papel del niño y del adolescente frente al bombardeo de información.

En este modelo de clase el lugar del docente ya no es aquél que mostraba el globo de historieta, sino que su función es ahora la de acompañar y facilitar al alumno en su camino de aprendizaje. Un camino que deberá ser transitado al mismo tiempo que construido por cada individuo. La tarea del docente será estimular dicha construcción, y no esperar del otro lado del camino, o alzar en brazos al alumno y caminar por él.

> *Como educadores brindemos al alumno lo que éste necesitará para vivir en el siglo XXI.*

No se trata de oponerse a los recursos tecnológicos nuevos. Con esa actitud sólo lograríamos automarginarnos. Analicemos el siguiente ejemplo: Si a Ud. le ofrecen la opción de conocer un hecho histórico mediante la lectura de un texto de 900 hojas, o mirando las veces que desee una película de 90 minutos sobre el mismo tema, ¿qué preferiría? Evidentemente, ver la película. ¿Por qué quejarse, entonces de que los chicos actuales no leen? Nosotros no teníamos esa alternativa en nuestra infancia. Ahora bien, si entre dos divisiones escolares hacemos una competencia teatral que dure 30 minutos, con el título "un fin de semana de 1810 en Buenos Aires", para preparar diálogos, narraciones, descripciones, caracterizaciones de personajes, ubicaciones geográfico-históricas, etc., los alumnos deberán crear, discutir, releer, reflexionar, en una palabra... ¡aprender!

La meta de la educación de cualquier sociedad democrática y moderna debe ser producir individuos autónomos, capaces de adquirir información por su cuenta, capaces de juzgar la validez de dicha información y hacer, a partir de ella, inferencias racionales, lógicas y coherentes. La educación, entonces, está dirigida a hacer independientes a los estudiantes. Parte de lo que hace a los estudiantes independientes es la información; sin embargo, si existiera algún conflicto entre la adquisición de información y la habilidad intelectual de cómo adquirirla, esto último es, sin duda, lo más importante y lo que hay que privilegiar desde la docencia.

Fuera de la escuela se recibe todo el tiempo información, utilicemos a la escuela para capacitar a los alumnos a repensar, filtrar y crear a partir de esa información.

POLUCIÓN MENTAL

De la enseñanza de teorías a las teorías de aprendizaje

El pavoroso nivel de contaminación ambiental de todo tipo que estamos provocando en nuestro único hábitat terrícola, se contradice con el maravilloso despliegue científico-tecnológico al que han arribado las naciones más desarrolladas del planeta. ¿Cuál es la relación entre la educación y la mencionada contradicción?

Podríamos describir a la contaminación ambiental como la aceleración artificial de procesos de concentración y producción de sustancias, que requerirían o requirieron millones de años para producirse naturalmente. Un ejemplo claro es la contaminación atmosférica debida al dióxido de carbono proveniente de la quema de combustibles. Estos residuos líquidos fósiles se formaron a partir de materia orgánica viviente reproducida durante miles de años y luego reducida químicamente bajo condiciones de presión y temperatura extremas durante milenios. Ahora, en menos de cincuenta años las estamos quemando, devolviendo el carbono a la atmósfera. Pero como es tal la cantidad de dióxido de carbono que se libera, su "digestión" le resulta imposible a la superficie terrestre; así es como se acumula en la capa de aire ejerciendo efecto invernadero y otras consecuencias ecológicas impredecibles.

Todos los descubrimientos científico-tecnológicos no pueden acelerar los

lentos procesos de detoxificación característicos de la Naturaleza de ese planeta.

Análogamente a la Naturaleza, el Hombre, que forma parte armoniosa de ella, tiene un tiempo para cada uno de sus procesos vitales.

Es importante conocer, aceptar y respetar el tiempo que requiere el hombre en su proceso de aprendizaje, como uno de los tantos que él ejercita. De esta forma, se entiende que no importa la cantidad de información y conocimientos que pujen desaforadamente por "entrar" en nuestra inteligencia: sólo entrarán algunos, con diferente nivel de comprensión, y a su debido tiempo. En apenas unos cuantos miles de años de historia, la mente del hombre común no evolucionó como para acumular, en una vida, la suma de los conocimientos producidos mundialmente con el aporte de miles de cerebros excelsos. La mayoría de nosotros somos felizmente comunes, necesitamos un tiempo para aprender y tenemos una memoria limitada.

Nuestra capacidad creadora ha permitido que la humanidad inventara máquinas para hacer los trabajos más rudos, para transformarlos en más seguros, más rápidos y más eficientes. Conociendo nuestras limitaciones pudimos crear aparatos que las superaran. ¿Qué hay que enseñar, entonces? ¿La simple descripción de estas miles de herramientas como el idioma, las matemáticas y cientos de disciplinas diferentes con sus leyes, teorías y excepciones? La información es tanta y tan compleja que en trece años de escuela (primaria y secundaria) sólo podrían aprenderse algunos fundamentos; y, en ese tiempo, la cantidad de temas a aprender habría crecido ya geométricamente.

La conclusión es, por lo tanto, enseñar a pensar, enseñar a aprender, enseñar a crear.

Debemos aceptar que antes de enseñar teoría sobre cada conocimiento humano, deberíamos saber algo más sobre teorías de aprendizaje del ser humano. Ya que para ayudar a los alumnos a pensar creativamente, los docentes necesitamos entender el proceso creativo y las cualidades que caracterizan a los individuos creativos, así podremos acondicionar el escenario para los estudiantes.

Aparentemente el desarrollo del potencial creativo está asociado al estímulo de ciertas actitudes en los individuos, y lo que está bien documentado es que se pueden modificar actitudes a través de la educación.

La mayoría de los sistemas educacionales no se preocupan por estimular los procesos creativos en sus alumnos. Esta falta de incentivo genera un cortocircuito en el desarrollo de este tipo de pensamiento en los alumnos comunes... Claro, ¡los genios no necesitan estímulo!... Pero es una gran pérdida de tiempo y de eficiencia no ayudar a la *mayoría* de los estudiantes a pensar más creativamente. Entonces, dejemos por un rato de repetir teorías de cualquier índole, informémonos sobre cuáles son las variables que condicionan el aprendizaje del ser humano y démonos el tiempo que nos requiera el aprendizaje de cómo aplicar dichas variables. Esto quiere decir que si nos equivocamos en dicha aplicación, ese error y su reparación serán parte de *nuestro* aprendizaje efectivo como docentes. Desde ya, en esta aceptación de posibles errores en la metodología que emplea el docente subyace la idea de un modelo de clase diferente del que pensaba ese docente, que quería evitar el escalofrío en la espalda frente a una pregunta inteligente: *ahora el docente no será el sabelotodo a quien no se le permite equivocarse, sino que será un coordinador de un grupo de gente que está aprendiendo algo que él ya sabe.* Sin embargo, su responsabilidad no ha disminuido; por el contrario, será el coordinador responsable de la eficiencia del proceso enseñanza-aprendizaje de los alumnos; deberá planificar con predicción analítica cuáles conflictos será útil generar, y cómo facilitar la superación de los mismos; deberá recurrir a todo su arsenal de recursos para estimular la construcción de la inteligencia en sus alumnos y, si algún alumno lo interrumpiera con una pregunta inteligente, cuya respuesta no conoce, habrá de sentir la satisfacción del deber cumplido. La información del docente tiene un límite, y eso es lo que nos hace humanos, pero su *responsabilidad ineludible* es formar gente inteligente tal que pueda buscar por sus propios medios hasta verificar la existencia de ese límite en el docente.

Para empezar a revertir el peligro que representa la contaminación mental hay que reconocer que el problema existe, sistematizar las posibles soluciones y probarlas con rigor científico; es decir, con el compromiso de modificarlas y mejorarlas en función de los resultados que se obtengan. Desde este punto de vista queda planteado el diálogo con el docente lector, a quien agradeceré toda referencia o comentario que pueda aportar sobre la aplicación de la propuesta que planteo, vinculándonos epistolarmente a través de la Editorial Troquel.

VARIABLES DEL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PROPUESTAS PARA EL TRABAJO EN EL AULA

I. EL ABISMO

Entre enseñar y aprender hay una distancia. Entre aprender y aplicar lo aprendido hay otra distancia. Entre aprender metodología y aplicarla hay un abismo.

Son numerosos los textos y autores que hablan de la distancia que media entre el hecho de enseñar y el de aprender. Se habla de un proceso, un camino a recorrer juntos por el enseñante y el aprendiz. Una vez que un sujeto aprendió —léase aprobó los exámenes— nada asegura que sea totalmente capaz de aplicar lo aprendido a situaciones nuevas. En general, durante el proceso de aprendizaje se le pidieron habilidades intelectuales del nivel de comprensión y esencialmente de información. El nivel de aplicación, en cambio, (1) suele estimularse muy poco de tal manera que, a la hora de aplicar lo aprendido el sujeto —ya fuera del ámbito educativo— tiene grandes posibilidades de equivocarse y ninguna de consultar antes, ni de ser corregido después. El proceso educativo continúa, pues, fuera del sistema educativo, provocando en el docente situaciones de angustia debido a que no puede reparar el error, ya que los alumnos son distintos cada año.

Entre aprender metodología y aplicarla se abre una falla profunda, una fractura estructural que puede observarse analizando la estrategia *conductista* que ejercitan en sus clases profesores que, no obstante, han calificado con excelentes notas sus exámenes —como alumnos del profesorado— sobre teorías *constructivistas de aprendizaje*. En otras palabras, *sacarse un diez en "Metodología" no garantiza la efectividad de la metodología que luego como profesores* podremos concretar.

Creo que para elegir la mejor metodología hay que haberla aprendido vivencialmente. Conocido es el caso en que el profesor de metodología, en su exposición oral, pulveriza la forma de clase magistral con la misma vehemencia que el cuaderno de apuntes donde toman nota sus alumnos.

Sería más sencillo vivir el modelo para después imitarlo. Aprender una lista de técnicas metodológicas y definiciones de conceptos teóricos sobre metodología en un modelo de clase tradicional (¿se acuerda del emisor y el receptor?), y luego aplicarlas en un modelo de clase participativa y constructiva es un salto creativo que pocas personas pueden hacer. De hecho, yo aprendí significativamente metodología cuando *viví*, y no sólo *vi* cómo un docente adhería efectivamente a teorías constructivistas de aprendizaje, haciendo surgir en nosotros, sus alumnos, el descubrimiento de cantidad de axiomas metodológicos. Enseñar es mucho más complejo que explicar; pero, al docente le gusta explicar y escucharse. Habla y habla y cuenta y explica y hace todo el tiempo de emisor, aunque esté ensalzando el modelo de clase participativo. Sortear el abismo al que me refiero reuquiere comprender la sutil pero profunda diferencia metodológica entre "enseñar contenidos" y "facilitar el aprendizaje" de dichos contenidos.

Es difícil desde un texto no ser emisor y aplicar las variables I a IX que considero herramientas metodológicas fundamentales. Trataré, sin embargo, de interactuar, tomando a veces ideas contrapuestas y recreando una posible discusión con el lector. Vale la pena recalcar que dichas variables se aplican a la clase presencial, es decir, la clase donde el profesor está presente y la conducción del aprendizaje no está mediatizada por algún instrumento audiovisual.

II. EL CONFLICTO COGNITIVO

Jamás un aprendizaje surge *ex abrupto* y sin preparación. En todos los terrenos de la vida psíquica siempre una nueva conducta es preparada por una larga serie de conductas anteriores, más primitivas, de la que no es sino una diferenciación o una coordinación nueva. Por otra parte, nadie aprende algo que no quiera aprender. Cuanto más desprovisto de sentido es un tema, más difícilmente se lo memoriza y más fácilmente se lo olvida (2). Los aprendizajes verdaderamente importantes y duraderos son los que engarzan significativamente en la estructura cognitiva de los alumnos (3). El meollo del proceso de enseñanza-aprendizaje radica en encontrar el acceso para facilitar, desde el rol docente, la construcción de ese nexo. ¿Cómo lograrlo?

Si partimos del concepto de *estructura cognitiva* como una *red mental* de conceptos y relaciones entre conceptos, que son significativos para cada individuo, aceptaremos que hay un primer desafío: no todos los estudiantes se conectarán del mismo modo con el nuevo conocimiento, por cuanto cada individuo tiene su estructura cognitiva personal, construida a lo largo de su vida; es decir, que lo significativo para algunos sujetos puede no serlo para otros, dependiendo de la presencia o no de *inclusores* que son los conceptos que ya están presentes en la estructura cognitiva (4). Reflexionando sobre este punto surge inmediatamente la conclusión de que si no se logra el engarce del nuevo conocimiento a la estructura cognitiva existente, éste formará un islote de comprensión, o un dato suelto en la memoria, muy expuesto a los embates del olvido.

¿Qué papel juega el conflicto cognitivo en la adquisición de un nuevo aprendizaje?

Los estudios sobre los procesos espontáneos y de conocimiento, y las investigaciones de Inhelder y Bovet (5) sobre aprendizaje han mostrado convincentemente el papel de los conflictos en la adquisición del conocimiento.

Todo conflicto está sustentado en una pregunta. Toda pregunta y todo problema representan proyectos más o menos esquemáticos de acciones o de operaciones para aplicar sobre determinado dato. Por ejemplo, la pregunta ¿qué es? obliga a clasificar; las preguntas ¿dónde? y ¿cuándo? exigen ordenar en el espacio y en el tiempo; la pregunta ¿para qué? requiere una evaluación. La pregunta ¿cómo es? induce al planteo de un esquema de investigación que dará lugar a un progreso del pensamiento. *El conflicto no puede separarse de su consiguiente equilibración*. En palabras de J. Piaget (6), "(...) los desequilibrios desempeñan una función desencadenadora, ya que su fecundidad se mide por su *posibilidad de ser superados*, dicho de otro modo, de salir de ellos".

Desde el punto de vista de D. Ausubel las *disonancias cognitivas* son el tercer paso del aprendizaje significativo, precedidas por el *organizador anticipante* y la *diferenciación progresiva*, y seguidas del proceso de *reconciliación integradora*, que garantiza la superación de dicha disonancia (3,4).

¿Quién es el dueño del conflicto cognitivo?

Al plantear un problema o una situación problemática el docente que adhiere a teorías constructivistas de aprendizaje, sabe que ha planificado por el buen camino. Sin embargo ocurre a menudo que la clase no responde como se había esperado. Se hace evidente, entonces, una nueva distancia: lo que al docente le parece un conflicto cognitivo válido, un estímulo para la investigación, a los alumnos no los entusiasma. El conflicto que resultara significativo para el docente según su propia estructura cognitiva, resulta para los alumnos algo ajeno a ellos, a sus intereses, y a veces ni siquiera representa un conflicto.

Sin duda es muy difícil planificar poniéndose en el lugar de los alumnos, en el sentido de conocer sus posibles estructuras cognitivas. Por suerte, podemos pensar en alternativas para superar esta limitación:

a) Puede planificarse una actividad donde distintos grupos de alumnos arriben a distintas conclusiones sobre un mismo tema. Durante la presentación de las conclusiones de cada grupo, surgirán los conflictos.
b) Puede instrumentarse una puesta en común, o diálogo coordinado por el docente, donde se hagan preguntas amplias sobre temas conocidos para escuchar las opiniones de los alumnos, y de allí deducir los posibles conflictos.
c) Pueden presentarse situaciones donde haya más de un punto de vista posible, e invitar a los alumnos a defenderlos.

En el Capítulo II veremos algunos ejemplos de cada posibilidad.

Lo cierto es que:

> *Cada alumno debe ser el dueño de su conflicto cognitivo. Y, además éste debe hacerse consciente y verbalizarse en las palabras con que cada alumno pueda expresarse.*

A veces, surgirá la necesidad de utilizar un vocabulario más preciso y esa misma necesidad será la resultante de un conflicto entre lo que el alumno "quiere decir" y lo que el resto de los alumnos "entendió". Este proceso de hacer explícito lo evidente, lo obvio, es, a veces, el más trabajoso. Este punto lo ampliaré cuando trate la variable VII, la *metacognición*.

Desde el punto de vista de la Psicología Evolutiva de J. Piaget (7) habrá que tener en cuenta que las perturbaciones o conflictos cognitivos tienen relación con el nivel evolutivo del pensamiento del alumno, y determinadas

situaciones problemáticas sólo se vuelven contradicciones conscientes en tiempos bastante diferentes. Por ejemplo, en algunas experiencias piagetianas conocidas —como la correspondencia de conjuntos y la evaluación ordinal de filas de elementos desnivelados—el conflicto permanece inconsciente durante años, casi hasta el momento en que el niño puede resolverlo. No es cuestión, entonces, de provocar un bombardeo de conflictos en cualquier momento de la construcción cognoscitiva.

Vale la pena enfatizar que todos nuestros esfuerzos tenderán a facilitar el aprendizaje en nuestros alumnos, pero debemos renunciar a la creencia de que podemos *controlar* la adquisición de conocimiento; y esto se debe a que, en buena medida, esta adquisición es inconsciente y su toma de conciencia es sólo progresiva, sobre todo en los alumnos de los primeros grados de escuela primaria. Sin embargo, *el ejercicio constante y claro desde el docente, en su rol de adulto, de la variable de metacognición, será la ayuda que estimulará dicho pasaje al nivel conciente; sólo entonces se convertirá en un aprendizaje significativo a partir del cual se podrá operar creativamente.*

Por último es útil destacar la figura del *conflicto cognitivo* como cada uno de una serie de escalones que conducen a un aprendizaje significativo.

> *El conflicto que se genera en la mente del alumno no debe ser tan grande que lo angustie, o se sienta impotente de resolverlo. Debe ser un conflicto concreto, consciente, reconocido y sobre el cual pueda elaborar un esquema de acción para solucionarlo.*

Hay que admitir que es casi imposible para un docente saber cuál es el momento exacto para hacer la pregunta que dispare la actividad constructiva. Para ello lo más conveniente es crear las situaciones de aprendizaje necesarias para que las preguntas se las formulen los propios niños. Este punto crucial será trabajado reiteradamente con los ejemplos del Capítulo II.

III. LAS HIPÓTESIS

El reconocimiento de un conflicto cognitivo implica, desde su comienzo, una actividad creativa. El proceso de hacerlo consciente y poder expresarlo en palabras comunes consume tiempo de clase.

Como dije antes, el conflicto, o desequilibrio cognitivo, debe concebirse como parte del proceso de aprendizaje, ligado a su consecuente equilibración.

Una vez que el ser humano "ve" el conflicto, tiene necesidad de solucionarlo; sea niño o adolescente, preoperatorio u operatorio (8), se hace preguntas acerca de las cuestiones que originan el conflicto y se formula hipótesis estableciendo muchas veces conexiones originales entre las cosas.

Fabricar una hipótesis para solucionar un conflicto es la actividad más creativa del estudiante. Es una construcción intelectual donde el alumno utiliza un pensamiento del nivel de aplicación (1). Primero, debe bucear en su estructura cognitiva (recordar conceptos) y acercar a la conciencia aquellos conceptos que le resulten significativos para resolver el conflicto. Estos conceptos, que estaban "guardados" en su intrincada estructura cognitiva, al acercarse al nivel consciente quedarán "expuestos" y a ellos se "sumará" el nuevo aprendizaje. A estos conceptos se les da el nombre de *conceptos inclusores* (4).

En su tarea mental creativa, el alumno primero encuentra los inclusores y demás conceptos y relaciones, con las cuales intentará elaborar y plantear relaciones nuevas, tendientes a solucionar el conflicto e incorporar, así, el nuevo conocimiento; es decir buscará los medios para engarzar al nuevo conocimiento en la estructura cognitiva que él ya tiene.

En general:

> *Las hipótesis de solución del conflicto no surgen sencillamente. Puede ocurrir que el sujeto recorra rutas inconducentes en la búsqueda de los inclusores, o se produzcan autocríticas respecto de las relaciones y conceptos que selecciona mentalmente para abordar las soluciones posibles.*

Podemos imaginar todo este trabajo mental en la figura de un alumno pensativo, quizás mordiendo el extremo superior de un lápiz, o frunciendo el ceño o con la cara apoyada entre sus manos, con su computadora cerebral en pleno funcionamiento.

[¿Cómo relaciona Ud. la imagen de este alumno con la del ítem "*Qué vamos a enseñar*"? (Pág. 4). Si Ud. encuentra alguna relación y puede expresarla, estará haciendo *metacognición*.]

Si, como ya se dijo, reconocer la existencia del conflicto cognitivo (la variable II) insume tiempo de clase, *dar lugar a la formación de hipótesis de soluciones lleva mucho más tiempo. Pero es tiempo bien invertido.*

Si Ud. como docente es el que presenta el conflicto cognitivo y las posibles soluciones correctas, estará borrando de un plumazo toda posibilidad creativa y de estímulo de altos niveles de pensamiento en sus alumnos. Es cierto que su relato puede ser seguido y entendido por algunos de ellos, pero el nivel de comprensión es taxonómicamente inferior al de aplicación (1).

Quizás a sus alumnos "genios" les dé lo mismo que les explique o los haga razonar. Pero la mayoría "normal" se habrá perdido la oportunidad de ser protagonista al trocarse en receptores pasivos de información.

Adivino una objeción que está a punto de estallar en más de un lector: "¿Cómo va a tener el alumno una hipótesis de solución si *no sabe el tema* y tiene que aprenderlo aún? El maestro tiene que explicar porque el alumno no tiene elementos para dar la solución y es imposible dejarlo que descubra todo..."

Este es el punto clave, que desarrollaré con la próxima variable: *el error.*

IV. EL ERROR

¿Ud. nunca aprendió algo a partir de un error previo? Seguramente sí. Sin embargo en nuestro sistema educativo el error no es una variable importante dentro del proceso de aprendizaje; más bien, es un hecho aislado, indeseado, descalificado y castigado. Es más, en algunos docentes existe el temor de que al exponer a la clase los errores cometidos por algunos alumnos, se "fijen" en ellos esos conceptos equivocados, y, entonces, se concluye que hay que ocultarlos, obviarlos, mejor ni mencionarlos. Pareciera que lo único útil es hablar de la respuesta correcta, premiarla, mostrarla, valorarla y ensalzarla. Lo que importa es el resultado final perfecto (¿no importa si el alumno se copió en el examen?...)

Y esta postura no es un invento nuevo: viene enraizada en la teoría *conductista* de aprendizaje (9), que es muy útil para casos de adiestramiento. Esta teoría considera al sujeto que aprende como una "caja negra": los misteriosos procesos que ocurren en su mente son indescifrables; lo importante no es describirlos, sino encontrar el *estímulo* exacto que se requiere para provocar la *conducta* deseada. La respuesta correcta se premia y se *refuerza.* El error es una conducta indeseada. Podemos decir que, en casos extremos, para una evaluación conductista el que se equivocó en una cuenta, aunque haya razonado bien, tiene el problema mal respondido. Lo valioso es el producto final y no el proceso mediante el cual arribó al resultado.

Obviamente si de *formar* y no de adiestrar personas se trata, las teorías de aprendizaje más apropiadas son las *constructivistas* [J. Piaget (7), D. Ausubel (3), J. Bruner (10), etc.]. De estas teorías la que mejor permite explayarse sobre el concepto de error, es la psicología genética de J. Piaget.

En recientes investigaciones con niños de 5 a 8 años (11) se estableció mediante hábiles experiencias que los procedimientos que efectúan los pequeños para resolver problemas no sólo responden a su nivel estructural madurativo (nivel evolutivo de pensamiento), sino que solicitan la elaboración de complejos planes de acción. Cada vez que el niño establece un plan de acción sobre el material tiene alguna idea sobre el objetivo que persigue y acerca de los medios para conseguirlo. Pero una vez puesta en marcha su acción, hará correcciones en función de los éxitos o fracasos. En el curso de esos procedimientos para arribar al logro de sus objetivos, el niño va eligiendo cada secuencia de acciones alternativas, que luego abandonará por otras, hasta encontrar la solución, sin que cada secuencia sea conocida por él en el comienzo de la tarea. De esta forma, se demostró que el dinamismo del proceso del conocimiento no se reduce a los aspectos estructurales —niveles de evolución psicogenética— sino que también deben tenerse en cuenta aspectos no estructurales, constituidos por las secuencias de acción dirigidas a un fin (estrategias) que interaccionan con aspectos comprensivos, es decir, con las teorías que sustentan dichas estrategias.

Recordemos que errores sistemáticos son aquellos que marcan el límite entre lo que un sujeto puede o no resolver según su nivel evolutivo de pensamiento (preoperatorio, operatorio, concreto y/o formal).

Sin embargo, durante las etapas de elaboración activa de soluciones se producen errores surgidos durante el proceso de invención y descubrimiento de secuencias de acción.

A estos errores que son corregidos por el propio sujeto y que testimonian la apertura de su pensamiento hacia nuevas hipótesis de trabajo, se los llama errores constructivos.

Este tipo de errores resultan, en general, más fecundos que un éxito inmediato, porque la comparación de una hipótesis falsa y sus consecuencias provee nuevos conocimientos y aporta nuevas ideas (2).

Si desde tan temprana edad se tienen hipótesis de solución de conflictos cognitivos, ¿por qué cuesta tanto hacer razonar a un adolescente? En realidad la dificultad no radica en la habilidad mental de los adolescentes, sino en *dar lugar en la clase* para que las hipótesis se manifiesten. La dificultad está en poder expresarlas, en hacerlas explícitas, tanto por falta de ejercitación, como por vergüenza, por temor al ridículo.

Retomemos:

Primero se estimulará la generación del conflicto cognitivo, después se dará lugar a las hipótesis de solución; tercero, se aceptará, como parte del proceso de aprendizaje, la aparición de errores sistemáticos y/o constructivos.

Falta algo:

Si un alumno tiene el nivel de pensamiento evolutivo adecuado (no comete errores sistemáticos), es consciente del conflicto cognitivo planteado y elabora una hipótesis correcta (no comete errores constructivos), pero hace una inferencia falsa... ¿qué tipo de error cometió? Podríamos decir que se equivocó. Seguramente frente a un patrón de corrección se dará cuenta de su *equivocación*. Muchas veces esta inocente equivocación es la "punta del iceberg" de un error constructivo.

A esta altura de la exposición habrá, seguramente, más de un lector pensando:

"Muy interesante esto de los distintos tipos de errores, ¡pero en la clase es imposible detectarlos! ¡Son muchos alumnos, cada uno puede cometer cientos de errores! ¿Cómo se los podría corregir? ¿Cómo se los podría evaluar?... Es imposible llevar a la práctica algo de esto..."

Quiero tranquilizarlos: en la clase hay un momento ideal para detectar errores sistemáticos, errores constructivos y/o simples equivocaciones. Es el tiempo de la *discusión grupal*, nuestra próxima variable.

V. LA DISCUSIÓN GRUPAL

El alumno aporta al aprendizaje un interés proporcional al grado de actividad que se le permite desplegar. Su interés es mayor si puede resolver el problema mediante la investigación personal que si debe asistir a la demostración de su solución; es mayor si puede actuar sobre datos concretos que si debe representárselos o seguirlos como espectador.

Muchos pedagogos modernos han demostrado cómo la educación social

y moral puede resultar favorecida por el trabajo en equipo de los alumnos y por la discusión entre ellos (2, 14).

Los análisis de J. Piaget ponen en evidencia las condiciones intelectuales que tornan a un niño capaz de cooperar y participar de un descubrimiento grupal y explican el efecto de la cooperación en la formación de su mente.

El valor y la dificultad del intercambio intelectual en un grupo se basan, en efecto, en que ponen al individuo ante puntos de vista diferentes al suyo. Para que la discusión sea posible es preciso que cada participante comprenda los enfoques ajenos. Esta comprensión sólo se da si el pensamiento de cada participante es suficientemente flexible, y si tiene interés en comprender otras hipótesis, es decir, salir de su propio punto de vista limitado. A veces, hipótesis idénticas expresadas de forma diferente parecerán opuestas. Habrá que respetar el tiempo del otro para que se exprese. Habrá que respetar las hipótesis del otro mientras no se las pueda rebatir. Habrá que aceptar, en algún caso, que hay más de una hipótesis correcta. Habrá que reconocer el propio error. Habrá que convencer con argumentos y no vencer por imposición. Se desarrollará solidaridad con quienes no entiendan momentáneamente, ya que el hecho revelará una incapacidad recíproca del grupo para hacerle comprender. Si el docente se da el lugar de coordinador del debate, facilitará el logro de los objetivos de actitud mencionados.

> *Durante la discusión se pondrán en evidencia hipótesis y consecuencias que se derivan de causas y/o efectos. La facultad de reconocer la equivalencia de las relaciones inversas es lo que permite a los alumnos desarrollar un pensamiento reversible.*

Piaget arriba, además, a las siguientes conclusiones, basadas en sus estudios de psicología genética:

Cuando discute con otro, el niño razona con más lógica, busca evitar contradicciones, se esmera en conservar el sentido de sus palabras y desea sentirse aprobado. Esto estimula la coherencia de ideas y es condición del pensamiento operatorio.

Por otro lado, ante otros chicos y adultos, adquiere conciencia de los puntos de vista diferentes del suyo propio. El niño que intercambia ideas con sus semejantes y con el adulto, tiende a organizar de manera operatoria su propio pensamiento.

El debate deberá ser, por lo tanto, una de las primeras actividades

escolares. Los chicos deben ser estimulados y guiados hacia el trabajo en conjunto y la discusión en común de los problemas sencillos que estén a su alcance.

Quizás el término "discusión" se asocie con intercambio de ideas de gente más grande y esto genere la sensación de inutilidad de establecer un "debate" infantil. Pero lo importante no es la palabra que utilicemos, sino que podamos conceder un tiempo a lo que también podemos llamar una "puesta en común". El momento de esta actividad sirve para satisfacer, además, las variables mencionadas antes. Veamos:

La discusión y el conflicto cognitivo

Las tres opciones presentadas como ejemplo para presentar un conflicto cognitivo involucraban momentos de "puestas en común".

En el caso a) de la variable II (distintos grupos de alumnos que arriban a conclusiones diferentes sobre un mismo tema), resulta claro que cada grupo no arriba al conflicto sino a conclusiones, y sólo durante la exposición de las mismas y el reconocimiento de las aparentes contradicciones, aparecerá el conflicto. La discusión es el momento de descubrimiento del conflicto. En este momento la función del docente será la de coordinar para ayudar a que se exprese, es decir, se dé forma explícita al conflicto cognitivo.

> *De ninguna manera ayudar para que se exprese un conflicto cognitivo es decirlo.*

Muy a menudo a los docentes nos gusta mostrar que sabemos, que lo hacemos mejor, que ya lo teníamos todo calculado... Que nuestra vanidad no se transforme en soberbia: el confirmar que nuestra buena coordinación del grupo estimula el pensamiento de los alumnos, será la satisfacción plena de nuestra vanidad. El reconocimiento lo tendremos en forma mediata y a través de los propios alumnos. La soberbia de pretender impactarlos con nuestra sabiduría borrará rápidamente todo el *esfuerzo mental* que estaban haciendo los alumnos para *construir* en sus mentes el *significado del conflicto*. La diferencia entre "decirlo" y "ayudar a que se exprese" puede parecer sutil, pero los efectos que causan una u otra actitud del docente son radicalmente opuestos. No es fácil llevar a la práctica esa sutil diferencia, pero no se olvide, lector, de que el error también es parte de *su* aprendizaje. Si después de la

puesta en común Ud. se toma unos minutos para reflexionar sobre cuánto habló Ud. y cuántos conceptos y/o relaciones y/o conclusiones y/o inferencias surgieron de sus alumnos, seguramente la próxima vez le saldrá mejor. Hacer esta reflexión sobre su aprendizaje de coordinación grupal será hacer un ejercicio de *metacognición.*

En el caso b) de la variable II (puesta en común), se espera el aporte de numerosas opiniones, idealmente tantas como participantes. Aquí la tarea del docente es más complicada en el sentido de que ha de pactar con los alumnos un orden para hablar, e intentar que no se produzcan diálogos paralelos, que se respete el tiempo y la forma de hablar del otro, que no se desvaloricen opiniones *a priori.* Deberá además ir discriminando lo que es una anécdota de lo que es un concepto, o una relación subyacente; y deberá ir puntualizando y resaltando —quizás en el pizarrón— aquellos ítems surgidos en la discusión que le permitan rescatar los elementos —que planificó y sólo el docente sabe— necesarios para la actividad siguiente. En otras palabras, *que la discusión sea un caos y una confusión de ideas, o que sea un momento esclarecedor, depende de la destreza y la planificación del docente.*

En el caso c) (defensa de puntos de vista), habrá en la discusión tantas opiniones como, por lo menos, el número de casos hipotéticos presentados. Nuevamente la clave de la coordinación estará en ayudar a expresar con claridad los puntos de vista y las justificaciones. Este es un caso ideal para lograr una participación general. Se puede documentar —quizás en el pizarrón— el recuento de opiniones distintas y se podrá habilitar una columna de "no sé", para los que aún no se decidan o tengan dificultad en comprender las hipótesis de los otros.

La discusión y las hipótesis

Como vimos antes, el tiempo que conviene invertir en dar lugar a información de hipótesis es grande. Es un tiempo que, en general, no se da en la clase. Cuando una clase está silenciosa es porque los alumnos están copiando, está hablando el maestro, o no están. El tiempo de crear hipótesis es particular de cada alumno, algunos más rápidos, otros más lentos, pero para nadie es instantáneo; es un momento de silencio creativo.

Cuando los alumnos ya construyeron sus hipótesis llegó el momento de la puesta en común. Como el lapso destinado a elaborar hipótesis puede ser

largo, el docente sabrá plantear el conflicto con suficiente tiempo, quizás de una clase para otra, según lo requiera cada caso.

Hacer hipótesis y/o entender las hipótesis del otro implica un pensamiento abstracto, formal.

El pensamiento operacional formal —que según J. Piaget se alcanza entre los 11 y los 13 años— es el nivel más alto de pensamiento y tiene la característica de ser hipotético-deductivo. Es el pensamiento del adulto. Toda actividad que favorezca este tipo de pensamiento estará estimulando el pasaje a niveles de pensamiento superiores. En efecto, "...invitados constantemente los alumnos a tener en cuenta otros puntos de vista, además de los suyos, de hacer corresponder y comparar sus pensamientos con los de sus compañeros, difícilmente adquieran hábitos intelectuales rígidos y estereotipados. Y, si no obstante, hubiera alguno con tendencia a adquirirlos, fácil es imaginar cómo los planteamientos rígidos quedarán rotos al chocar con ideas ajenas". (2)

> *Entender la hipótesis de otro compañero es un ejercicio mental de abstracción que debe estimularse desde edad temprana.*

Un docente que lee esto puede preguntarse: "¿Para qué el caos de una discusión entre niños? ¿No sería mejor que todos hicieran el esfuerzo de entender la hipótesis del maestro, que es la cierta, en vez de hacer el esfuerzo de entender otras equivocadas, que hasta los pueden llegar a confundir?"

... Esta es una pregunta inteligente que merece un respuesta aparte:

La discusión y el error

Los errores forman parte inevitable de cualquier trabajo de investigación científica. Por ser la investigación una forma de aprendizaje, el error, su detección y corrección juegan un papel imprescindible dentro de este proceso. Un alumno que se equivoca, reconoce su error y es capaz de corregirlo, es un sujeto activo, que construye su inteligencia no sólo con conceptos sino también con estrategias. Al buscar la solución al error aumenta la red de sus conocimientos y recursos estratégicos.

Cuando un sujeto llegó a formar una hipótesis de solución a un conflicto cognitivo es porque logró secuenciar coherentemente argumentos, explicaciones, conceptos y relaciones que ya existían en su estructura cognitiva y que le sirven de base para justificar su hipótesis. El docente no puede conocer todas las

estructuras cognitivas de sus alumnos y lo más probable es que cuando escuche las hipótesis de sus alumnos descubra algunos errores que jamás se le hubieran ocurrido a él, pero que seguramente podrían ser errores generales, o de un grupo grande de alumnos. Evidentemente, aprendizajes previos deficientes o premisas falsas serán la base de argumentos equivocados, y estos casos están mucho más cercanos a las posibilidades cognitivas de los alumnos por ser sus estructuras cognitivas más parecidas y serán muy apreciadas por ellos las discusiones sobre dichas argumentaciones. En otras palabras, *para cada alumno su argumentación es la más válida pues la elaboró significativamente en coherencia con su estructura cognitiva previa.* En la discusión es probable que los alumnos entiendan mucho más fácilmente el punto de vista de un compañero que el del maestro, y esto se debe a que sus estructuras cognitivas son mucho más parecidas ya que comparten más experiencias de vida similares, tales como la situación dentro del marco familiar, juegos, estímulos informativos, modas, etc. Es evidente, entonces, que las hipótesis mágicas, o relacionadas con información tomada de medios televisivos, o surgidas de supersticiones locales, serán más fáciles de ser comprendidas por sus compañeros de clase que por el docente. Asimismo, los estudiantes encontrarán difícilmente engarzable en sus estructuras cognitivas las hipótesis del docente, o la forma en que el docente exprese dichas hipótesis en términos coherentes con su propia estructura mental, que dista de ser la de los estudiantes. Cada argumento que se discuta en clase deberá resultar significativo para todos los alumnos antes de poder decidir cuál es el correcto y cuál no lo es.

> *El docente tiene que dar lugar en tiempo y en espacio para que sean los propios alumnos quienes expongan sus argumentos, equivocados o no, para que los defiendan, se pregunten y contesten y traten de hacerse entender por el otro, en un clima de respeto, orden y contención.*

Así planteada la discusión se advierte en ella el intercambio de roles característico de un grupo que funciona bien, que impedirá el estereotipo de personalidades: con el ejercicio de esta clase de actividades, el alumno inquieto aprenderá a escuchar a los otros —de lo contrario no habrá luego reciprocidad—; el tímido podrá explicar algo mejor que otro; el que no entiende puede hacer una pregunta inteligente que descoloque al que aparentemente entendió. Hay, además, un intercambio permanente entre los roles docente-alumno ya que simultáneamente el docente aprende y aprehende

conceptos, relaciones, informaciones y estrategias características del grupo humano que tiene a su cargo, y que cambia año a año.

Nuevamente, la función más importante del docente es la de ser coordinador de la discusión. Siempre será evidente para el grupo la presencia del docente. Pero no porque sea más alto, más viejo, el que tiene la palabra, el que da órdenes, el que premia o desaprueba, o al que hay que tratar de Ud., sino porque será el adulto que contenga, que ofrezca su experiencia y pensamiento operacional como estructura organizadora y marco de referencia para estimular la inquieta y creativa estructura cognitiva en expansión de los alumnos.

Los momentos de discusión también sirven para ejercitar las variables de *corrección* y *metacognición* que veremos a continuación.

VI. LA CORRECCIÓN

Frente a un error hay siempre una corrección. Dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje hay un proceso de evaluación.

Las funciones de la evaluación, la corrección y la calificación son fundamentalmente diferentes. También son distintos sus momentos de aplicación y la importancia relativa que adquieren dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, muy frecuentemente se confunden, superponen o intercambian. Peor aún, muchas veces se utilizan como premios o castigos disciplinarios, con lo cual se mete en una "bolsa de gatos" una parte muy importante de la formación del alumno.

De la evaluación a la autoevaluación

La evaluación es un proceso continuo que ocurre desde el comienzo del aprendizaje. Cuando el docente utiliza las variables que he mencionado hasta el momento —*el abismo, el conflicto, las hipótesis, el error, la discusión*— tiene numerosas ocasiones de evaluar a sus alumnos en situaciones que no son estrictamente las de examen.

> *En el transcurso de las discusiones o puestas en común, el docente percibirá claramente cuáles de sus alumnos captaron la esencia del conflicto cognitivo, cuáles generaron hipótesis, cuáles cometieron errores sistemáticos, constructivos y/o equivocaciones. Todas estas observaciones son evaluativas del proceso de aprendizaje significativo que realiza, o no, cada alumno.*

Los exámenes son un instrumento más del proceso de evaluación que, en general, se utiliza con fines de calificación y conducen a la toma de decisiones de selección. En otras palabras, los exámenes se toman sólo en la culminación de una cantidad de temas, una vez que estos contenidos ya han sido dados y no entra en juego la posibilidad de reajuste.

Reflexionemos sobre lo ambiguo que puede ser catalogar a un individuo juzgándolo simplemente por las calificaciones que ha obtenido, sabiendo que al utilizar este único indicador asumen importancia crucial las siguientes situaciones:

- Por un lado, los temas u objetivos examinados parecen prioritarios frente al resto, y se desprende la sensación de que tales temas son vitales. Son pocas las ocasiones en que en un examen se armoniza un perfecto muestreo de temas y objetivos.
- Por otro lado, con frecuencia los alumnos preguntan con insistencia: "¿Qué nos van a tomar?" Esto se debe a que no fueron explicitados claramente los *objetivos* de aprendizaje. Peor aún, a veces los propios docentes no tienen muy en claro cuáles eran los objetivos propuestos, pues confunden contenidos con objetivos.
- También las condiciones de examinación pueden determinar alteraciones en los rendimientos de los alumnos, y adquirir importancia desmesurada, por ejemplo: enunciados confusos, severas limitaciones en el tiempo del examen, condiciones que generan ansiedad durante el mismo, examinación con preguntas que apuntan a la mera evocación memorística a expensas de evaluar comprensión.

Un examen deficiente en su construcción inhibe la posibilidad de autoevaluación.

Si un alumno considera que en el examen se tomaron temas que no estaban en relación con lo aprendido, ya sea por dicotomía entre objetivos enseñados y evaluados o incomunicación entre lo que el docente quiso enseñar y lo que el alumno entendió que había que aprender; o bien, considera que estuvo corregido en forma arbitraria, no lógica, o no proporcional a la importancia de los temas, el alumno se percibirá como una "víctima del sistema". Esta sensación se magnifica cuando el alumno siente que no tuvo oportunidad durante el examen de mostrar sus mejores posibilidades, y, entonces, no aceptará el resultado ni la calificación obtenida como confiable, ya que no coincide con su *autoevaluación*.

Si esto es lo que normalmente sucede, la evaluación se reduce a un sistema de producción de símbolos de aprobación. De esta forma, sólo tiene un efecto motivacional para el aprendizaje: el alumno estudia para aprobar el examen y nada más, y no le importa la calidad de su aprendizaje. El efecto de estudiar sólo para obtener una calificación aprobatoria es mínimo e irrelevante y, lamentablemente actúa, además, como "distractor" de objetivos importantes de aprendizaje: el alumno se preocupa sólo por aprobar el examen, y no por conocer un tema y sus aplicaciones, o por aprender a aprender... Sería algo así como que "el fin justifica los medios". De hecho, un buen "ayudamemoria" estratégicamente utilizado puede hacer que a cualquier alumno se lo califique como excelente. ¿Qué se está juzgando entonces? También puede darse la inversa y que a un alumno creativo pero con poca memoria, se le ponga un "muy bajo puntaje al tomarle sólo información".

La calificación es, en origen, externa al alumno porque proviene del profesor. Debería ser, en realidad, una evaluación internalizada, digerida por el alumno. La principal función de la evaluación es transformarse en AUTOEVALUACION *y* AUTOCRITICA.

No se trata de no tomar exámenes. Se trata de incluirlos como un elemento más dentro del importantísimo proceso de evaluación.

En toda evaluación hay una concomitante corrección. Al evaluar se está comparando con un patrón al que se considera correcto.

Debemos retomar, al llegar a este punto, las consideraciones hechas para la variable "el error":

Si durante un diálogo con un alumno, en una puesta en común, o una discusión el docente descalifica sistemáticamente las posiciones u opiniones distintas de la correcta, ya sea explícitamente o mediante gestos y/o actitudes, o permitiendo dichas expresiones por parte de algún condiscípulo, se generará un clima de temor al ridículo y desconfianza en la propia capacidad creativa de elaboración de hipótesis por parte de los alumnos.

¡Sí!, un gesto de desaprobación es suficiente para promover inhibiciones, así como para desbalancear una discusión en favor o en contra de alguna de

las hipótesis a discutir. La consigna es, entonces, darles a todos la oportunidad de exponer sus respuestas y la justificación de sus razonamientos. Cuando surge la respuesta correcta, habrá que asegurarse de que todos los alumnos la hayan internalizado, es decir, hayan comparado y aceptado la respuesta propia y su diferencia o similitud con la correcta. Una vez aceptada la respuesta correcta es necesario otorgarle un puntaje, es decir una pauta de calificación.

La calificación

Si un procedimiento dado merece una calificación máxima habrá que estipular cuánto se descuenta por *cada error cometido*. Resulta sumamente instructiva esta elaboración de un patrón de calificación conjuntamente entre el docente y los alumnos. Allí todos verán claramente lo que el docente considera más importante —por lo tanto el que se equivocó en eso tendrá menor puntaje— y lo que se considera superfluo. Se revelará ante los alumnos no sólo su propio error, sino que interpretar los errores ajenos será como un ejercicio de "equivocarse varias veces" hasta comprender la esencia correcta de lo que se preguntó. Al final de esta sesión de corrección cada alumno podrá sumar puntajes y ver qué calificación obtuvo. El docente puede llevar un registro de las calificaciones del curso que serán compartidas con los alumnos. Esta actividad genera una extraordinaria actitud de autoevaluación y autocrítica.

Algún lector tendrá muchas ganas de objetar: ¡Pero un alumno que sacó mala nota puede mentir y decir lo contrario!"

La respuesta es simple: *Sí*, puede ocurrir. La reflexión al respecto no es tan simple: ¿Ud. está seguro de que ningún alumno suyo se copia? Si un alumno se copia engaña al docente; si un alumno fragua su autoevaluación se miente a sí mismo. Esta diferencia se debe hablar con los alumnos antes, durante o después, pero en algún momento, mientras transcurre el proceso enseñanza-aprendizaje. Un momento de reflexión sobre la metodología aplicada y su razón de ser, y de metacognición sobre la mejor forma de aprender, garantiza la sinceridad y cordialidad en las relaciones docente-alumno.

Además del mérito formativo que tiene la inclusión de este tipo de evaluaciones en la clase, esta posibilidad de autoevaluación se potencia cuando entendemos las funciones de la evaluación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje:

- Por un lado, la evaluación permite al alumno orientarse sobre cómo está estudiando y cómo va aprendiendo, le sirve para saber cuánto le falta aún y qué puntos debe repasar. Es una *función orientadora*, que también le servirá para ubicarse dentro del grupo, es decir, si se reconoce como parte de los estudiantes a quienes les sale todo bien, los que no hacen nada, o los que se equivocan y reparan el error. Esta posibilidad de autoevaluarse, no con el patrón del profesor, sino el de sus propios compañeros, es la que promueve la autocrítica con respecto a su compromiso con el aprendizaje; puede suceder que un día no haya hecho la tarea; si eso le impidió participar en la discusión como sus compañeros, interpretará la necesidad de ir mejor preparado la próxima clase. Esta es una posición diametralmente opuesta al pensamiento estudiantil generalizado: "estudio porque mañana toma lección", o "no me preocupo porque esta semana explica tema nuevo". Como se ve, esta situación lamentable se fomenta desde el docente a partir de la planificación de las actividades de su clase.
- Por otro lado, la evaluación tiene una función fijadora, ya que si la forma en que se estudió condujo a una buena autocalificación, se entiende que merece reforzársela.
- Por último, la motivación es consecuencia lógica de la sensación de ser el conductor responsable del propio proceso de aprendizaje, en el momento en que aún se puede modificar lo que no se entendió bien. En este sentido la participación en clase es el mecanismo que mejor garantiza la consecución de un aprendizaje significativo.

Compárese con la situación en que un alumno copia en clase lo que el profesor dicta o dice. Luego, estudia de memoria sus apuntes en la casa. Rinde el examen. No sabe qué hizo bien, sospecha que hizo mal algunos puntos, sabe que dejó temas inconclusos. A la semana siguiente se entera de la calificación que le "puso" el docente. Injusta o no, cuando la reciba ya no se acordará de cuáles fueron esos razonamientos durante la prueba, y los pocos minutos que tendrá para preguntar por qué se equivocó y por qué su nota, sólo los invertirá en asentir ante las admoniciones del profesor —sobre aprobación, forma de estudiar y presentar el material, etc.— y sentirse "víctima del sistema".

La creencia mencionada anteriormente, que "hablar del error frente a la clase puede fijarlo en los alumnos", sólo se condice con una hipotética situación en la cual el docente está hablando *excepcionalmente* de un error posible, pues siempre se ha explayado en contextos de procedimientos correctos, y un alumno "volador" que aterriza su imaginación *justo en ese momento*, toma por correctas —como siempre son las palabras del docente— dichas expresiones.

Darle lugar al error en la clase, es trabajarlo descubriendo la hipótesis falsa que condujo a producirlo, buscando las posibles hipótesis alternativas, hasta redescubrir la hipótesis verdadera, mediante la cual se arriba a la respuesta correcta. Este arduo trabajo de metacognición (la próxima variable), puede lograrse con la ayuda del docente, que aporta su sólida estructura cognitiva, pensamiento reversible y contención afectiva hasta lograr dicha "revelación", "insight" o descubrimiento.

Como se ve, entonces, *la corrección* no debe ser una lección, condena, sermón, premio o castigo que da el docente al final de un proceso, sino que está —o debería estarlo— íntimamente ligada al mecanismo de superación del error.

Como todo error se fundamenta en hipótesis falsas, la corrección debe hacerse sobre las hipótesis.

La calificación es una instancia posterior a la corrección.

VII. LA METACOGNICIÓN

Las variables presentadas hasta el momento seguramente resultaron familiares para muchos profesores. Aunque es posible que muchos de ellos las hayan aplicado en forma aislada, sin el marco de referencia de un contexto teórico.

Una nueva variable muy poco utilizada hasta hoy es la de *metacognición*. Numerosos autores han investigado recientemente sobre su aplicación con estudiantes de distintas edades y para distintas disciplinas (12), estableciéndose, en todos los casos, evidentes ventajas tras su aplicación, con respecto a grupos control.

Hacer metacognición es reflexionar sobre el propio aprendizaje: analizar la forma en que se aprendió, descubrir qué nuevas conexiones se hicieron en nuestra estructura cognitiva, qué conceptos inclusores nos sirvieron de anclaje para los nuevos conceptos, qué estrategias utilizamos.

También implica una evaluación crítica sobre nuestra forma de aprender.

La metacognición apunta a entender nuestra forma de aprender: analizando los caminos utilizados, los errores cometidos, los intentos fallidos, sus justificaciones y la forma en que pudimos, o no, superarlos. La metacognición apunta a entender la forma en que el docente planificó la enseñanza: los estudiantes que "vivieron" la planificación pueden analizar por qué les resultó posible el aprendizaje del tema, en función del "ambiente" creado por el docente con tal fin. Es como salirse del rol de estudiante y "verse" desde fuera y evaluar cómo, cuánto y cuándo ocurrió (o no) el proceso enseñanza-aprendizaje en ellos mismos.

Es un pensamiento de nivel analítico, poco a nada estimulado en la situación cotidiana real de clase. Es más: es un pensamiento difícil de lograr por cuanto *el objeto de esa reflexión es el descubrimiento de nuestra propia forma de aprender.*

El psicólogo cognitivo J. Bruner expresa que el significado de los conceptos que van conformando la estructura cognitiva de los individuos no es estático, que los actos de la imaginación le dan sentido a la experiencia y que nuestra realidad mental se alimenta de una superposición de mundos posibles, a partir de la cual, cada concepto se resignifica permanentemente. El mundo de la metacognición sería, en cierta forma, superior a los otros: es la visión que nos sirve para legitimizar lo que aprendimos, es un proceso de descubrimiento y de cambio de perspectiva.

La metacognición y el conflicto cognitivo

J. Piaget, D. Ausubel y otros autores han postulado que el progreso cognitivo se produce con mayor probabilidad a partir de una situación de conflicto cognitivo, en la que se ponen a prueba las nociones del estudiante, sus métodos de trabajo y de resolución de problemas. Esta conciencia del conflicto o dificultad, la comprobación de que el conocimiento disponible o el modo de trabajo nos resulta inadecuado, *es lo que los psicólogos* llaman "metacomprensión".

El individuo está preparado para aprender cuando se da cuenta de que no sabe.

El método de generación de conflictos que más comúnmente se utiliza en la escuela es aquél en que el profesor propone a sus alumnos ejercicios prácticos y después marca las respuestas correctas y las incorrectas sin preocuparse de diagnosticar los tipos de errores cometidos, o de comentar la facilidad o dificultad del reto que ha tenido que enfrentar cada alumno. El conflicto suscitado al decir al alumno que se ha equivocado, no siempre crea condiciones adecuadas de aprendizaje —en el sentido de que el alumno tome conciencia de que no sabe, identifique qué cosa no sabe o de que reconozca su error y lo corrija— ni se traduce necesariamente en un deseo de aprender. Muy por el contrario, si el alumno no vivenció el conflicto cognitivo, y, por lo tanto, no pudo elaborar hipótesis de solución, es probable que sienta angustia y entonces, en vez de generarse conflicto cognitivo (la variable II) se instaló un "conflicto afectivo" que puede llegar incluso a bloquear el deseo de aprender. En otras palabras, señalarle a un alumno que no sabe no constituye, en la mayoría de los casos, el primer paso de una nueva experiencia de aprendizaje; y, lo que es más grave, los alumnos que realmente tienen problemas de aprendizaje, no entienden esta forma de generar conflictos. No comprenden el sentido ni se les crea perplejidad alguna; no pueden aprovechar su error ni diagnosticar el por qué de su problema. Para estos alumnos esta clase de conflictos es más destructiva que instructiva y comienzan a pensar que el aprendizaje es tan difícil de controlar como el tiempo atmosférico, y que su regulación está absolutamente fuera de su alcance. El alumno desarrollará entonces, como sus mejores estrategias, aquéllas que le permitan escapar de la mirada del docente.

La experiencia metacognitiva va más allá de señalar la existencia de los conflictos. Consiste en suscitar en los estudiantes la conciencia de tal conflicto, y el análisis conjunto docente-alumno de los modelos de resolución de dichos conflictos.

Un modelo posible para hacer metacognición en la clase es incluir las siguientes preguntas en el momento de la discusión grupal:

- ¿Para qué piensan que incluí esta pregunta en el cuestionario?; o:
- ¿Con qué finalidad creen que les di este dato y no aquel otro?; o:
- ¿Por qué creen que empezamos analizando las consecuencias y sólo después les planteé el análisis de las causas? ¿Y si hubiéramos hecho al revés, cómo se hubiera alterado nuestro aprendizaje?; o:

- ¿Para qué creen que sirve tener esta información?; o:
- ¿Consideran que era necesario hacer esta experiencia?; o:
- ¿A quién le sirvió el ejemplo o la analogía que relatamos y por qué?; o:
- ¿Qué diferencias o similitudes hay entre el postulado del alumno "Mengano" y el de "Sultano"?; o:
- ¿Cómo se habrían sentido si yo les hubiese dictado todas estas reglas en vez de trabajar para deducirlas entre todos?; y mil etcéteras.

Se trata de preguntas de reflexión sobre el propio camino de aprendizaje. Se trata de darles un lugar para que los alumnos se expresen en la clase y también como tarea domiciliaria, para luego comunicarse dichas reflexiones entre todos, en la puesta en común en el aula.

Se trata de hacer, ni más ni menos, que lo que hacen algunos padres y madres "ilustrados" con sus niños pequeños: los estimulan permanentemente a que planifiquen y controlen sus propias actividades, con la intención de que asuman tal control, en la medida creciente de sus posibilidades.

Estos padres influyen beneficiosamente en el nivel de conciencia de sus hijos y en el modelo de su aprendizaje mediante la interacción verbal con ellos.

Estableciendo en la clase un espacio para el diálogo en el nivel de metacognición, estimularemos el aprendizaje de estrategias. Pero, atención, la diferencia entre enseñar a un adulto o a un niño —o un adolescente— radica en que el adulto tiene un cúmulo de estructuras mentales y estrategias donde se irán ubicando los nuevos conocimientos, mientras que los niños a medida que incorporan conceptos deberán desarrollar y construir dichas estructuras y estrategias.

Un estudiante que posea múltiples estrategias mentales y la capacidad de aplicarlas, controlarlas y adaptarlas a diferentes contextos y que sea consciente de tal posesión, será un individuo versátil y eficaz.

Un cuidado especial debe tenerse en cuenta a la hora de hacer reflexiones metacognitivas en los primeros grados de escuela primaria, pues el docente deberá conocer el nivel de pensamiento operatorio de sus alumnos, para no exigirles reflexiones que aún no están en condiciones de asumir. Es importante que el docente diferencie claramente entre errores sistemáticos y constructivos para lo cual le resultará imprescindible "escuchar" las hipótesis de trabajo que condujeron al niño a cometer el error. Estas explicaciones sobre "cómo hizo el alumno para resolver así" no pueden en los primeros grados expresarse en una puesta en común frente a toda la clase (¡la atención decae rápidamente pues no existe aún pensamiento formal!); pero sí en grupos pequeños o en interacción puntual docente-alumno.

Respecto de la variable metacognición hay todavía un punto clave que aclarar: la aceptación de un error es un herida narcisista para la persona que se ha equivocado, pues implica la pérdida de su fantasía de omnipotencia. Cuanta más exigencia haya en el medio social que rodea al educando, tanto mayor será dicha herida y la dificultad para aceptar el error. Esta situación debe manejarse con prudencia, fundamentalmente marcando diferencias entre lo afectivo y lo cognitivo; es decir, no es lo mismo apuntar a lo cognitivo, diciéndole al alumno "veamos juntos dónde te equivocaste", o escuchar a un grupo de dos niños, que argumentan sobre cómo resolvieron de distinta forma el problema, que decirle al niño: "Te equivocaste por distraído, o porque no estudiaste". Frases cargadas de desaliento afectivo tales como: "Pedro ¡siempre igual!", "¡Mira qué bien lo hizo Laura y a ti nunca te sale bien! "Si no te sale no lo hagas", pueden conducir a un rechazo global de la situación de aprendizaje que incluya la exigencia sobre el reconocimiento del error.

La metacognición es la variable que ayuda a hacer consciente la existencia de conflictos, hipótesis y errores, y se pone en funcionamiento especialmente en los momentos de discusión y corrección.

Sugiero relacionar esta variable con los puntos recuadrados en las anteriores.

VIII. LAS ACTIVIDADES

Casi puedo oír el comentario: "¿Cómo hacer para transmitir información a los alumnos? En algún momento hay que explicarles, si no, da la impresión de que ellos por sí mismos tienen que saber todo, o buscar ese saber."

La respuesta es clara: *sí, en la clase se recibe información nueva.* La reflexión es que no sólo en la escuela se construye la estructura cognitiva del alumno, sino también en la casa, a través de los medios de comunicación, a través de la interacción con otros grupos humanos. Es la suma de esas actividades la que condiciona la construcción de la personalidad e inteligencia de cada estudiante y, dado el gran número de horas diarias que permanecen en la escuela, la función del maestro y/o los profesores adquiere una trascendencia impensada.

La auténtica mejora de la inteligencia de los ciudadanos del mañana sólo

puede lograrse sumergiéndolos desde chicos en un medio rico intelectualmente, que les plantee problemas y que los convoque a resolverlos. Eso no se consigue añadiendo materias al currículum, ni decretando modificaciones y ordenanzas desde el Ministerio, pero sí se mediatiza por un cambio de actitud en maestros y profesores. El principio de este cambio de actitud parte de la toma de conciencia sobre las necesidades reales de los estudiantes.

Muchas veces lo que dificulta el aprendizaje es que los estudiantes no entienden cuál es la naturaleza del saber y de lo que están aprendiendo. Muchas veces el alumno no entiende el sentido de las actividades escolares. No entiende tener que estar muchas horas al día escuchando lo que dicen otras personas, en lugar de estar actuando. Los niños y los jóvenes están acostumbrados a actuar y luego reflexionar sobre lo actuado; sin embargo, *es sumamente importante que las actividades tengan un sentido previamente a ser realizadas.* (12)

En otras palabras: mejor que una clase con el docente hablando todo el tiempo es una clase con los alumnos trabajando; pero el objetivo del trabajo a realizar tiene que estar muy claro para los estudiantes, tiene que representar la investigación o desarrollo de un problema que los motive a buscar soluciones. Los alumnos deben sentir que mediante la actividad en clase alcanzarán la respuesta a un interrogante vivamente presente en sus entendimientos.

Una escuela cuyos objetivos son el desarrollo de la capacidad intelectual de sus alumnos, su preparación para enfrentar situaciones nuevas y para enriquecerse a partir de incorporarlas, con posibilidad de adquirir información por sus propios medios, comprometidos con valores de libertad, justicia, cooperación y fraternidad, será aquélla cuyas actividades cotidianas estén planificadas según una integración armónica con la realidad de vida de los alumnos. Es decir, actividades que incorporen progresivamente elementos nuevos a partir de una base comprensible y coherente con las necesidades del sujeto.

Actividades que se descuelguen abruptamente frente a ellos como un telón bidimensional ajeno a sus expectativas generarán una disociación entre la escuela y la vida del estudiante, establecerán dos mundos separados.

En general, los conocimientos que reciben en la escuela no les sirven a los alumnos, o no tienen la capacidad de extrapolarlos y aplicarlos a la vida

cotidiana; y, lo que aprenden en la vida, que les es esencial para sobrevivir, no lo pueden utilizar en la escuela. Hasta llegan a no considerar como aprendizaje lo incorporado extraescolarmente, porque no se adquiere de manera penosa, trabajosa, tediosa, que es lo que caracteriza a la actividad escolar.

La conclusión es, entonces, promover actividades interesantes en el aula.

> *Actividades interesantes para el alumno no son necesariamente interesantes para el docente.*

Por cierto, actividades que el docente cree divertidísimas y muy ilustrativas pueden no despertar interés en los alumnos pues no han participado en su planificación. Por ejemplo: la observación de la presencia de almidón en extracto de hojas verdes mediante el uso de lugol como indicador, puede resultar confusa para los alumnos que no entienden qué es el almidón, para qué lo fabrica la planta, qué es y cómo funciona el lugol, para qué el extracto... y, en fin, para qué tienen que seguir con todo detalle la técnica de la guía. Otra situación muy distinta sería plantear preguntas como éstas:

"¿Saben para qué la planta tiene pigmentos verdes?"

"¿Cómo saben que las hojas fabrican alimento para la planta?"

"¿Cómo inventarían un procedimiento para detectar la formación de alimento en las hojas?"

A partir de las respuestas discutidas en conjunto el docente puede guiar hacia la conclusión de una estructura de "técnica general". Sólo después de diseñar, en forma general, la experiencia a realizar el lugol ocupará el "lugar" de un indicador —una señal visual que indica algo—, el almidón ocupará el lugar reservado para el concepto de "alimento", el extracto será necesario para garantizar la liberación del alimento de los compartimientos intracelulares donde se halla, y la técnica podría completarse con una comparación respecto de la presencia o no de almidón en una hoja crecida en oscuridad.

Si la clase pudo planificar la experiencia (¡no en sus detalles, sino en su sentido general!), los alumnos habrán hecho propio el conflicto y la actividad subsiguiente tendrá un valor formativo.

> *Actividades para verificar algo que ya se sabe no generan el mismo entusiasmo que las diseñadas para ver si dan el resultado que se espera.*

Actividad, entonces, no es cualquier actividad. El desafío es crear y planificar

actividades coherentes con los objetivos propuestos que den espacio durante la clase para efectivizar las variables del aprendizaje mencionadas hasta aquí.

Este proceso creativo del docente no puede forzarse mediante el aporte de recetas acabadas. Es muy difícil, por otra parte, desde un texto como éste, facilitar dichas construcciones en las mentes de los docentes que lo leen. La situación de compromiso que encuentro es presentar un capítulo (el III) de material informativo teórico, equivalente al maestro o profesor que entra en el aula y empieza a explicar con la mejor de las intenciones; y habla, habla,... habla... ¡zzz! Y, presentar un capítulo (el II) donde se muestra cómo puede digerirse dicho contenido teórico mediante clases cuya propuesta está centrada en la actividad de los alumnos, coherentes con los objetivos planteados, enraizada en la realidad cotidiana de los alumnos y rebosante de las variables de aprendizaje presentadas.

Estos ejemplos son sólo eso; no pretenden ser la mejor ni la única planificación posible, ni considero agotado el tema.

Dos últimos comentarios:

i) Las actividades pueden ser de índole muy variada: juegos, prácticas de laboratorio, dramatizaciones, confección de tablas o gráficos, observación y documentación, etc. A nivel primario y secundario las actividades con material concreto deben ser privilegiadas frente a las que utilizan sólo símbolos. Si se utilizan narrativas es conveniente que se dé un espacio para que los alumnos ejemplifiquen a partir de su propia experiencia, antes de proseguir.

Este respeto por el nivel de pensamiento operacional concreto de los alumnos es esencial para estimularlos en su pasaje al operatorio formal. Más allá de la tarea de catalogar a los alumnos en sus niveles de desarrollo evolutivo (que implica tiempo, conocimiento de tests, compromiso y comprensión de la teoría psicogenética de Piaget), debemos reconocer el axioma básico que sustenta que cualquier conocimiento nuevo se asienta y se construye a partir de los conocimientos anteriores. En este mundo tridimensional todo lo que conocemos mejor lo podemos ver, oír, tocar. La piedra fundamental de lo que será la "nueva construcción" inteligente, deberá asentarse en una base de elementos conocidos, tangibles, concretos. Si el concepto a enseñar es absolutamente abstracto, se requerirá la utilización de analogías.

> *Las analogías son simplificaciones del modelo abstracto, logradas mediante construcciones concretas que reflejen y respeten lo esencial del modelo teórico.*

Por ejemplo, si un docente quiere enseñar el Sistema Solar puede construir con sus alumnos una maqueta, un modelo análogo simplificado. Puede ser que no guarde estricta relación de escala, porque la actividad consiste en construirlo con pelotas y alambres accesibles, pero deberá preguntarse antes de convocar a su construcción:

¿Las órbitas de los planetas están contenidas en un mismo plano? ¿Son todas elípticas, de mucha o poca excentricidad? ¿Se conoce la inclinación de los ejes de rotación de los planetas? ¿Cuál es el tamaño relativo de los planetas y el Sol?

Si así no se hiciera, el modelo analógico transmitirá errores conceptuales que incorporarán (aun inconscientemente) los alumnos transformándose en saberes ocultos.

Estos saberes ocultos contribuyen al conjunto de prejuicios y saberes falsos que entorpecen y condicionan la adquisición posterior de nuevos conocimientos sobre el tema.

No se trata de que el docente nunca pueda equivocarse: una equivocación hecha consciente puede trabajarse con los alumnos, aun después de un tiempo, en un nivel interesante de metacognición. El riesgo de errores en la analogía es que no se expresen, que queden aprehendidos a nivel inconsciente.

En el ejemplo de "División celular" del Capítulo II, muestro un ejercicio de analogía. En la reflexión metodológica sobre la act. 4 se expresa esta necesidad de discutir con los alumnos cuál es la realidad y cuáles son los defectos de nuestra analogía.

Evidentemente, todos aquellos temas que se refieran a mundos macroscópicos o microscópicos, implicarán limitaciones absolutas para el trabajo con material concreto (aquél que se puede tocar), y requerirán el uso de analogías. Habrá que tener, entonces, especial cuidado en sus construcciones.

ii) La segunda reflexión está destinada a diferenciar entre incorporar significativamente (Ausubel) o internalizar (Piaget) *conceptos*: o bien, incorporar o internalizar *relaciones entre conceptos* y/o *estrategias*.

a) Los conceptos se caracterizan por sus signos lingüísticos.

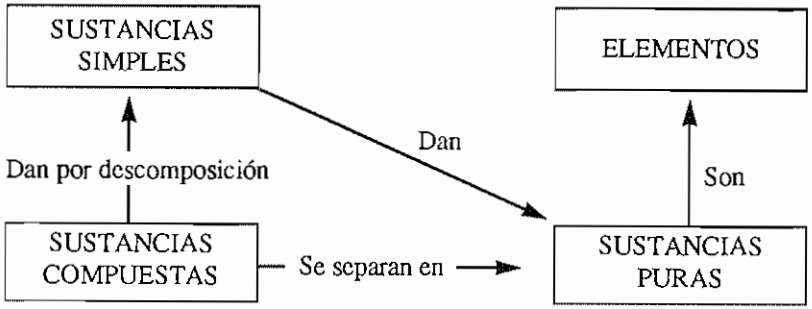
Por ejemplo, el término *energía* implica diferentes conceptos según el contexto teórico desde donde sea abordado: ¿es acaso el mismo concepto de energía el que utilizan los físicos, los médicos, los parapsicólogos, los

religiosos, los ingenieros, los economistas, los filósofos, los químicos o la gente común en el diálogo cotidiano? Evidentemente, no.

Muchas veces el primer conflicto cognitivo que se le plantea a un alumno es la comprensión de un vocablo, de un signo lingüístico que para él tenía antes otro significado, o cuyo significado no conoce. Si no se da en el aula la posibilidad de que se expresen dichos significados puede algún alumno querer insertar un nuevo aprendizaje en "ese lugar equivocado" de su estructura cognitiva. El resultado será desafortunado y sus estrategias lo conducirán a un esfuerzo inútil. La persistencia del conflicto lo angustiará y, para evitarlo, tratará de "guardar" en su memoria lo que pueda recordar hasta que pase el examen.

Evitar estos problemas, o mejor dicho, resolver este tipo de conflictos constructivamente implica la sola pero complicadísima tarea de *garantizar la comunicación entre el contexto teórico del profesor y el del alumno.* El docente sabe cuál es su marco referencial; tiene que escuchar, entonces, cuáles son los de los alumnos y enseñar en consecuencia. Tiene que evitar el prejuicio ("pre"-"juicio") de suponer que todos sus alumnos "captan", por el sólo hecho de escuchar, el concepto subyacente en los signos lingüísticos que utiliza. Un ejemplo aclara:

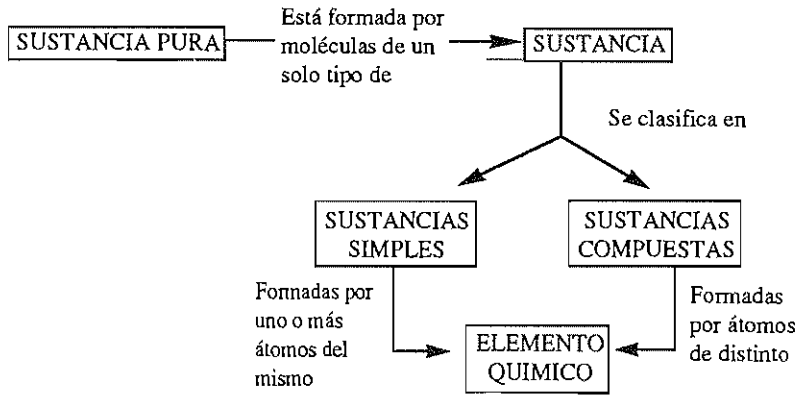
Una profesora de Química (15) después de enseñar el tema de Sistemas Materiales y evaluarlo, solicitó a los alumnos que confeccionaran una Red Conceptual del tema. Un grupo de alumnos que habían aprobado la evaluación —tradicionalmente memorística— escribió:



De estas relaciones se desprende que los alumnos:

- Confunden métodos de separación con fenómenos químicos.
- Confunden pureza con composición química.

En realidad, la relación correcta entre dichos conceptos es:



La reflexión sobre la adquisición de conceptos mediante la comprensión de sus signos lingüísticos nos permite confirmar que este grupo de alumnos utilizó los términos "simple", "pura" y "elemental", según su connotación cotidiana en la cual pueden utilizarse como sinónimos. No pudieron descontextualizarlos para comprender la nueva significación que adquieren en el lenguaje de la Química.

b) Cuando lo que se intenta enseñar es una *relación entre conceptos*, evidentemente no basta con que el docente explicite esa relación. Los alumnos deberán "descubrirla" o "hacerla propia", en definitiva, *establecerla*, para que sea una real construcción de su inteligencia. Las actividades de juego y dramatizaciones a partir de consignas abiertas pero claras, con imprescindibles momentos de conceptualización y metacognición posteriores, suelen ser muy efectivas para lograr tales construcciones inteligentes.

Llegar a establecer, descubrir, interpretar, rearmar, conectar y esclarecer relaciones, son elementos motivadores del inquieto espíritu humano. Los juegos comerciales y los de tradición consuetudinaria atraen a niños y a adultos justamente por el desafío que representa desplegar estrategias para encauzar ventajosamente al azar. Durante el juego el espíritu de competencia nos estimula a elaborar planes de acción, cambiarlos, hacer hipótesis sobre las estrategias de los adversarios y conjeturar sobre las decisiones que tomarán. Basta observar a niños de 10 años en adelante mientras juegan con naipes para admirar la cantidad de procesos mentales que ejecutan y que "desaparecen" a la hora de estudiar la lección.

Capitalicemos en el aula el entusiasmo del niño, del adolescente y del adulto por jugar. Esta actividad será sumamente provechosa siempre que se respeten objetivos, se den consignas claras, se conozcan las posibilidades intelectuales del grupo humano que los va a ejecutar y se plantee un momento final de metacognición en el que se responda: ¿Qué aprendimos al hacer el juego? Sin este tiempo de conceptualización se corre el riesgo de no rescatar el aprendizaje logrado, y de dejar la sensación de que solamente se jugó.

IX. EL TIEMPO

Es cierto: durante las clases hay poco tiempo para darle cabida a estas interesantes variables del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Es inevitable aceptar que la aplicación de esta propuesta lleva mucho tiempo. Pero en educación, como en toda empresa, hay que llegar a una situación de compromiso entre ingresos y egresos; de lo contrario, la empresa quiebra.

Afortunadamente el mayor "costo" que requiere esta propuesta educacional no se mide en dinero, en presupuesto o en equipos. Si así fuera, nuestra capacidad de aplicarla, desde nuestro lugar de docentes, sería incierta, y dependiente de avatares políticos o económicos.

La gran inversión que esta propuesta requiere es TIEMPO. Tiempo bien invertido no es tiempo perdido.

Por supuesto que Ud. y yo coincidimos en que manteniendo el sistema actual de enseñanza es imposible conseguir "más" tiempo para agregar "un poco" de esta nueva propuesta. Analicemos, entonces, qué ventajas costo-beneficio ofrece cada alternativa.

En la propuesta tradicional el docente pasa el 80% del tiempo hablando, explicando. Fuera del colegio invierte un monto similar de tiempo en la preparación y estudio o relectura de lo que va a decir en la clase. Los alumnos hasta ese momento no dedicaron tiempo al tema en cuestión, durante la clase copian o toman nota, y luego solos, en sus casas, tienen que repetir hasta recordar de memoria los apuntes. Pocos son los alumnos que pueden aprender

significativamente solos, sin hacer preguntas a los padres, hermanos o compañeros.

Se observa, entonces, que el "tiempo de prepararse para la enseñanza" es del maestro, y está desfasado del "tiempo de aprender" de los alumnos. Este aislamiento o separador entre ambos tiempos es, ni más ni menos, que el tiempo de la clase, que se utiliza sólo para transmitir información verbal. Y el término "transmitir" es demasiado optimista porque implica una fidelidad informativa que no siempre se da. Para entender mejor este déficit de fidelidad informativa basta relatar los pasos que median entre lo que "dice" el texto y lo que estudia del alumno, a saber:

a) El maestro lee y resume de varios libros y hace su ficha.
b) El maestro explica en clase, en base a su ficha, con omisiones involuntarias, con un lenguaje menos preciso, haciendo dibujos en el pizarrón lo mejor que puede.
c) El alumno escucha, entiende algunas cosas, en general memoriza algunas otras para tomar nota; o bien, copia al dictado mientras vuela su imaginación. Dibuja como puede a partir del dibujo del pizarrón.
d) El alumno retoma en su casa su texto informativo. A veces le parece tan extraño lo que escribió, que no lo reconoce. A veces, omitió un signo de puntuación o una palabra clave y no entiende el sentido de la coherencia del texto. Si le asoman dudas sobre el contenido ¿a quién le preguntará?; finalmente, o estudia de memoria o consulta con gente que no es especialista, o no está bien informada, o tiene limitaciones conceptuales (amigos, hermanos, padres, vecinos, etc.). Con suerte podrá resolver el problema, aunque no sabrá si "eso es lo que quiere el profesor".

> *Es un derroche de tiempo imperdonable desaprovechar la clase presencial en transmitir información: allí es donde debería ocurrir el nudo medular del proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, es el tiempo de clase donde se debe favorecer el aprendizaje significativo.*

Al leer esto, un docente lector tendrá seguramente muchas objeciones que hacer. Intentaré algunas soluciones:

i) Si el problema es cuándo y cómo transmitir información, las soluciones pueden ser muchas: libros, apuntes, fotocopias, enciclopedias, etc. Pueden encontrarse en bibliotecas y hacer búsquedas de información grupalmente, para después compartir. La queja cotidiana sobre la escasez de textos es válida

para un nivel terciario o universitario, pero el "volumen de información" que se maneja en la escuela secundaria no es tan grande y se puede volcar, en última instancia, en un apunte para compartir y trabajar en grupo sobre él.

ii) Si el problema es qué hacer con el tiempo de la clase si el profesor no va a utilizarlo en dictar o explicar, la respuesta es: aplicar las variables importantes del proceso enseñanza-aprendizaje que he descripto anteriormente; es decir, se tratará de clases más centradas en la actividad de los alumnos que en la actividad del maestro.

iii) Si el problema es que no alcanza el ciclo lectivo para enseñar tantos temas, habrá que seleccionar y elegir cuáles son los contenidos que se adapten mejor y sean de aplicación más real —y por lo tanto más motivadora y significativa— para lo que el alumno puede aprender, o determinado grupo necesita aprender.

> *No puede confundirse transmitir información verbal con enseñar, y no debe aceptarse la simple repetición memorística de información como medida de la construcción del conocimiento inteligente.*

Cuanto más hable el maestro o profesor menos tiempo le queda al alumno para construir su inteligencia. No debemos olvidar que un adulto tiene mayor posibilidad de internalizar un desarrollo verbal que está escuchando, por cuanto ha desarrollado un pensamiento operatorio formal (J. Piaget); en cambio, un niño tiene grandes dificultades y un adolescente está en un período de transición, entre el pensamiento operatorio concreto y el formal. Haga, estimado/a lector/a, la siguiente reflexión: ¿cuántas veces le ha pasado hasta aquí tener que releer un párrafo para interpretar mejor su sentido?

¿Por qué cree Ud. que tuvo que recurrir a dicha estrategia de relectura para comprender mejor? La respuesta es que este tema para Ud. es nuevo, está organizado de una manera nueva y al leerlo Ud. tratará de relacionarlo con algún conocimiento previo ya afianzado con alguna situación vivida por Ud., que convierta en significativo este nuevo aprendizaje. Desde la teoría psicogenética de Piaget podría decirse que Ud. ha "descendido" al nivel concreto de pensamiento: para poder luego hacer hipótesis de trabajo y poder aplicar estas variables del aprendizaje, es decir, para pasar al pensamiento formal en este nuevo contenido. Todos necesitamos "bajar" al nivel concreto cuando se trata de un tema nuevo. Sin embargo, si este mensaje de nuevos contenidos en lugar de leerlo en mi texto Ud. lo hubiera escuchado de corrido, desde una grabación o una conferencia, no hubiera podido

aprehenderlo sino en un pequeño porcentaje. Esto es lo que le sucede al estudiante si el docente cuenta su argumento, aunque repita un poco y reitere los puntos importantes, porque:

> *El alumno necesita construir su conocimiento a partir de situaciones concretas y la transmisión oral es una expresión formal, abstracta.*

Esta situación es crítica en las Ciencias donde, además, se habla de cosas que no se ven: átomos, moléculas, células, divisiones celulares, fuerzas de gravedad y rozamiento, etc.

La función primordial del docente es favorecer la construcción de la inteligencia de sus alumnos, mediante la expansión de sus respectivas estructuras cognitivas y no el simple "llenado mental" con datos, cifras y reglas desconectadas. Y este rol es más que una tarea: es un desafío a la capacidad profesional y un compromiso para con las futuras generaciones.

> *La habilidad profesional del docente se pone en juego durante la planificación de una clase, para que resulte coherente con teorías constructivistas de aprendizaje; y su destreza mental se juzga durante la clase presencial por su capacidad organizadora de la tarea, coordinadora del grupo y contenedora de situaciones personales, así como por su habilidad en el manejo de los contenidos.*

En general, durante su formación el docente ha recibido entrenamiento sólo en contenidos, y otras veces ocurre que los profesores de Metodología no se ponen de acuerdo sobre qué es lo importante y, muchas otras no aplican en sus propias clases lo que pregonan como recurso supremo. Por esto cambiar una propuesta de trabajo para la clase es un reto, en tanto implica la ruptura con el modelo aprendido vivencialmente.

BIBLIOGRAFÍA

1- B. Bloom: *Taxonomía de los objetivos de la educación*, Tomo I: "Ambito del conocimiento", Ed. Marfil, 1975.

2- H. Aebli: *Una didáctica fundada en la psicología de J. Piaget*, Ed. Kapeluz, Buenos Aires, 1983.

3- D. Ausubel: *Psicología Educativa: un punto de vista cognitivo*, Ed. Trillas, México, 1976.

4- J. D. Novack: *Teoría y práctica de la educación*, Ed. Alianza Universitaria, Madrid, 1982.

5- B. Inhelder, M. Bovet, Sinclair: *Aprendizaje y estructuras de conocimiento*, Ed. Morata, Madrid, 1978.

6- J. Piaget: *La equilibración de las estructuras cognitivas*, Ed. Siglo XXI, Madrid.

7- J. Piaget: *Estudios de psicología genética*, Ed. Emecé, Buenos Aires, 1973.

8- J. Piaget: *Le posible, l'impossible et le necessaire*. Archives de Psychologie, XLIV, 1976.

9- L. Swenson: *Teorías de aprendizaje*, Ed. Paidós, Barcelona-Buenos Aires, 1980.

10- J. Bruner: *Studies in cognitive growth*, Ed. Wiley, New York, 1966.

11- J. A. Castorina, S. L. Fernández, A. M. Lenzi, H. M. Casávola, A. M. Kaufman y G. Palau: *Psicología genética: aspectos metodológicos e implicancias pedagógicas*, Ed. Miño y Dávila, Buenos Aires, 1988.

12- J. Nisbet y J. Shucksmith: *Estrategias de aprendizaje*, Santillana, Aula XXI, Madrid, 1987.

13- J. Delval: *Crecer y pensar*, Editorial Laia, Barcelona, 1983.

14- E. Pichon Riviere: *El proceso grupal*, Nueva Visión, Buenos Aires, 1974.

15- L. Galagovsky: *Redes conceptuales, una herramienta muy útil para la enseñanza de ciencia y tecnología*, Noticias Pan-Americanas en educación Química, pag 3-6, Vol 3, nº 4, 1991. Federación Latinoamericana de Asociaciones Químicas.

CAPITULO II

DIGESTION METODOLOGICA EN EJEMPLOS

INTRODUCCIÓN

Según lo expuesto en el Capítulo I, el primer obstáculo que debemos sortear es el abismo que existe entre "aprender" y "aprehender", al cual me referí como primera variable metodológica.

Los ejemplos, variados y de distintas disciplinas, que presento ahora, son un recurso válido para reducir ese abismo. Por supuesto, esos ejemplos resultan significativos si los lectores conocen los fundamentos teóricos de cada contenido en particular; es decir, si lo único *nuevo* es la presentación y su reflexión metodológica. Por eso la información requerida por los contenidos se desarrolla en el Capítulo III.

De esta forma, el "*abismo*" está perfectamente marcado como la *diferencia medular* entre lo que expresan los capítulos II y III: el Capítulo III es el contenido liso y llano, equivalente al expuesto por un docente durante largos monólogos en clases magistrales. El Capítulo II muestra la digestión metodológica de ese contenido. Es una de las formas en que puede presentárselo.

Un docente puede decidir "transmitir" a sus alumnos la información reunida en el Capítulo III; o bien, puede "facilitar la construcción intelectual" en sus alumnos acerca de los mismos pero valiéndose de las planificaciones respectivas,conceptos y relaciones del Capítulo II. La elección de esta última alternativa conducirá al docente a un esfuerzo a nivel metodológico mientras que la primera alternativa requiere un gran esfuerzo memorístico: primero por parte del docente, y luego de los alumnos, y no garantiza una verdadera construcción inteligente del conocimiento adquirido.

De manera que en este Capítulo muestro ejemplos —mis ejemplos— de lo que sería un esfuerzo metodológico con la intención de garantizar un aprendizaje significativo.

La lectura de los Capítulos II y III no es necesariamente secuencial; podría invertirse o, mejor aún, alternarse. Espero que la lectura aislada del Capítulo III le resulte al lector lo suficientemente tediosa como para *vivenciar la sensación que tienen los alumnos frente a una información nueva que, además, deberán memorizar*; y, en contraposición, que valore las reflexiones metodológicas del Capítulo II, como la diferencia entre memorizar y construir aprendizaje.

El nivel del contenido presentado en el Capítulo III excede, en algunos puntos, al nivel pedido en la escuela. Sin embargo, es necesario que cada maestro domine el tema más allá del límite hasta el cual lo va a enseñar: de lo contrario, se corre el riesgo de que no quiera fomentar disonancias cognitivas y discusiones entre sus alumnos porque no se siente seguro de poder responder a las preguntas de una clase inquisidora.

En el presente capítulo discutiré, entonces, ejemplos de cómo aplicar las variables o herramientas metodológicas presentadas en el Capítulo I, para amalgamarlas con el contenido del Capítulo III, de tal forma de ilustrar y facilitar la comprensión cabal del beneficio que aportan estas variables como recursos para el trabajo en la clase.

Con fines didácticos he subdividido el capítulo en tres ejemplos: uno de Física, uno de Química y uno de Biología. A su vez, el ejemplo de Física se subdivide en tres unidades:

Unidad 1- Termómetros y temperaturas cotidianas.

Unidad 2- Escalas de temperaturas.

Unidad 3- Calor, materiales aislantes y conductores.

El ejemplo de Química se refiere al tema de "Solubilidad"y el de Biología a "División celular".

El ejemplo de Química y su correspondiente desarrollo teórico ha sido elaborado en estrecha colaboración con la Dra. Mónica Deluca y, el ejemplo de Biología con la Dra. Nora Maidana y la Lic. Carmen Alonso, quienes aportaron sus conocimientos, imaginación, interés y permanente estímulo.

Cada ejemplo está acompañado de actividades sugeridas. Las consignas resaltadas entre líneas pueden presentarse directamente a los alumnos, por esto están escritas en un lenguaje coloquial. Luego de cada actividad se hará la reflexión metodológica correspondiente.

¡Atención!... los ejemplos son varios, pero es conveniente leerlos a todos

porque en cada uno hay alguna reflexión metodológica típica, que no necesariamente se repite en los otros.

El nivel de dificultad y de disponibilidad de materiales para realizar cada actividad serán las limitaciones que sopesará el docente, según los recursos humanos e instrumentales con los que cuente. Pero, en general, las he pensado a partir de materiales sencillos y accesibles para que puedan ser realizadas en casi cualquier aula de primaria o secundaria.

La riqueza de estas actividades se funda en la participación activa del grupo de alumnos aprendiendo, elaborando hipótesis y debatiendo, situación que el lector sólo podrá comprobar si lleva a cabo tal planificación.

El contenido específico sobre el que se construyeron las actividades, está detallado en la *información* que brinda el Capítulo III. No obstante, se darán aclaraciones teóricas y/o las respuestas en los casos necesarios. Debe garantizarse el acceso de los alumnos a toda la información necesaria para arribar a las soluciones correctas de las actividades. Tener disponibilidad de dicha información no implica dedicar tiempo de la clase a su exposición verbal, o dictado, o copiado. Implica sí, que los alumnos tengan posibilidad de encontrarla (libros, apuntes, etc.). Recordemos que mientras más habla el docente más pasivo permanece el alumno, y es menor la posibilidad de que construya eficientemente los objetos de aprendizaje.

EJEMPLO DE FÍSICA: CALOR Y TEMPERATURA

UNIDAD 1: TERMÓMETROS Y TEMPERATURAS COTIDIANAS

Actividad I.1: Sensibilidad de la piel humana como termómetro.

Juego y cuestionario

Cuatro compañeros voluntarios salen del aula y esperan turno para entrar individualmente y hacer la experiencia que se indique.

El maestro pacta con los alumnos el siguiente juego:

Se tendrán cuatro cacerolas con agua marcada con las letras A, B, C y D.

La cacerola A tendrá agua bien fría (donde se ha derretido un cubito de hielo). Las cacerolas B y C tendrán agua templada (¡ambas con la misma temperatura, por ejemplo, con agua corriente!). La cacerola D tendrá agua caliente, pero que no queme: 40-48° C aproximadamente.

Cada uno de los voluntarios deberá, con los ojos vendados, colocar la mano en cada cacerola, secándosela entre una y otra. Se le pedirá que haga un orden de las cacerolas según su temperatura, de mayor a menor.

Puede solicitarse, además, que cada experimentador sugiera un valor para la temperatura de cada cacerola.

La respuesta de cada alumno se registra por escrito en una hoja para que el siguiente experimentador no sepa lo que contestó el alumno anterior.

Una vez concluida la experiencia se transcriben en la pizarra las respuestas de los voluntarios y se pregunta a la clase:

a) ¿Qué les sugieren las respuestas de los cuatro compañeros?
b) ¿Para qué creen que hicimos esta experiencia?
c) ¿Qué temas creen que vamos a abordar en los próximos días?

Reflexión metodológica sobre la actividad 1.1

La actividad 1.1 se propone a la clase como un juego, sin previa mención del tema a tratar. Para todos los alumnos el tema es sorpresa. Aquí se están poniendo en escena el caso ii) b) de la variable VIII, es decir, el descubrimiento de una relación y el caso a) de las posibles presentaciones de la variable II (el conflicto cognitivo).

La respuesta a la pregunta a) apunta a concluir que en la mayoría de los casos los alumnos hacen un orden de temperaturas aun para las cacerolas C y D, es decir que la sensación de frío y/o caliente no es absoluta, sino relativa a una sensación previa. Los valores de temperatura que asignan resultan, además, arbitrarios.

La respuesta a la pregunta b) apunta a concluir que la sensibilidad de la piel humana es limitada en cuanto a la reproducibilidad de la sensación en diferentes personas, además de poder soportar un rango pequeño de temperaturas sin sufrir quemaduras. Se necesitan equipos más sensibles y confiables: los termómetros.

La respuesta a la pregunta c) apunta a que la clase aporte nombres de conceptos que espera (y desea) trabajar; por ejemplo, calor, temperatura, termómetros, etc. El objetivo de esta pregunta es motivar e informar acerca de

los contenidos a ser próximamente aprendidos. El compromiso con dicho aprendizaje será mayor si los alumnos sienten que son partícipes de la elección de dichos contenidos.

La suma de estas reflexiones posteriores al juego, es lo que se denomina *conceptualización* del mismo que implica una reflexión metacognitiva: "¿Para qué me sirvió?" "¿Qué aprendí?" "¿Con qué lo relaciono?"

> *Este momento de conceptualización es fundamental y dará lugar a conclusiones que deberán quedar escritas en los cuadernos y/o carpetas.*

Asegurarse de esto es la principal tarea del docente luego de coordinar el juego.

Actividad 1.2: Calor y temperatura

Cuestionario

Una vez que organizó el nuevo contenido a enseñar mediante el juego y su posterior conceptualización puede pedir a sus alumnos:

> Formar un grupo con 4 ó 5 compañeros y contestar las siguientes preguntas:
>
> d) ¿Qué es la temperatura?
> e) ¿Qué es el calor y qué el frío?
> f) ¿Cuáles son las temperaturas de las cosas que se manejan cotidianamente?
> g) ¿Cómo medimos el calor y el frío de las cosas?
> h) ¿Qué son los termómetros?

Nota: las respuestas pueden elaborarse grupalmente, pero su registro por escrito deberá ser individual.

Reflexión metodológica sobre la actividad 1.2

Al plantearse que las respuestas surjan de la discusión en grupo en un tiempo dado, se obtiene un doble beneficio. Por un lado, en un grupo pequeño todos los alumnos tienen oportunidad de expresarse; por el otro, a la hora de

la puesta en común de las respuestas sólo habrá tantas como el número de grupos, y no como el número de alumnos. Durante la discusión en los grupos, previa a la puesta en común, el docente puede colaborar si así se lo solicitaran, pero evitará dar respuestas acabadas, que sólo surgirán por el consenso de toda la clase durante la discusión general.

Durante la puesta en común el docente orquestará el debate para garantizar que se cumplan las variables II, III, IV y V.

Del resultado de la discusión saldrán definiciones correctas y otras que será necesario seguir investigando. Es decir, el docente no necesariamente evacuará todas las dudas que se presenten, sino que irá señalando explícitamente cuáles se irán dilucidando mediante experiencias en los próximos pasos a seguir, como por ejemplo con la actividad I.3.

Actividad 1.3: termómetros

Experiencia y cuestionario

Se solicita a los alumnos que traigan un termómetro clínico de sus casas. El docente provee de termómetros de laboratorio que son de mercurio y miden en un rango de -10 a 250º C. (Se consiguen en comercios que venden equipos de laboratorios).

Se pide a los alumnos que en grupos de 4 ó 5 desarrollen las siguientes consignas (¡atención!, alertar previamente sobre accidentes con roturas de vidrios e ingestión de mercurio):

1) Dibujar en la carpeta un termómetro clínico y uno de laboratorio. Señalar sus partes, similitudes y diferencias.
2) ¿Por qué creen que el vidrio y el tamaño del bulbo son diferentes?
3) Registrar la temperatura del cuerpo (bucal y/o axilar) con ambos termómetros. Señalar ventajas e inconvenientes del uso de cada termómetro con esta finalidad.
4) ¿Cuál es la temperatura corporal normal?
5) ¿Qué es la fiebre?
6) ¿Qué creen que ocurre si calientan al termómetro por encima de su temperatura límite?
7) ¿Cómo se miden temperaturas superiores o inferiores a las del termómetro de laboratorio?

Reflexión metodológica sobre la actividad 1.3

La experiencia pone en práctica el caso i) de la variable VIII, es decir la actividad a partir de materiales concretos. Sin duda, la manipulación concreta de los termómetros resulta muy motivadora.

La discusión grupal de las respuestas del cuestionario conducirá al uso de las variables II, III, IV y V. Las preguntas 2) y 6) son ejemplos de poner en práctica el caso b) de la variable II. Es importante que, aunque el trabajo y la discusión sean grupales, quede en carpeta el *registro de lo actuado*, y que esto sea *controlado (y corregido por el docente para el caso de alumnos de primaria)*.

Esta unidad puede no terminar aquí, sino conectarse con el fenómeno de dilatación de los cuerpos por el calor. La dilatación como fenómeno general para sólidos, líquidos y gases puede observarse con experiencias sencillas a concretar en la escuela o en la casa: por ejemplo inflar un globo, ponerlo en el refrigerador y observar; luego entibiarlo con un secador de cabellos y observar.

Lo más importante de estas conexiones es detectarlas y aprovecharlas cuando surgen como *focos de interés durante la discusión grupal* de las actividades anteriores, poniendo así en práctica el caso b) de la variable II. Esto dependerá, en gran medida, del nivel intelectual de los alumnos y de su motivación, pero, en todos los casos, sería ideal que se encarasen las experiencias de dilatación desde su planificación conjunta con los alumnos. Utilizar la variable de generar conflictos permite aprovechar esta posibilidad, por ejemplo mediante preguntas tales como:

¿Solamente el mercurio del termómetro se dilata con el calor?

¿Qué otros materiales han observado dilatarse?

¿Qué experiencias podríamos hacer para observar la dilatación de un sólido, de un líquido y/o de un gas?

En todos los casos realizar una experiencia después de haberla planificado es mucho más educativo que realizarla para verificar algo que dice el libro o que ha asegurado el maestro.

Planificar una experiencia conjuntamente con los alumnos no quiere decir que a ellos se les tiene que ocurrir todo, pero se pretende que ellos lleguen a pensar la estructura de la experiencia y el docente, luego, la complete con los recursos de que disponga.

UNIDAD 2: ESCALAS DE TEMPERATURA

Actividad 2.1: Confiabilidad de los termómetros. Escala centígrada

La conexión de este tema con el anterior es obvia para el docente, sin embargo, para los alumnos el tema de los termómetros podría haber terminado con la actividad 1.3. Es importante que también para los alumnos quede claro que el tema continúa y por qué.

Experiencia y cuestionario

Se divide a la clase en grupos de 2 ó 3 alumnos y se les pide que desarrollen las siguientes consignas:

> La calidad de los termómetros está dada por la precisión de su escala. Para utilizarlos hay que asegurarse de su calidad, y, por lo tanto, calibrarlos verificando la exactitud de las marcas de 0° y 100°.
> Consignas:
> • Verificar la exactitud del termómetro de laboratorio utilizando un jarro, agua, hielo y mechero.
> • Buscar además, información para contestar el siguiente cuestionario:
> 1) ¿Qué son los grados de temperatura ambiente o corporal?
> 2) ¿Desde qué número se empiezan a contar los grados?
> 3) ¿Hay grados menores que cero?
> 4) ¿Hasta dónde llegan los grados? Proponer algunos ejemplos de objetos y sus temperaturas.
> 5) ¿Por qué se llaman grados centígrados o grados Celsius?
> 6) ¿Qué son los grados Kelvin y Fahrenheit?

Una variante interesante es armar, además, una escala centígrada sobre papel milimetrado para un termómetro que no la tenga, como por ejemplo uno de fabricación casera.

Nota: puede ocurrir que algún termómetro marque la temperatura de ebullición del agua con algún error; pero si todos marcan algún grado menos es porque ese día hay baja presión atmosférica.

Reflexión metodológica sobre la actividad 2.1

Es importante pactar con los alumnos la necesidad de orden y precauciones, y establecer peligros del trabajo, sobre todo si las experiencias se realizan con fuego y en el aula. La reflexión previa sobre las consecuencias de desafortunados accidentes y su forma de evitarlos es una excelente ocasión para estimular los procesos de metacognición.

Nuevamente, la generación de conflictos proviene de un cuestionario discutido con la clase.

El éxito del debate radica en la habilidad del docente para provocar respuestas. Por ejemplo, si nadie se anima a ofrecer una hipótesis de respuesta a la pregunta 1), el docente puede preguntar si los °C tienen algo que ver con los grados del transportador y por qué.

Para contestar el resto de las preguntas se requiere información; puede, entonces, llevarse al aula el material bibliográfico y resolver el cuestionario por equipos. De esta forma se pondrá en juego el caso i) de la variable IX: *tiempo*; luego, durante la comparación de respuestas podrá ponerse en práctica la variable VI, *corrección,* con pauta de puntaje.

Actividad 2.2: ¿Hasta dónde puede elevarse la temperatura de un sólido o de un líquido?

Cuestionario y experiencias

Se divide la clase en grupos y se reparten las siguientes consignas:

Después de observar los resultados de las experiencias a), b), c) y d), que se dan a continuación, podrán contestar las siguientes preguntas:

> 1) ¿Para qué se hace el sembrado de sal en las calles de las ciudades del hemisferio Norte que se hielan durante el invierno?
> 2) ¿Por qué se forman témpanos de hielo en zonas circundantes a los polos terrestres?
> 3) ¿Para qué se agregan aditivos anticongelantes en los radiadores de vehículos?
> 4) ¿Por qué los freezers y no los congeladores comunes permiten conservar por más tiempo los alimentos?
> 5) ¿Qué son el punto de fusión y el de congelamiento de una sustancia?
>
> Experiencias:
>
> a) Disponen de agua, un jarro, un termómetro de laboratorio y un mechero.

Construyan un gráfico temperatura del agua vs. tiempo, tomando datos cada 5 minutos. Prueben con 100 ml de agua y luego con 400 ml (aproximadamente). Señalen e interpreten las diferencias entre ambos gráficos.
b) Disponen de hielo, agua (20 ó 30 ml), un termómetro de laboratorio y un mechero. Construyan un gráfico de temperatura del sistema agua-hielo tomando datos cada minuto. Prueben con un cubito de hielo y luego con 3 ó 4. Señalen e interpreten las diferencias entre ambos gráficos. Propongan un gráfico de temperatura de calentamiento vs. tiempo para un sistema desde hielo hasta vapor de agua a partir de los datos que registraron (no necesitan hacer la experiencia).
c) Observen lo que ocurre en aspecto y temperatura en una mezcla hielo-agua a la que le agregan bastante sal común, con respecto a otra a la que no le agregan.
d) Muelan naftalina (según sea sintética o natural dará distintos datos: lean la fórmula en el envase) y repitan la experiencia de entregar calor y medir la temperatura del sistema cada minuto. Comparen el gráfico que obtengan con los anteriores y saquen conclusiones.
Luego de contestar el cuestionario busquen en bibliografía cuál es la diferencia entre calor y temperatura.

Reflexión metodológica sobre la actividad 2.2

Los objetivos de esta actividad son interpretar los procesos de cambio de estado de agregación y establecer las relaciones causa-efecto entre la transferencia de calor y la temperatura del cuerpo que recibe dicho calor.

Sin embargo, hay un objetivo adicional de comprensión implícito que requiere interpretar lo que pide el texto y diseñar la experiencia. En otras palabras, es muy distinto presentar la consigna de esa forma que proponer lo siguiente:

¡NO DE ESTO A SUS ALUMNOS!
- Coloquen 100 ml de agua en un jarro.
- Sumerjan el termómetro y calienten el sistema con el mechero.
- Registren el dato de temperatura inicial y cada 5 minutos.
- Luego de registrar 2 temperaturas iguales, retiren el calentamiento.
- Con los datos que han registrado construyan un gráfico de temperatura del agua vs. tiempo de calentamiento.

Es muy común que el docente —que sabe a qué conceptos quiere arribar— desmenuce en "comandos" las acciones a realizar por los alumnos.

Una secuencia de pasos detallada la puede ejecutar cualquier alumno, aunque no tenga la menor idea de para qué las está realizando.

Un alumno tal, estará preguntando al resto: "y ahora ¿qué hay que hacer?", o estará conversando de cualquier tema; desconcentrado, podrá tener accidentes o provocarlos a otros, etc. Haciendo una comparación con una situación de la vida real podríamos decir que la diferencia entre *saber para qué se hace una experiencia* (por haberla diseñado) y simplemente ejecutarla, es análoga a la que existe entre la reflexión "tengo que lavarle los platos a mi mamá" y "le ayudo a lavar los platos y vemos juntas la novela". La motivación es claramente distinta.

Por otro lado,

desde el enfoque del proceso de aprendizaje es fundamental reconocer que la comprensión de una operación compleja es un proceso intelectual de un nivel de exigencia superior que el necesario para comprender cada una de las operaciones involucradas (Aebli).

En otras palabras, *la comprensión global de un proyecto complejo exige un esfuerzo intelectual mayor que la sumatoria de las componentes de cada uno de sus pasos.*

Por lo tanto, si la consigna global no se da, y en cambio se detallan los comandos de los pasos a seguir, se deja que la comprensión del proyecto global corra por cuenta exclusiva de los alumnos. En ese caso es poco probable que se alcance el objetivo fundamental, por las dos razones ya explicadas:

i) Porque es un descubrimiento de mayor nivel intelectual que el requerido por la sumatoria de las comprensiones de cada consigna o comando dado; y

ii) porque antes de lograrlo perdieron la motivación, el entusiasmo y la concentración.

El hecho de presentar primero un cuestionario que apela a hechos cotidianos funciona como motivador. Algunas especulaciones sobre posibles respuestas —ya que es evidente que los alumnos querrán opinar antes de hacer las experiencias— harán "asomar" conceptos inclusores desde sus estructuras cognitivas. Otra forma de comenzar el tema podría haber sido una discusión

previa a partir del siguiente conflicto planteado por el docente (es un ejemplo del caso c) de la variable II):

"Un alumno sostiene que si continúo calentando una olla con agua que está hirviendo a 100ºC, la temperatura ascenderá hasta 110 ó 120ºC.
Otro alumno replica que no es así pero no sabe cómo justificarlo.
¿A quién le darías la razón y por qué?"
Se ve, entonces, que:

> *toda experiencia debe ser precedida de un cuestionario o de una consigna global.*

Es fundamental que se parta de una pregunta viva en el interior de los alumnos —que tenga sentido real—, para que la actividad siguiente resulte atractiva y estén motivados a empezarla y a *concluirla*. Si esto no se tiene en cuenta, ocurre que frente a una experiencia concreta los alumnos se entusiasman inicialmente, pero a medida que pasa el tiempo se les desdibuja el objetivo, pierden interés... empiezan las indisciplinas... los regaños y amenazas del docente... y su triste conclusión general: "¡NO SE PUEDEN HACER EXPERIENCIAS DE LABORATORIO CON LOS ALUMNOS PORQUE SE PORTAN MAL, ES PELIGROSO, TERMINO AGOTADA/O Y ELLOS NI SIQUIERA SABEN LO QUE TIENEN QUE ESCRIBIR EN EL INFORME!"...

El cuestionario inicial, además, apunta a disminuir el abismo (variable I) entre lo que se aprende en la escuela y lo que se vive en la realidad, y entre el aprendizaje teórico y su aplicación a otros casos, según lo expresado en las consideraciones generales de la variable VIII. Estimula, también, la formación de relaciones nuevas e inteligentes durante el tiempo de discusión y da lugar para trabajar las variables II y IV.

La actividad de búsqueda bibliográfica —hay que facilitar el acceso a los textos correspondientes—, apunta a que relean el tema e incorporen información adicional, para que los conceptos que se están aprendiendo se retroalimenten.

Es indispensable, además, *después de cada actividad, hacer metacognición* (relea la variable VII). Será maravilloso ver, luego, plasmadas en informes leyendas tales como:... "hicimos esta experiencia para ver si"...; o bien, ..."después de la discusión todos nos pusimos de acuerdo en que"..., etc.

Para cumplir ahora la variable de evaluación, deberá continuar una actividad escrita con posterior discusión, corrección y calificación. Me estoy refiriendo a una *evaluación del proceso de aprendizaje realizado*. Recordemos que la calificación en este caso surgirá desde un patrón de corrección claramente discutido

con los alumnos, pero cuyo fin será una autocalificación. (Sugiero que relea la variable de *corrección)*. Este punto es sumamente importante pues para los alumnos implica una reflexión metacognitiva posterior a la corrección: "cuánto sé, cuánto no sé, cuáles eran mis errores, cuáles pude superar, cuáles quedan aún sin resolver antes del examen definitivo".

Como ejemplo de instrumento de evaluación presento el siguiente juego, cuya resolución implica un nivel alto de comprensión del tema estudiado, es coherente con el nivel de las actividades 1.1, 1.2, 1.3, 2.1 y 2.2 y sus respuestas están aseguradas en la bibliografía presentada en el Capítulo III. Evidentemente, algunos de los conceptos evaluados implican un nivel de escuela secundaria. Se trata sólo de mostrar un ejemplo en el que, en vez de solicitar definiciones apuntando a objetivos memorísticos, se bucea en la estructura cognitiva de los alumnos exigiendo un nivel de comprensión para la justificación de la respuesta.

Actividad 2.3: Evaluación de las Unidades 1 y 2

Juego del Diccionario

Deben decidir cuál de las definiciones corresponde a cada concepto.
Si bien es cierto que hay más de una forma de expresar la definición correcta, ¡atención! *sólo una de las opciones es la verdadera y lo importante es la justificación que se haga de la elección de una alternativa y el descarte de las otras.*

Vibración:
a) Cada movimiento de doble oscilación alrededor de una posición de equilibrio.
b) Movimiento irregular y azaroso de las moléculas en un líquido.
c) Unidad de intensidad del movimiento circular armónico.

Molécula:
a) Mínima división química en que puede fragmentarse la estructura de la materia.
b) Dícese de la unidad de peso más pequeña con la que puede caracterizarse a una sustancia.
c) Agrupación definida y ordenada de átomos, que es la menor proporción en que puede separarse una sustancia sin alterar su composición química.

Energía:
a) Causa capaz de transformarse en trabajo mecánico.

b) Fuente de radiación electromagnética.
c) Potencia que se libera al colisionar dos moléculas.

Calor:
a) Materia que se desplaza a través de un cuerpo para nivelar la temperatura entre sus extremos.
b) Energía que se manifiesta dilatando cuerpos, fundiendo sólidos y evaporando líquidos, comunicándose de unos a otros hasta nivelar su temperatura.
c) Energía potencial del fuego para elevar la temperatura de cualquier objeto.

Temperatura:
a) Sensación cutánea causada por la acción de un cuerpo caliente o frío sobre la piel de los seres vivos.
b) Escala que mide la amplitud de la vibración molecular.
c) Grado de intensidad del calor de los cuerpos.

Caloría:
a) Forma de energía en que se convierten los alimentos luego de ser ingeridos.
b) Unidad de valor nutritivo de los alimentos.
c) Cantidad de calor necesaria para calentar 1 gr de agua desde 14º C hasta 15º C.

(Las respuestas correctas son las opciones a); c); a); b); c) y c), respectivamente.)

Reflexión metodológica de la actividad 2.3

Está claro que un instrumento de evaluación como éste permite hacer un examen a libro abierto; más aún, de nada servirán ayudamemorias si los distractores (opciones falsas) son buenos.

Como los alumnos no están acostumbrados a estos exámenes donde hay que pensar, sugiero que como actividad previa se haga un juego del diccionario en forma de competencia grupal —obviamente con otros conceptos— de la siguiente forma:

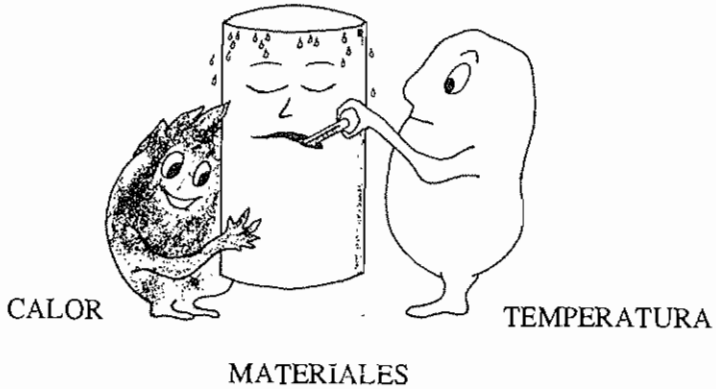
Ud. puede tener algunos conceptos escritos en papeles y los alumnos, en grupo, eligen uno o dos, en un sorteo. Cada grupo deberá buscar en la bibliografía la definición correcta del concepto que le tocó y redactar las falsas.

Luego, se leen las opciones que cada grupo preparó y el resto de los alumnos, individualmente, tiene que votar por alguna de ellas. El escrutinio se registra en la pizarra e, inmediatamente, se da a conocer la definición verdadera. Ganará el

equipo que haya "engañado" a más contrincantes, en la medida en que más integrantes de los otros equipos hayan optado por las definiciones equivocadas.

Poner en práctica este tipo de actividad señalada en el caso ii) a) de la variable VIII, garantiza la estimulación de un pensamiento "reversible" en los alumnos (relea la variable V), y cumple con lo expuesto para la variable VI.

Otra actividad motivadora, que puede emplearse en distintos momentos del proceso enseñanza-aprendizaje es solicitarles a los alumnos que dibujen diagramas conceptuales (en forma de afiches), en una especie de concurso por grupos, donde seguramente los alumnos harán alarde de soltura, simpatía y también conocimientos sobre el tema. Por ejemplo, y para mostrar el caso inverso, puede solicitarse a los alumnos que emitan su opinión sobre un dado diagrama conceptual, como el siguiente:



Hacer "comics" sobre algún tema en estudio, como tarea creativa de competencia entre grupos, o interpretar chistes relativos al tema en cuestión, recortados de periódicos y/o revistas, puede ser una magnífica forma de conocer mejor a los alumnos y de abrir un espacio de expresión que no se da de otra forma en el aula o el laboratorio.

UNIDAD 3: EL CALOR. LOS MATERIALES AISLANTES Y CONDUCTORES.

Actividad 3.1: Materiales aislantes y conductores del calor.

Se realizará el siguiente juego, con la clase dividida en grupos y luego se

escucharán las respuestas y argumentaciones de cada grupo en una puesta en común. Dichas respuestas deberán estar escritas, aunque se expongan oralmente.

El juego de los consejos útiles

Si escucharan los siguientes diálogos entre las personas A, B y C ¿qué argumento defenderían y por qué, en cada caso?

Caso 1:
A: ¿Te gusta mi nueva chaqueta de cuero?
B: Sí, pero abrigan más las de nylon "inflado" y las de piel.
C: Tonterías, el cuero abriga y está de moda.

Caso 2:
A: En el verano no se aguanta el calor en mi dormitorio porque da el sol toda la tarde sobre la pared.
B: Píntela de negro, así le hará sombra y estará más fresco.
C: Mejor píntela de blanco o revístala de aluminio.

Caso 3:
A: Ayer me quemé los dedos al retirar una bandeja del horno.
B: ¡Pero claro, deberías haber tomado la fuente con un guante de tela!
C: Y si lo hubieras mojado con agua fría, mucho mejor.

Respuestas:

Caso 1: El material de las chaquetas "infladas" forma una capa aislante que protege mejor del frío: por el lado exterior su temperatura es como la ambiente, y en su interior aísla y mantiene la temperatura corporal. Las pieles mantienen una capa de aire entre los pelos, que toma una temperatura más cercana a la corporal y se comporta como una capa aislante. El cuero rasado, no forma ninguna capa aislante y si fuera más grueso sería pesadísimo.

Caso 2: El negro absorbe todo el espectro de luz solar y, por lo tanto, un objeto pintado de ese color se recalienta. El blanco, y mucho más el espejado, reflejan la luz solar, es decir, la "rechazan", por lo tanto, los cuerpos pintados con esos colores no se calientan tanto como los pintados de otro color, al ser expuestos a la luz solar.

Caso 3: Las telas de algodón son materiales aislantes del calor, en cambio, el agua conduce el calor, y aunque estuviera fría, pronto se convertiría en vapor caliente y ¡ay!... quemará la piel.

Reflexión metodológica sobre la actividad 3.1:

Esta vez, el conflicto inicial surge como lo expresado en el caso a) de la variable II.

La conclusión del juego deberá ser que no todos los materiales aíslan o conducen el calor de la misma manera. Como este tema es, sin duda, conocido vivencialmente por todos los alumnos, el juego, seguramente, los entusiasmará, pues todos tendrán algo que decir, acotar, agregar o argumentar. Es una ocasión magnífica para poner en evidencia los conceptos y las relaciones correspondientes al tema que "guardan" los alumnos en sus respectivas estructuras cognitivas. Se pone en práctica, con toda su potencia, la variable III y en la puesta en común las variables IV y V. Si bien habrá autoevaluación en los alumnos por haberse adherido a uno u otro razonamiento, no habrá pautas de corrección (variable VI), por cuanto es un tema nuevo.

Durante la puesta en común, el docente identificará y señalará a la clase los puntos donde se cometieron errores, pero no como castigo, sino porque allí es donde se necesita tener más información, y esto dará pie para reconocer la necesidad de investigar más sobre este tema.

Sugiero, como continuación, las actividades 3.2.a; 3.2.b y 3.2.c para nivel primario a partir de 4º grado.

Actividad 3.2: Eficiencia de distintos materiales para conservar el calor.

Las experiencias que se presentan a continuación pueden realizarse en el aula y sólo requieren materiales simples.

La experiencia 3.2.b. tiene como pre-requisito que los alumnos hayan trabajado con gráficos cartesianos.

Todas las experiencias requieren un compromiso de orden por parte de los alumnos: es conveniente **hablar con ellos** sobre los riesgos de trabajar con agua caliente, posibles accidentes y cómo evitarlos. Como medida de seguridad general, el lugar donde se calienta el agua debe estar apartado, y debajo de cada recipiente de trabajo que contenga agua caliente, podrá colocarse una bandeja, por si éste se volcara.

La clase se divide en grupos y se les reparten secuencialmente las consignas. Luego de cada experiencia se hará una puesta en común.

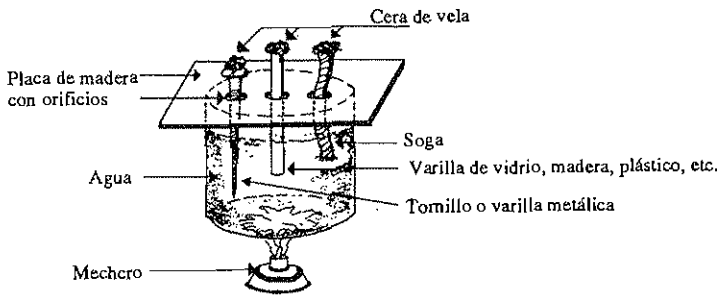
Para las experiencias 3.2.a y 3.2.b deberán buscarse recipientes de forma idéntica, para observar sólo una variable: la difusión o aislación térmica que caracteriza al material en estudio. Como conseguir esos recipientes idénticos no es fácil, habrá que discutir esta aproximación a la situación ideal con los alumnos (aquéllos que estén en un nivel de pensamiento operatorio concreto no verán la necesidad de mantener "todas las variables fijas excepto una"; y sí lo compren-

derán aquellos alumnos que operen formalmente con pensamiento hipotético-deductivo). Vale la pena señalar esta cuestión y hablarlo con toda la clase, porque estimulará, en algunos alumnos, la transición de un nivel de pensamiento a otro.

Experiencia 3.2.a.:
Dados recipientes de distintos materiales, agua caliente, un reloj y un termómetro de laboratorio con un soporte, diseñar una experiencia para decidir cuál material retiene más el calor.

Experiencia 3.2.b.:
Idem a la anterior pero sacando conclusiones a partir de un gráfico de temperatura vs. tiempo.

Experiencia 3.2.c.:
Armar el siguiente equipo: llenar con agua hasta la mitad un jarro ancho; colocar sobre él una placa de madera en la que se hayan practicado orificios, por donde se puedan atravesar objetos de diferentes materiales (lápices, varillas de vidrio, alambres, una soga, una varilla de plástico, un tornillo largo, etc.). Para afirmar los objetos en los orificios se puede utilizar masilla.
Sobre el extremo superior de cada elemento atravesado volcar unas gotitas de vela. El equipo quedará así:



Una vez armado el sistema, calentar el agua con un mechero de alcohol y observar cuál de los topes de cera se derrite antes. Se puede anotar el tiempo.

Reflexión metodológica sobre la actividad 3.2.

La riqueza experimental de estas propuestas depende de la variedad de materiales que se consigan para realizarlas. Además, como ya hemos visto, el diseño de las mismas debe surgir de la visión global de los alumnos acerca del objetivo del experimento y su armado conjunto será la clave para lograr compromiso con el trabajo.

Recordemos que el trabajo intelectual que se requiere para el diseño de la experiencia y para arribar a conclusiones *a priori*, a partir de hipótesis sobre las que aún no se experimentó, es de un nivel muy alto; retomar y rescatar este esfuerzo estimula la transición al pensamiento formal.

Durante las experiencias, y a partir de la puesta en común de las conclusiones, surgirán importantes conceptos y relaciones. El docente, que así lo ha planificado, los rescatará, clasificará y reforzará para que los alumnos sean conscientes de que están aprendiendo "algo nuevo". Tal es el caso de las definiciones de "calor", "material aislante", "material conductor", "caloría", etc. La definición de "caloría" particularmente, puede trabajarse a partir de la experiencia 3.2.b. al observarse el hecho de que se necesita más tiempo para que descienda la temperatura 5°C, si el agua está por debajo de 60°C aproximadamente, respecto de la que está a mayor temperatura.

Para finalizar, puede preguntarse ¿qué es el calor? ¿qué relación existe entre luz y calor? y resultará interesante comparar las respuestas que surjan ahora, con aquéllas que elaboraron los mismos alumnos en la actividad 1.2. Será una excelente oportunidad de metacognición preguntarles el por qué de las diferencias entre ambas respuestas. Habrá así, también, una magnífica oportunidad de autoevaluación, pues las diferencias entre dificultades de expresión o nivel de seguridad en las respuestas serán indicadores de la evolución cognitiva de los alumnos.

Pero, atención, a veces se observa que las respuestas del principio son más espontáneas y aparentemente seguras, aunque imprecisas y más adornadas con ejemplos. Frecuentemente, después de reconocer lo difícil que es aprender conceptos nuevos, los alumnos son más cautos para contestar sin reflexionar y no se precipitan. Es, justamente, esta capacidad de reflexión y duda la medida de autocrítica a la que apuntábamos en el comienzo y final del Capítulo I (¿Qué vamos a enseñar? y Conclusiones).

Para finalizar el tema y trabajar las relaciones "calor y cantidad de masa" y "calor y energía luminosa" sugiero a continuación la actividad 3.3 para el nivel de primaria desde 5to grado, cuya reflexión metodológica propongo como trabajo para el lector.

Actividad 3.3: Relaciones entre masa, calor y energía.

Experiencia 3.3.a.:
¿Cómo creen que variará la cantidad de tiempo necesario para calentar una tetera (de un litro de capacidad) y una olla (de 5 litros de capacidad) llenas de agua? ¿Cómo confirmarían la hipótesis? Diseñen una experiencia para ello sabiendo que disponen de dos jarros idénticos, agua, un medidor de volumen y un termómetro de laboratorio.

Experiencia 3.3.b.:
Disponen de tres termómetros de laboratorio. Si a uno le pintan el bulbo con tinta negra indeleble, a otro con corrector de máquina de escribir (blanco) y envuelven al tercero en papel de aluminio, y colocan los tres termómetros al sol del mediodía por un rato... ¿qué esperan observar y por qué?

Actividad 3.4: Evaluación global de las unidades 1, 2 y 3.

A continuación presentaré algunos ejemplos de instrumentos de evaluación totalmente diferentes a los que se utilizan tradicionalmente. Estos instrumentos tienen objetivos que implican pensamientos del nivel de comprensión; es decir, para responderlos no sólo hay que tener información (haber estudiado), sino que se necesita poder establecer nuevas relaciones causa-efecto, poder extrapolar y hacer inferencias.

Estos instrumentos pueden utilizarse también en otros momentos del proceso enseñanza-aprendizaje: para motivación, como generadores de conflictos cognitivos previos al desarrollo del tema, como cuestionarios para evaluar procesos a partir de haber trabajado dichos temas, o bien con fines calificatorios. Pero ¡atención!, si nunca durante el proceso de aprendizaje los alumnos tuvieron algún tipo de entrenamiento en este nivel, el resultado de tal evaluación puede ser desastroso y los alumnos quejarse con razón.

Hay una clave ética fundamental que requiere evaluar en coherencia con los objetivos, habiendo enseñado en coherencia con dichos objetivos.

A cada pregunta de la evaluación corresponde una reflexión metodológica.

Todas están pensadas para cumplir con algunas de las variables expresadas en el Capítulo I. Le propongo como trabajo de evaluación sobre lo que Ud. aprendió, que escriba dichas reflexiones metodológicas. Una sola ayuda obvia: la variable de Corrección será fundamental por tratarse de una evaluación con fines de calificación.

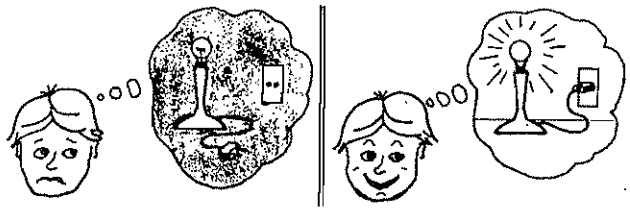
Aclaración: Las preguntas 1) b), 3) caso 2) y 3) caso 4) requieren información que excede la expuesta en el Capítulo III; se trata de ejemplos especiales para integración con otras disciplinas del área de Ciencias Naturales.

Evaluación global sobre las unidades 1, 2 y 3

Pregunta 1
A continuación encontrarás tres listas de conceptos; deberás:
a) Colocar el título de la Unidad (1, 2 ó 3) que consideres que tiene mayor relación con cada listado.
b) Justificar la relación que existe entre el título que le diste a cada listado y:
i - El concepto Nº 6 del primer listado.
ii - El concepto Nº 6 del segundo listado.
iii - El concepto Nº 8 del tercer listado.

Listado 1:
1) abrigo; 2) techos de chapa, paja, madera, etc.; 3) sombra; 4) asas de ollas; 5) propagación del calor en el vacío; 6) el efecto invernadero debido a contaminación ambiental.
Listado 2:
1) Cero absoluto; 2) temperaturas solares; 3) bomba atómica; 4) combustión; 5) máquinas de vapor; 6) centrales termonucleares.
Listado 3:
1) Sensación térmica; 2) fiebre; 3) hervir para potabilizar; 4) climas; 5) estaciones del año; 6) obtención de fuego; 7) hornos; 8) energía solar.

Pregunta 2
¿El dibujo siguiente tiene algo que ver con la pregunta 1? ¿Por qué?



Pregunta 3
Dados los siguientes casos decide
Con qué argumento estás de acuerdo ¿Por qué?

Caso 1:
¿Para qué sirve el baño de María?
A: Para que no se pegue la comida en el recipiente sumergido.
B: Para que el recipiente sumergido reciba una temperatura máxima de 100°C.
C: Para mantener el nivel del agua en el recipiente exterior.

Caso 2:
A: En la Luna hace mucho frío porque está muy lejos del Sol.
B: No, solamente hace frío en la cara oculta de la Luna, en la cara que vemos hace mucho calor.
C: Las temperaturas allí son extremas porque no hay atmósfera.

Caso 3:
A: Para freír papas en aceite caliente, hay que secarlas muy bien antes.
B: Sí, porque el aceite hace hervir el agua y salpica.
C: Sí, porque si están mojadas el agua hace hervir el aceite y salpica.

Caso 4:
A: Los astronautas nunca podrán llegar al Sol.
B: Si van de noche sí.
C: No podrán descender, pero acercarse sí, pues en el espacio hay vacío, y el calor no se propaga en el vacío.

Respuestas de la evaluación

Pregunta 1:
a)
Primer listado corresponde a Unidad 3.

Segundo listado corresponde a Unidad 2.
Tercer listado corresponde a Unidad 1.

b):
i) El efecto invernadero y la contaminación ambiental:
La atmósfera está formada por los gases que constituyen el aire. Forma una capa poco conductora del calor que atempera las oscilaciones de temperatura diurna y nocturna características de otros cuerpos celestes que carecen de ella.
El enriquecimiento de la atmósfera en dióxido de carbono se traduce en un impedimento de la disipación del calor solar que llega a la Tierra, contribuyendo al aumento de la temperatura media del planeta.
ii) Al entregarle calor a un recipiente cerrado y que contiene agua, ésta se calentará hasta la ebullición, entonces, se convertirá en vapor y aumentará la presión interna del sistema. Este aumento de presión puede utilizarse para generar trabajo mecánico; y éste, a su vez, puede utilizarse para generar electricidad.
iii) El Sol es nuestra fuente de calor primaria, la única estrella del sistema. El Sol condiciona la existencia de vida en nuestro planeta. El calor que recibimos resulta de la propagación de luz a través del vacío desde el Sol hasta la Tierra. La luz visible es sólo una parte del espectro de ondas electromagnéticas que irradia el Sol; las radicaciones infrarrojas son las responsables, entre otras, del calor que percibimos.

Pregunta 2
Para responder a la pregunta 1 debimos hacer relaciones entre los conceptos listados, que tienen que ver con situaciones cotidianas, y los temas de calor y temperatura que se estudiaron en clase a partir de otras situaciones. Poder establecer estas relaciones es un esfuerzo de comprensión, que ayuda simultáneamente al refuerzo del concepto estudiado y a conectar en forma coherente estos conceptos cotidianos. "Si los pudimos conectar, establecimos nuevas relaciones inteligentes":... se *"prendió la lamparita"* de la inteligencia.

Pregunta 3
Caso 1:
El agua no puede elevar su temperatura por encima de 100°C (si está a presión atmosférica). Si dejo mucho tiempo sobre el fuego sólo se evaporará el agua, pero no subirá la temperatura; esto implica que un recipiente sumergido en baño de María recibirá continuamente una temperatura de 100°C y no más.

Caso 2:

La Luna muestra a la Tierra una sola cara, pero el Sol le ilumina ambas caras durante el transcurso de un día lunar, que dura 28 días terrestres.

La atmósfera terrestre cumple el papel de una capa semiaislante: por un lado, impide un recalentamiento de la superficie por acción de los rayos del sol, y por otra, impide que el calor recibido durante el día se pierda rápidamente al espacio durante la noche. Es una suerte de aislante-regulador de la temperatura de la superficie terrestre. La Luna no tiene atmósfera y sus temperaturas superficiales son extremas.

Caso 3:

El aceite hierve a temperaturas mayores que 120°C, pero el agua hierve a 100°C. Al sumergir en aceite a más de 100° un material húmedo, el agua contenida en dicho material hervirá instantáneamente, se convertirá en burbujas de vapor que querrán salir de la masa de aceite líquido, produciendo proyecciones violentas con las consiguientes salpicaduras.

Caso 4:

En el espacio no existen el día y la noche, sólo existen las "caras" que miran al Sol, y las caras ocultas.

El calor es una radiación electromagnética que se propaga en el vacío. Al "chocar" con materia, le cede parte de su energía provocando un aumento en la vibración y en la velocidad de las moléculas de dicho material. Este material podrá, entonces, aumentar su temperatura en mayor o menor grado, según sus propiedades para absorber dicha radiación, y podrá propagar ese calor en mayor o menor grado, según sus propiedades conductoras del calor.

EJEMPLO DE QUÍMICA: SOLUBILIDAD

Actividad 1: ¿Qué es disolver?

Cuestionario:

Dado a los alumnos para ser contestado en grupos para su posterior discusión grupal (puesta en común).

1) Cuando decimos que el azúcar se disuelve en el té caliente... ¿queremos decir que "desaparece"? ¿Se funde?... o ¿qué?
2) ¿Podrías disolver todo el azúcar que quieras en una taza de té? ¿Por qué?
3) ¿Es posible disolver azúcar en aguarrás, gasolina y/o alcohol?

Reflexión metodológica sobre la actividad 1

El objetivo de esta actividad apunta a acercar al nivel de la conciencia los conceptos relacionados con el tema de "Solubilidad" que funcionarán como conceptos inclusores, es decir, puentes cognitivos, para el nuevo aprendizaje.

También el cuestionario sirve de motivador mediante la generación de conflictos en la pregunta 3), que prepara el terreno para la actividad siguiente.

En general, utilizar un primer cuestionario que apunte a los objetivos mencionados, formado por preguntas disparadoras de ideas que estén relacionadas con acontecimientos de la vida cotidiana, es una buena forma de comenzar un tema.

Como ya dijimos anteriormente, los conceptos inclusores están presentes en la estructura cognitiva de cada sujeto, y están "engarzados" en relaciones con otros conceptos. Son precisamente esas relaciones las que queremos acercar a la conciencia de los alumnos. Si los estimulamos para que las hagan explícitas, "verán" si son correctas, si son falsas, si están incompletas; a partir de allí, se los podrá ayudar a construir el nuevo conocimiento.

Desde la discusión generada por estas preguntas surgirán dudas en los alumnos, que el docente rescatará y capitalizará como aquéllas que "se investigarán próximamente", ya sea para decidirse por opciones contrarias, para verificarlas, etc.

Los alumnos tendrán, de esta forma, la sensación de participar en la planificación de las clases, lo cual es cierto en el siguiente sentido: un docente que planifica VERIFICAR la solubilidad del azúcar en distintos líquidos, está decidiendo *a priori* la actividad de los alumnos. Si así se lo transmite a sus alumnos establecerá un vínculo diferente (más rígido e inflexible) que aquel docente que lo plantea como *una alternativa de trabajo que surge de la necesidad cognitiva de la clase.*

No se trata de fomentar una postura demagógica (... "si quieren estudiarlo, sí; si no quieren, no"). No se trata de "hacerles creer" que ellos deciden. *Se trata de hacerlos partícipes y responsables de las acciones a seguir, lo cual redundará en un compromiso de trabajo diferente por parte de ellos.*

La discusión grupal del cuestionario da pie al docente para presentar la actividad 2.

Actividad 2: Convocatoria al diseño de una experiencia.

Como dijimos, a partir de las reflexiones originadas por la pregunta 3) de la actividad 1, el docente plantea a la clase la posibilidad de investigar el comportamiento del azúcar en distintos solventes.

Resultará muy interesante comparar las propiedades de disolución del azúcar con las de otros sólidos, para lo cual el docente propone una lista de sólidos y líquidos que se pueden traer a la clase para investigar. Por ejemplo:

Sólidos: azúcar, sal, naftalina común, naftalina sintética, desodorante sólido para inodoros, harina, talco, etc.

Líquidos: agua, quitaesmalte, gasolina, aguarrás, solvente de ferretería, alcohol fino, vinagre, aceite de cocina, jugo de limón o naranja, etc.

Se recomienda seleccionar algunos de los sólidos en esta etapa inicial, como azúcar, naftalina común y talco.

El docente conjuntamente con los alumnos, deberán ponerse de acuerdo en las siguientes cuestiones para diseñar la experiencia correspondiente:

1) Quién va a traer cada material y cuánto necesitan (deberán pensar, además, en tubos de ensayo, gradillas, espátulas y demás elementos).

2) Cuánto volumen de cada solvente se pondrá en cada tubo (deben llegar a la conclusión de poner igual cantidad en cada tubo).

3) Cuánto sólido intentar disolver cada vez (deben llegar a la conclusión de utilizar la misma cantidad cada vez).

4) Cuántas pruebas se harán con cada sólido (si se traen 8 líquidos se harán 8 pruebas con cada sólido).

5) Qué se observará y cómo se rotularán los distintos comportamientos (deberá concluirse que se observará y rotulará como "soluble totalmente", "insoluble" y "parcialmente soluble").

6) Cómo se va a presentar la información obtenida (se concluirá que un cuadro de doble entrada es ideal; en un eje los sólidos, y en el otro los líquidos).

Reflexión metodológica sobre la actividad 2.

La actividad de diseñar la experiencia exige presentar las preguntas 1) a 6) a la clase, dejar que se discutan un poco grupalmente y luego, en una puesta en común, generalizar las ideas de tal forma que queden enumeradas claramente las consignas a desarrollarse en el trabajo práctico.

Otro enfoque (más conductista) hubiera salteado la actividad 2 y, en su

reemplazo, entregaría directamente a los alumnos dicha listas de consignas, como, por ejemplo, las siguientes:

¡NO ENTREGUE ESTO A SUS ALUMNOS!

Práctica de solubilidad.

a) Dispongan 24 tubos de ensayo en una gradilla.
b) Coloquen en cada tubo 4 ml de solvente y rotúlenlos. Quedarán 3 tubos con agua, 3 con alcohol, 3 con gasolina, etc.
c) Agreguen una punta de espátula de la primera muestra sólida en cada uno de los 8 tubos con distintos solventes. Es importante que la cantidad de sólido sea aproximadamente la misma para poder sacar conclusiones.
d) Agiten cada tubo, observen y anoten si la sustancia es "soluble totalmente", "insoluble", o "parcialmente soluble".
e) Repitan la experiencia con cada muestra sólida.
f) Presenten las observaciones en una tabla de doble entrada como la siguiente:

Sustancias sólidas:	azúcar	naftalina	talco
Solventes:			
agua			
alcohol			
quitaesmalte			
etc.			

La diferencia entre ambas actividades es fundamental: la segunda es la receta, la primera es el diseño de una experiencia.

No es lo mismo para el alumno recibir pasivamente la receta elaborada y tener que ejecutarla, que discutir el diseño de la experiencia y deducir ese conjunto claro y preciso de consignas a seguir.

Durante el armado conjunto entre el docente y los alumnos, estos últimos

reciben estímulo para el pasaje al pensamiento operatorio formal (Piaget), por varios motivos:

- Por un lado tienen que internalizar el objetivo del trabajo, sentir la necesidad de resolver el problema y, por lo tanto, elaborar esquemas de acción.
- Discutir dichos esquemas —sustentados en teorías propias— con las hipótesis de trabajo de sus compañeros, implica un "armar y desarmar secuencias de acciones"; es decir, estimular la reversibilidad del pensamiento (Aebli).
- Por último, para el alumno que aún está en un nivel de pensamiento concreto, será posible observar cómo deben trabajarse las variables, de a una por vez; y, al mismo tiempo, cómo deben analizarse todas las situaciones probables, según las posibilidades de combinatoria.

La diferencia entre que el docente planifique la experiencia y/o discuta con los alumnos dicha planificación pone en juego la variable primera: el abismo. En este sentido, podemos asegurar que la pasividad del alumno que sólo ejecuta órdenes, sin tener conciencia de qué y para qué está experimentando, sin saber qué y para qué debe observar, termina en una conducta indisciplinada, dispersa, que conduce a lo expresado en la Reflexión metodológica sobre la Actividad 2.2 del ejemplo de Física. El entusiasmo por trabajar con material concreto se esfuma con el tiempo y con la confusión de no saber el sentido de lo que se hace, más allá del "¡hay que hacer lo que dice la guía y listo!"

Actividad 3: Solubilidad y polaridad

Cuestionario

Una vez realizada la experiencia de solubilidades, y a partir de los datos que obtuvieron, contesten:

1) ¿Por qué puede decirse que el azúcar y la naftalina tienen comportamientos de solubilidad "opuestos"?
2) Diseñen una experiencia para verificar el comportamiento de solubilidad mutua entre los solventes utilizados.
3) Discutan los resultados de la experiencia 2) con el docente.

Reflexión metodológica sobre la actividad 3.

Este cuestionario apunta a niveles altos de comprensión. Por un lado está

pidiendo conclusiones, inferencias. Para analizar el caso de solubilidades opuestas, los alumnos deberán seleccionar los casos a comparar y establecer una relación causa-efecto.

La pregunta 2) tiene como objetivo verificar si los alumnos incorporaron la metodología de armar (diseñar) un experimento con situaciones de combinatoria. Nuevamente será mejor que construyan una tabla de doble entrada, pero esta vez con los mismos parámetros en ambos ejes, es decir, con la lista de solventes tanto en abscisas como en ordenadas, para verificar el comportamiento de solubilidad de cada líquido en los otros. Deberán analizar por sí mismos los ítems 1 a 7 de la actividad anterior.

La tercera pregunta tiene como objetivos:

- Por un lado, reconocer en los grupos de alumnos la existencia de pensamiento formal y/o la falta del mismo, con la posibilidad de ayudar a estos últimos a diseñar la experiencia.
- Por otro lado, una vez realizada la experiencia, y antes de que los alumnos entreguen los resultados definitivos, se discuten, en una puesta en común, los resultados obtenidos; en ese momento algunos alumnos pueden darse cuenta de variables que no consideraron antes, y puede completarse algún experimento que no fue previsto.

De la puesta en común surgirán los nuevos conceptos de "polaridad" y "no polaridad".

Es interesante volver a analizar el concepto de solubilidad que ahora podrá trabajarse desde el de "solubilidad mutua de solventes", haciéndose más accesible la comprensión del concepto de solubilidad parcial, al discutirse las observaciones surgidas por el agregado de distintas proporciones de un solvente en otro: lo que para algunos grupos pudo parecer "soluble", para otros no, debido, justamente, a la solubilidad parcial de ambos solventes.

Al final de la discusión general el docente podrá preguntar a la clase cuál es la relación que creen ellos que existe entre la solubilidad y la temperatura. Esta interrogación será la motivación y nexo con la siguiente actividad.

Actividad 4: Dependencia de la solubilidad con la temperatura.

Experiencia

Colocar media tableta de aspirina molida en un tubo de ensayos. Agregar agua hasta completar la mitad del tubo. Introducir la varilla y, tomando el tubo

con una pinza de madera, calentar hasta ebullición suave y continua. (¡No enfocar la boca del tubo hacia personas!). Luego de unos momentos a ebullición, dejar enfriar y observar atentamente.

Cuestionario

1) ¿Qué se observa en la experiencia?
2) ¿Cómo se puede interpretar dicha observación?
3) ¿Cómo se podrían separar los sólidos blancos componentes de la aspirina?
4) ¿Para qué creen que hicimos esta experiencia?
5) Busquen en los manuales la solubilidad de la aspirina (ácido acetilsalicílico).
6) Calculen cuánta agua se necesitaría para disolver en agua fría 1 gr de aspirina pura. Qué dato hace falta para el mismo cálculo si se dispone de 1 gr pero de comprimido comercial de aspirina.
7) Probar la solubilidad de los cristales de aspirina en otros solventes. Escribir las observaciones y discutirlas con el docente.

Reflexión metodológica de la actividad 4.

Esta vez, no se ha pedido a los alumnos que diseñen la experiencia, y esto se debe a que aún no tienen el concepto de recristalización y difícilmente pueda buscarse un concepto similar (el proceso de recristalización no es una experiencia común de la vida cotidiana). Es fundamental, entonces, incluir una pregunta como la 5) que implica una reflexión metacognitiva.

Evidentemente, este tema pertenece a una clase de escuela secundaria, probablemente 3er año. En este nivel los alumnos estarán más capacitados para organizar la tarea, ya que seguramente tienen pensamiento formal. El asunto es que para aprender significativamente estos conceptos de Química, nuevos para ellos, necesitan aún trabajar con material concreto. Es decir, aunque el individuo que aprende haya desarrollado pensamiento formal en algún contenido o disciplina, frente a un concepto totalmente nuevo estará operando con nivel concreto de pensamiento (Piaget), independientemente de la edad.

Cuando se aborda un tema absolutamente nuevo desde la planificación, conviene contemplar la utilización de material concreto. A veces, el material concreto se refiere a elementos para el trabajo manual, como en este caso, pero puede tratarse de la discusión sobre historias vividas por los alumnos, como

en los casos de cuestionarios previos, ya que estos relatos *son* "material concreto" para el que aprende.

Durante la puesta en común del cuestionario, surgirán los conceptos de "saturación", "solución diluida y concentrada", "sobresaturación" y "recristalización".

Si se ha realizado además el trabajo de la Unidad 2 del ejemplo de Física, surgirán interesantísimas relaciones de comparación y diferenciación entre los procesos de disolución y fusión de un sólido, que tan frecuentemente confunden a los alumnos.

EJEMPLO DE BIOLOGÍA: DIVISION CELULAR. MITOSIS.

Actividad 1: Reproducción celular vs. reproducción de individuos.

Se divide la clase en grupos de 3 ó 4 alumnos y se les entrega el siguiente cuestionario, cuyas respuestas deberán escribir, pero sin recurrir a la bibliografía.

Cuestionario

Responder a las siguientes preguntas:

1) Qué respuesta podría darse a la pregunta: "Si los bebés nacen porque el papá puso una semillita en la panza de la mamá, ¿por qué yo tengo los ojos y el pelo como los de mamá?"
2) Dar una explicación a la pregunta: "¿Por qué crece un bebé?"
3) ¿Cuáles son las semejanzas y las diferencias entre los dos procesos involucrados en las preguntas anteriores?
4) ¿Qué diferencia hay entre la manera de crecer de una ameba y la de un bebé?
5) ¿Cuál es la diferencia entre la reproducción de una ameba y la de una célula cualquiera de un bebé?

Reflexión metodológica sobre la actividad 1.

El cuestionario tiene como objetivo hacer una evaluación diagnóstica de los conceptos relacionados con la división celular.

Durante su resolución se pondrán en juego las variables II, III y IV, que serán explicitadas y presentadas por grupo para su discusión (variable V).

Si el tema del cuestionario fue estudiado como tema anterior, el cuestionario puede tener carácter de evaluación con fines de calificación, y no sólo con objetivos de diagnóstico sobre existencia de conceptos y relaciones que son prerrequisito del próximo tema. En este caso, las preguntas 1) y 2) deberían ser más estructuradas, más dirigidas a los conceptos de herencia, cromosomas, óvulo, espermatozoides y reproducción celular cuyo aprendizaje se quiere verificar.

Recuérdese que durante la discusión puede formalizarse también una corrección con fines de autoevaluación. En este caso, habría que establecer una pauta clara de corrección que incluya los descuentos por errores cometidos (relea la variable VI).

Si estos temas no fueran repaso de la unidad anterior, será necesaria la calificación autoevaluativa pues los alumnos que no hubieran comprendido estos conceptos difícilmente podrán aprender significativamente los siguientes. Pero ¡atención! es necesario que *los alumnos concluyan la necesidad mencionada* y eso se logra —con suerte— planteando el asunto desde la reflexión metacognitiva, por ejemplo aprovechando la confección de redes conceptuales. La Red A es un ejemplo de red que puede quedar confeccionada a partir de la discusión de estos temas: en ella se observan todos los conceptos relevantes que se requieren como prerrequisitos para el próximo tema. (Ver pag. 85)

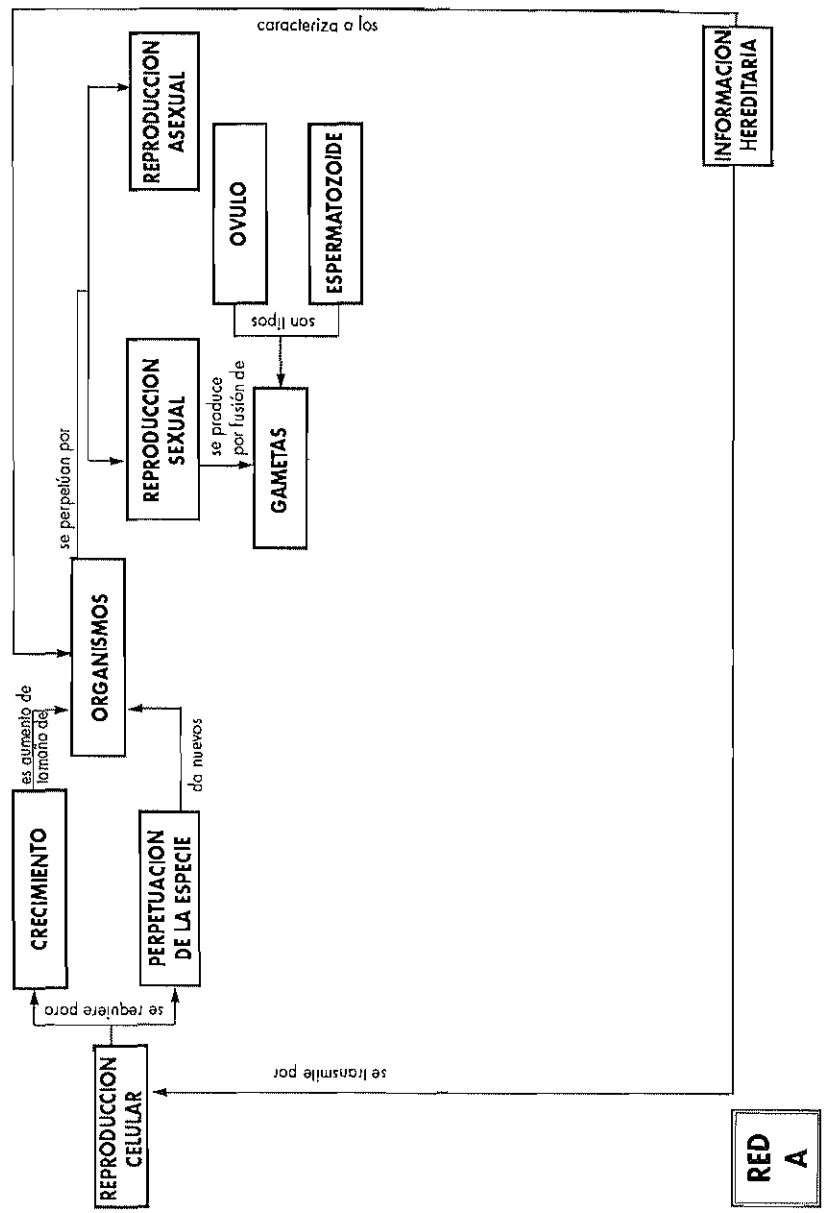
Veamos:

La respuesta a la pregunta 3) apunta a marcar las diferencias entre la reproducción sexual (fusión de gametas) y la replicación celular.

La respuesta a la pregunta 4) apunta a marcar las diferencias entre aumento de tamaño de una célula y aumento de tamaño por aumento del número de células.

La respuesta a la pregunta 5) apunta a marcar las diferencias entre crecimiento y perpetuación de la especie.

Las relaciones entre estos conceptos no son triviales y, después o durante la discusión de las preguntas es sumamente útil ir construyendo con los alumnos una red conceptual (que, en este caso sería la que se muestra como Red A). El momento de confección de la red es un ejercicio de metacognición pues requiere de los alumnos que revisen y expresen mediante oraciones simples y precisas preguntas tales como: qué relación hay entre célula y reproducción, o entre individuo, reproducción y especie, etc. En definitiva, la



RED A

red que hagan mostrará la forma en que construyeron en sus mentes el tema en cuestión. Más aún, permite "ver" lo que construyeron mal y detectar a los alumnos que no construyeron conceptos o relaciones.

Durante la construcción de la red, el docente detectará a aquellos alumnos que no han podido organizarla y reflexionará con ellos sobre la necesidad de repasar y/o re-estudiar determinados temas sobre los cuales se construirá el nuevo aprendizaje.

Actividad 2: El material genético.

La secuencia de actividades que continúa orientará a los alumnos hasta llegar al concepto y modelo de "mitosis" como forma de división celular. Para estudiar este proceso pueden exigirse los dibujitos de las fases mitóticas que están en los libros y los alumnos los estudiarán de memoria y los reproducirán con lindos colores... pero... ¿habrán entendido? Creemos que la mejor forma de garantizar un aprendizaje significativo es que de ellos surja la posibilidad del modelo mitótico, tal como si fueran investigadores.

Para ello, se ideó el juego presentado como actividad 3, pero entendemos que la discusión de la analogía que implica el juego (actividad 4) requiere más conocimientos sobre el material genético que los asegurados en el cuestionario anterior. Por este motivo, como reforzador de los conceptos anteriores y para profundizar en los prerrequisitos, proponemos hacer el siguiente cuestionario para su resolución individual, con consulta bibliográfica, y de una clase para la siguiente.

Cuestionario:

Responder individualmente por escrito:

1) ¿Cuál de las partes de una célula está relacionada con la aparición de características de los padres en los hijos (color de ojos, del pelo, daltonismo, etc.)? ¿Cómo se organiza dicho material?

2) Antes se decía que los bebés "nacen de un repollo" ¿Con qué argumento biológico se puede rechazar esta hipótesis?

3) ¿En qué se parecen y en qué se diferencian las células hepáticas de dos seres diferentes?

4) ¿En qué se parecen y en qué se diferencian las células de dos tejidos diferentes de un mismo ser viviente?

Reflexión metodológica sobre la actividad 2.

Como dijimos, esta actividad apunta a la profundización en conceptos que serán requeridos en la actividad 4, pero que es oportuno trabajar desde aquí. Las respuestas del cuestionario se retomarán en una puesta en común, con una pauta de corrección clara, con fines de calificación y autoevaluación (relea la variable VI). Luego se dividirá la clase en grupos y se les solicitará que traten de completar la red conceptual anterior con los nuevos conceptos. El docente deberá hacer un seguimiento en la construcción de la red de manera que todos los grupos arriben a una red similar. La ventaja de esta forma de trabajo es que no se impone un ritmo general a la clase, que puede provocar indisciplinas entre los alumnos más rápidos e incomprensión en los más lentos.

Una ventaja adicional para la construcción grupal de la red es que cada grupo podrá profundizarla en conceptos y relaciones tanto como quiera, ya que luego se seguirá construyendo a partir de la red mínima planificada por el docente, como por ejemplo la Red B (Ver pag. 88). Nuevamente esta red es sólo parte de la que deberá quedar armada al finalizar el tema. Observe que está construida o ampliada a partir de conceptos que ya estaban en la Red A. *En general, dos temas o actividades consecutivas deben estar relacionadas a través de, por lo menos, un concepto en sus respectivas redes conceptuales. Es evidente que dos actividades consecutivas que no comparten un concepto o una relación, son actividades totalmente desvinculadas y por lo tanto obligarán a los alumnos a un aprendizaje memorístico*. No podrán los alumnos darles un significado *a priori* a las actividades; es el docente quien debe orientar en ese sentido.

La respuesta a la pregunta 1) apunta a organizar los conceptos de "núcleo, cromosomas, genes, ADN y herencia".

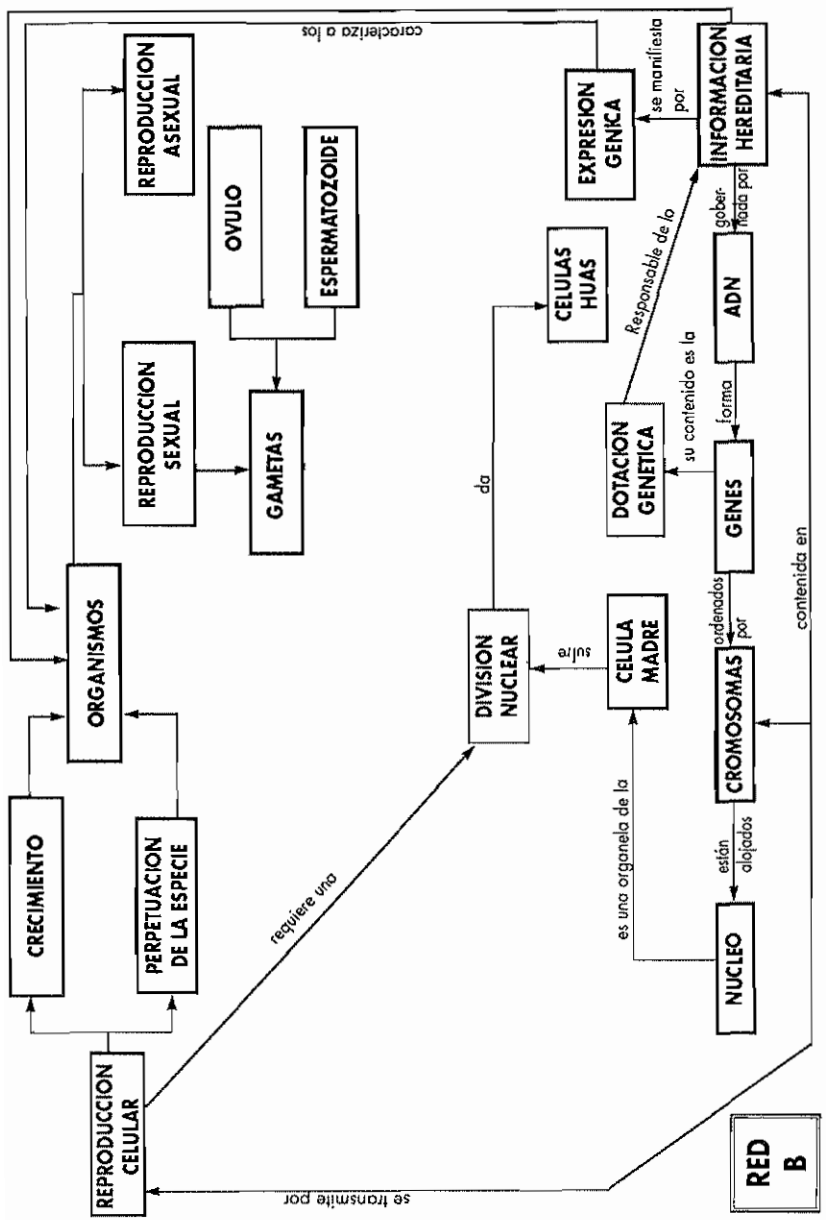
La respuesta a la pregunta 2) apunta a marcar el concepto de "dotación genética" y su relación con la "información hereditaria".

La respuesta a la pregunta 3) intenta reforzar dichos conceptos marcando la diferencia entre número de cromosomas y diferente información, pero expresión funcional semejante.

La respuesta a la pregunta 4) retoma el concepto de información genética, número de cromosomas y expresión funcional.

Actividad 3: ¿Qué se necesita para la mitosis?

Esta actividad incluye tanto el juego como la puesta en común posterior,



porque la discusión sobre las posibles soluciones al juego forma parte de la actividad.

Se entrega a cada grupo de tres alumnos la consigna y una caja con sus tapas rotuladas como A y B. La caja contiene: una bolsita de plástico transparente y, en su interior, 4 juegos de dos palillos cada uno, sujetos con un elástico. Cada juego de palillos está pintado de distinto color y tiene distinto tamaño que los otros tres. Este material entregado no es suficiente para cumplir con la consigna; sin embargo, deliberadamente, no se aclara que los grupos pueden pedir más material. Ante cada reclamo, el docente sólo entregará los elementos que le sean solicitados.

Juego de la duplicación

Consigna:
A partir del material recibido deberán *hacer dos cajas exactamente iguales entre sí, y lo más parecidas posibles a la original.*
Relaten paso a paso lo que hagan y dibujen lo que obtienen.

Reflexión metodológica sobre la actividad 3.

El objetivo de esta actividad es que los alumnos descubran formas de "duplicar" la caja, que luego serán referidas a distintos modelos de división celular, algunos de los cuales ocurren en la Naturaleza, y tienen nombres y pasos descriptos, y, otros no.

Es importante que se plantee como un juego, de modo que ningún alumno piense que tiene que estudiar para resolverlo, ya que, como veremos, deberán analizarse *todas las estrategias desarrolladas*, y cuantas más sean, más rica será la discusión posterior.

Como es obvio que el material no alcanza para cumplir la consigna, el docente tendrá a disposición por cada grupo el siguiente material extra:

1 caja con tapas parecidas, por ejemplo rotuladas con *a* y *b* minúsculas;
1 bolsita idéntica a la entregada;
4 elásticos;
palillos sin cortar y sin pintar;
pinturas semejantes (no iguales) a las utilizadas en los palillos entregados.

Para entender mejor el objetivo del juego, discutiremos las posibles respuestas de cada grupo y su consecuencia:

Respuesta 1:

El grupo dice que es imposible realizar la consigna y no presenta ningún modelo de duplicación.

Respuesta 2:

El grupo no pide material extra y separa en dos el que tiene:

a) Abren la caja y colocan dentro de cada tapa dos pares de palillos. Les sobra la bolsita, ó la cortan por la mitad y la reparten.
b) Desarman los palillos sacando los elásticos y distribuyen en las mitades de las cajas, un palillo de cada color en cada caja. Les sobran los elásticos.
c) Cortan cada par de palillos por la mitad y los distribuyen equitativamente en cada mitad de caja.

Respuesta 3:

El grupo pide material extra:

i) Piden sólo una caja más y optan por las posibilidades de la respuesta 2 dando lugar a los casos 3a; 3b; y 3c, análogos a los anteriores.

ii) Piden todo lo necesario, pero lo utilizan para hacer toda una "caja nueva". (caso 3 d).

iii) Piden más material pero lo organizan en la forma correcta, es decir: cada caja hija está compuesta por una tapa nueva y otra vieja. Cada una contiene ahora una bolsita con cuatro pares de palillos de distinto color y longitud, pero cada par está formado por un palillo original y uno pintado por ellos. De esta forma las dos cajas resultantes serán idénticas entre sí, y lo más parecidas posible a la original (3e).

En la discusión general, durante la puesta en común realizada al finalizar el juego, cada grupo defenderá su modelo de duplicación. De las posibles respuestas se deducirá que sólo la 3e cumple con la consigna pedida. Las anteriores, o dan dos hijos diferentes entre sí, o iguales entre sí, pero diferentes a la caja madre.

El momento más importantes del juego es el que sigue: la conceptualización. (Relea la variable VIII caso i).

Actividad 4: Presentación de la analogía.

La conceptualización del juego de la actividad 3 la pensamos a partir de un cuestionario, que podría resolverse en clase o como tarea, según el módulo horario y el tiempo requerido para el juego.

Cuestionario

1) ¿Con qué parte de un organismo vivo relacionan los elementos usados en el juego (caja, bolsita, etc.)?
2) ¿Por qué utilizamos una caja y no otro tipo de recipiente?
3) ¿Con qué motivo cada par estaba formado por dos palillos de idéntico color y tamaño?
4) ¿Por qué creen que los colores y rótulos que se entregaron no eran idénticos a los originales?
5) ¿Por qué creen que no se aclaró, deliberadamente, que se podía pedir más material?
6) ¿Por qué creen que el modelo 3d es incorrecto?

Reflexión metodológica sobre la actividad 4.

Como se aprecia, la mayoría de las preguntas del cuestionario apuntan a metacognición, es decir, a reflexionar sobre el para qué y el cómo se organizó el juego.

Durante la resolución del cuestionario vuelven a discutirse los diferentes modelos que surgieron como respuesta al juego y se *reflexiona sobre qué relación existe entre cada modelo y lo que se sabe de reproducción celular y herencia.* Durante esta puesta en común surgirán nuevos conceptos, tales como mitosis, amitosis, meiosis, gametas, replicación semiconservativa y equitativa. La mejor forma de dejar un registro escrito de esta tarea reflexiva es continuar con la red conceptual, incluyendo en ella los nuevos conceptos y relaciones, de modo que quede como se muestra más adelante en la Red Total.

Para que quede más clara la función de esta conceptualización discutiremos brevemente algunos puntos claves de contenido que será útil trabajar a partir de los modelos de división propuestos para el juego:

La pregunta 1) apunta a relacionar la caja con una célula que se divide. La caja es la membrana celular; la bolsita es la membrana nuclear; cada par de palillos es un cromosoma.

La pregunta 2) intenta rescatar el parecido de la analogía con el hecho de que cada célula que se divide conserva parte de la célula madre, y debe

sintetizar lo que le faltara. En este caso, una de las tapas de la caja formará parte de la "caja hija". La "síntesis" de nuevo material está representada en el juego por el "pedido" de más material al docente.

La pregunta 3) requiere una comparación: cada par de palillos representa un cromosoma formado por una molécula de ADN (enrollada helicoidalmente sobre sí misma en la realidad). Cada molécula de ADN está formada por 2 cadenas (hebras) de nucleótidos. Cada una de esas hebras está representada por un palillo.

La pregunta 4) apunta a reforzar el concepto de "replicación semiconservativa"; por cuanto la intención del color parecido era, justamente, ver que antes de la división hubo una separación entre las dos cadenas de nucleótidos (hebras) que forman la molécula de ADN y una replicación de las mismas para originar cada una, luego de la división celular, un cromosoma análogo en cada célula hija. Como este concepto es uno de los más importantes, conviene reforzar con otra pregunta de metacognición: ¿qué habría pasado con el juego si el docente hubiera tenido palillos sueltos del mismo color que los de la caja original?

La pregunta 5) apunta a recalcar la necesidad que tiene la célula de sintetizar material previamente a la duplicación, aunque hay modelos de división celular que son posibles en teoría. Es más, sólo con pedir caja y bolsita no se llega a un modelo correcto pues en cada división celular se pierde información genética al punto de desaparecer en siguientes generaciones y modificar lo que se expresaría en cada generación (pues tendría sólo la mitad de la información genética de la generación madre).

La pregunta 6) debe ser cuidadosamente discutida pues *es el equivalente a enseñar mitosis*. El modelo 3d es incorrecto porque no consiste de dos células hijas iguales entre sí, sino una célula madre con todo el material viejo y una célula hija con todos sus elementos nuevos, recién sintetizados. Cuando en la Naturaleza una célula se divide mitóticamente, desaparece como tal, y sólo quedan dos células hijas cada una de las cuales tiene parte del material genético original.

Debe evitarse caer en el error de identificar la amitosis con el modelo 3a, en el cual no existe una duplicación previa del material nuclear. En la amitosis existe tal duplicación de ADN, aunque la separación posterior es al azar.

Tampoco debe confundirse el modelo 3a con la meiosis, pues en dicho modelo no hay separación de cromosomas homólogos ni duplicación previa del material genético, como efectivamente hay durante la meiosis. El modelo 2b tampoco responde a modelos verdaderos de duplicación celular, por cuanto implica la pérdida de información genética en las células hijas: no es lo mismo cuatro mitades de moléculas de ADN que cuatro cromosomas enteros.

Es fundamental volver a insistir, en este punto, sobre la utilización, durante la clase, de las variables II, III, IV y V presentadas en el Capítulo I. Todo este trabajo de planificación no cnmplirá sus objetivos de garantizar aprendizaje significativo si es el docente el que propone, discute y soluciona todos los conflictos cognitivos.

El mérito de una buena planificación radica, justamente, en que el docente *sólo coordine* y facilite la construcción de los objetos de conocimiento en sus alumnos. Recuérdese que *ayudar a construir la inteligencia de los alumnos es muy distinto de exhibir la ya construida inteligencia del docente.*

A esta altura se han incorporado nuevos conceptos al aprendizaje significativo y se puede construir la Red C. (Ver pag. 94)

Actividad 5: La pregunta pendiente.

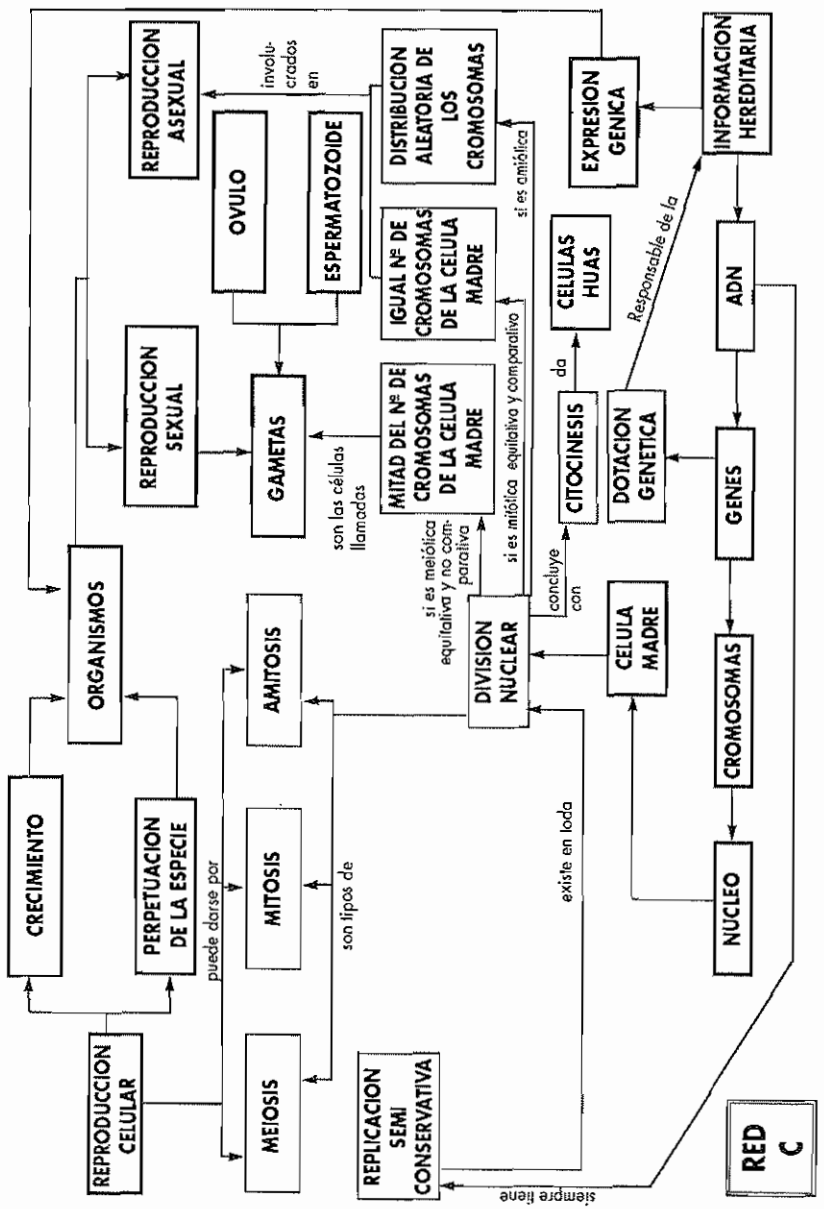
Al finalizar la actividad 4 y como tarea para pensar, se les comunica a los alumnos la siguiente pregunta:

> *¿En qué medida se complica la división celular y en especial la duplicación del material genético, siendo los cromosomas, en vez de pares de palillos rígidos, filamentos larguísimos, flexibles, ovillados y entremezclados, inmersos en un medio viscoso?*

Reflexión metodológica sobre la actividad 5.

Una pregunta que implica un conflicto a resolver simplemente buceando en la propia imaginación suele ser una buena forma de motivar a los alumnos. Motivar, en este caso, implica crear expectativas sobre los temas que vendrán. El alumno estará, así, orientado sobre los objetivos y contenidos de la próxima clase, y es probable que decida repasar el tema sabiendo que no ha terminado de aprenderlo.

La siguiente actividad está muy relacionada con esta pregunta. Antes de encararla, conviene dar un tiempo a los alumnos que no la resolvieron, en tanto



los que tienen alguna respuesta pueden formar un grupo y discutir con el docente. Será evidente, luego, que los alumnos que invirtieron tiempo en buscar esta respuesta estarán mejor preparados para responder a la actividad 6. Esta diferencia habrá que hacerla notar al final, desde el ejercicio de metacognición.

Recuerde que las "preguntas" generan motivación, compromiso y apuntan a acercar al nivel consciente estrategias que serán posibles sitios de basamento para la construcción del nuevo aprendizaje (puentes cognitivos). Relea la variable III.

Actividad 6: ¿Cómo se separan los cromosomas?

Esta actividad también está planteada como un juego, pero esta vez individual. Se reparte la siguiente consigna:

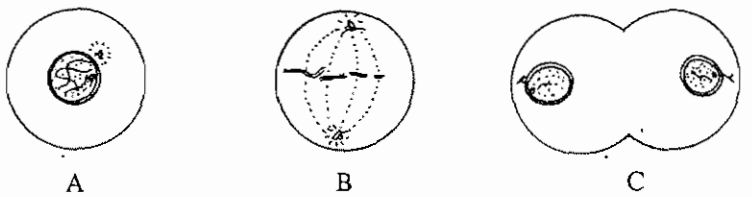
El juego del investigador

Un investigador está trabajando sobre división celular. Al observar en el microscopio cortes de un tejido dibuja en su cuaderno lo que se muestra en la Figura 1.

El investigador piensa que "descubrió" etapas de la división celular. Para ayudarlo a armar una secuencia entre los dibujos que llamó A, B y C:

1 - Ubicar las figuras en orden cronológico.
2 - Describir lo que ocurrió entre una y otra.
3 - Prepararse para defender los propios argumentos frente a los demás.

Figura 1



Reflexión metodológica sobre la actividad 6.

Las respuestas de los alumnos pueden haber sido seis secuencias diferen-

tes: ABC, BCA, CAB, ACB, CBA, y BAC, aunque es probable que algunas de ellas no hayan sido planteadas como posibles secuencias.

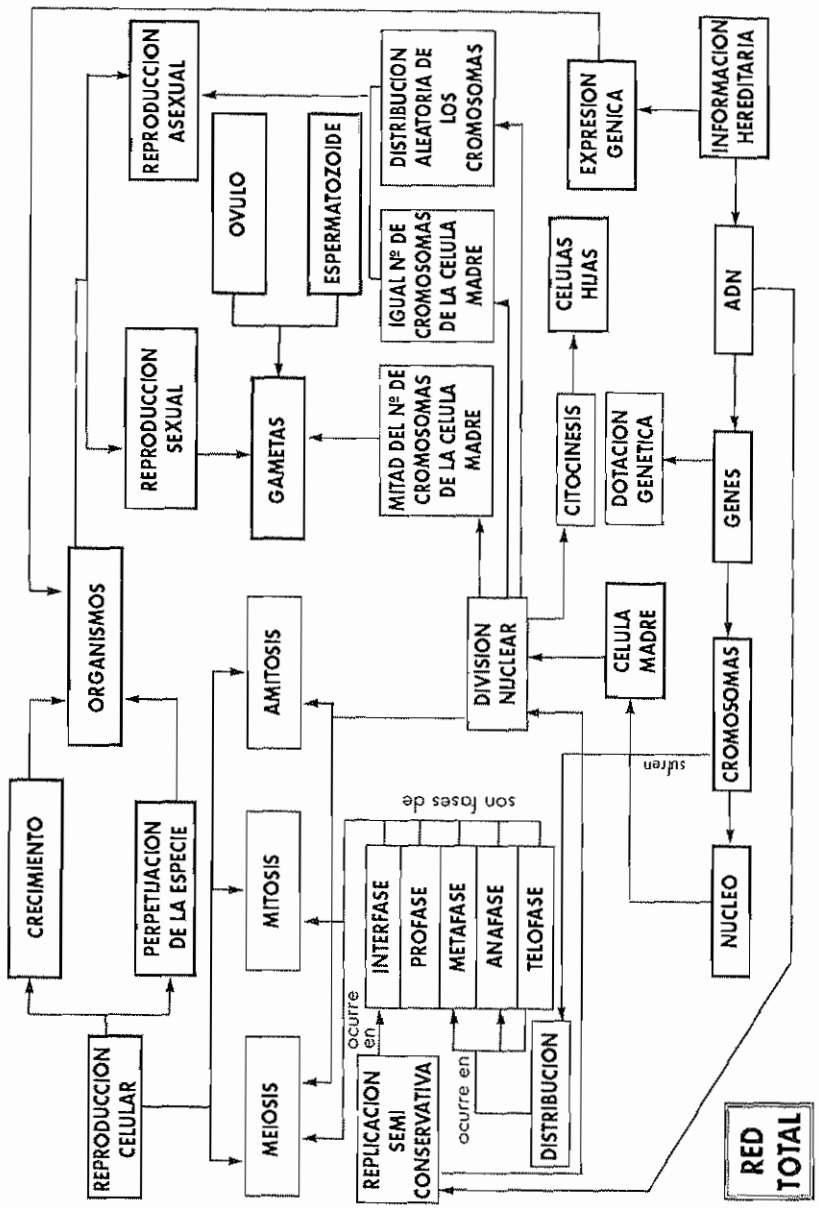
La discusión con el docente comenzará, entonces, por agrupar a los alumnos según las respuestas elegidas. De esta forma, la clase quedará dividida en tantos grupos como respuestas diferentes haya habido.

Por orden, cada grupo justificará su elección exponiendo las hipótesis sobre el movimiento de los cromosomas que lo condujeron a concluir esa organización de las figuras.

Así se discutirá cada posibilidad. Es deseable que el docente no influya sobre las presentaciones con gestos o confirmaciones (relea las variables III, IV, V y VI) hasta que hayan concluido las ponencias. Sí será importante el descarte de alguna secuencia a partir de un consenso de la clase.

Finalmente, el docente mostrará los dibujos de las dos fases que completan la secuencia (que corresponden a los esquemas 2 y 4 de la Figura 2 de la parte teórica presente en el Capítulo III, pág. 121) y pedirá un acuerdo con justificación sobre las fases de la mitosis. El docente aportará la terminología específica precisa y los alumnos completarán el tema con un informe completo, recurriendo a bibliografía, si fuera necesario.

En esta última etapa los alumnos completarán la red conceptual cuya forma definitiva se presenta a continuación, como Red Total.



CONCLUSIONES

Las últimas décadas plantearon el problema de la pasividad en materia educativa. El desafío crítico de numerosos países, especialmente aquellos menos desarrollados, se centró en la forma de instruir a mayor número de gente, desde planes de alfabetización hasta ingreso masivo en las universidades.

En las postrimerías del siglo XX considero que el problema educativo vuelve a centrarse en la calidad de la enseñanza impartida. Las cuestiones de escala pueden resolverse más fácilmente que las cuestiones de calidad y, muy a menudo, los cambios en la calidad son lentos y poco reconocidos. Es más fácil construir edificios, comprar computadoras, crear nuevas formas de administración y nuevas ordenanzas, que modificar los conceptos y las prácticas académicas tradicionales.

Por supuesto que las ideas clásicas tienen virtudes importantes, pero uno de los defectos es que ofrecen demasiada resistencia a la innovación, especialmente en cuanto al concepto de qué es aprender, y acerca del modelo de clase óptimo.

El cambio de modalidad se topa con la tendencia tradicional que cuenta con que "si siempre se enseñó así y aprendimos, por qué cambiar". También ha ocurrido que muchas ideas innovadoras, fundadas en sólidos contextos teóricos, no han sido aplicadas con un asesoramiento logístico, por no haber sido capacitados los que eran mediatizadores de tal modificación (es decir, los maestros y profesores) y, por lo tanto, se malograron los objetivos del programa novedoso, aunque lo cierto es que lo que falló fue el medio o vehículo a través del cual se pretendió llevarlo a cabo.

Muchos objetivos de la educación están implícitos, o expresados en términos generales tales como "estimular a los alumnos a que piensen por sí mismos". Pero estos términos describen una actitud o estado mental final, y no ofrecen ninguna descripción operacional de cómo lograrlos.

Hacer el aprendizaje más efectivo implica conocer y aplicar los conceptos y técnicas que enseñan al alumno la forma de aprender a aprender; pero esto *no implica enseñarle al alumno* las técnicas y conceptos involucrados sino *que es el docente el que las debe aplicar para que los alumnos construyan su inteligencia*, y luego de lograrlo, reflexionar con ellos sobre cómo y qué lograron. Es en ese momento de metacognición cuando realmente los alumnos aprenden; implica un verdadero descubrimiento y un cambio de perspectiva. El desarrollo de este pensamiento analítico en los alumnos, que posiblemente no todos podrán aplicar desde el vamos, irá mejorándose con el ejercicio de

los años de escuela. Ahora bien, una cosa es clara: si el docente nunca ha hecho este tipo de reflexiones, es poco probable que pueda inducir a sus alumnos a lograrlas.

El primer objetivo de todo intento de cambio será, pues, *construir dicho cambio en las mentes de los enseñantes*; no sólo instruirlos sobre las técnicas que puede aplicar para producirlo.

Ya que, en general, cada docente enseña imitando el modelo con el cual ha sido enseñado, lo importante es formar a los futuros educadores con nuevas herramientas ofreciéndoles al mismo tiempo la vivencia de un nuevo modelo educativo.

Nosotros, los que ya nos hemos formado, debemos hacer un esfuerzo magnífico para sobreponernos a los modelos que tenemos internalizados, pero, evidentemente el proceso de aprendizaje no tiene un final definido por un diploma, y mucho menos, cuando se hace docencia

Desenvolverse en la ajetreada forma de vida de este fin de siglo es un complicado aprendizaje cotidiano para el cual no hemos sido bien preparados, a juzgar por los problemas ecológicos, energéticos, políticos, morales y éticos que padecemos como parte de la Humanidad. Pensemos, entonces en el desafío que representa a la nueva generación de docentes la tarea de educar a la primera generación del siglo XXI, que se enfrentará con problemas que son aún impensables para nosotros.

Hay algo fundamental que no podemos posponer: si nuestra generación fue enseñada con recetas acabadas y listados de datos y contenidos que debíamos deglutir memorísticamente y regurgitar a la hora de la evaluación, debemos efectuar cambios, porque tales aprendizajes son obsoletos y no se vislumbra que ayuden a superar los problemas existentes.

La responsabilidad de educar a las próximas generaciones radica, pues, en reconocer que la simple instrucción con datos limitará la capacidad de nuestros niños actuales de adaptarse a las exigencias del año 2000; cercenará su libertad como adolescentes en medio de un bombardeo de mensajes subliminales y les impedirá, cuando adultos, contar con recursos creativos para solucionar problemas que, hoy día, todavía no conocemos.

CAPITULO III

LOS CONTENIDOS TEORICOS DE CADA EJEMPLO

INTRODUCCIÓN

La inclusión de este capítulo en el libro tiene varias funciones. Por un lado es el relato del contenido teórico necesario para comprender los ejemplos del Capítulo II. Por otro lado, sin esta inclusión podría darse el caso de que algún lector no pudiera apreciar la diferencia entre *contenido* y *formas de abordar metodológicamente* este contenido para facilitar su aprendizaje en la clase.

Cuando un docente piensa "tengo que dar estos temas", en general, está pensando en la ordenación de un relato verbal, y en la ayuda de ciertos elementos visuales (pizarrón, láminas, etc.). Este relato lo diagrama en una exposición guiada mediante preguntas que irá respondiendo durante el transcurso de la clase, previendo algún tipo de participación de los alumnos. Esta imagen se corresponde con la lectura del texto de este capítulo: basta con que el lector se sitúe en la posición del alumno y yo en la del docente expositor. Aun desde esta posición, pasiva para el lector, intentaré hacer una exposición clara motivadora, coherente y bien diagramada.

¿Cuál es entonces la diferencia entre "dar" los contenidos que expongo a continuación, o efectivizar la propuesta metodológica presentada en el Capítulo II?

La respuesta es simple: aquí se expone *información*, que apunta a un trabajo de memoria y, con suerte, algo de comprensión; y la propuesta del Capítulo II garantiza la *construcción de aprendizaje significativo* por parte de

cada alumno, en forma individual y a partir de su esfuerzo y del aprendizaje grupal.

El contenido es el mismo, los recursos económico-tecnológicos son similares, el tiempo invertido es aproximadamente el mismo ¿cuál es, entonces, la razón para optar entre uno u otro modo de enseñanza?

La respuesta es la eficiencia en el nivel de aprendizaje logrado, la motivación, la participación espontánea y el compromiso despertado. En definitiva, se trata de formar individuos pensantes y autocríticos y no de llenar con datos una "tabla rasa".

A continuación, entonces,... lisa y llanamente, los tan necesarios contenidos.

EJEMPLO DE FÍSICA: CALOR Y TEMPERATURA

¿Qué es la temperatura?

La idea de temperatura es connatural con el hombre al ser una de las sensaciones fundamentales, pero ya en los tiempos de Galileo (1610) se conocía que, para fines científicos, la sensibilidad humana carece de suficiente precisión para ser considerada como termómetro (instrumento que sirve para medir la temperatura).

Uno de sus inconvenientes es que debe atravesar la piel una mínima cantidad de energía calórica antes de que se note la sensación; de esta forma, una pequeña chispa desprendida de un cohete de artificio no da la sensación de caliente a pesar de su elevada temperatura, porque su masa es tan pequeña que solamente contiene una mínima cantidad de calor.

¿Cuál es la diferencia entre calor y temperatura?

Un punto de un cuerpo está a una temperatura determinada, en tanto que el concepto de calor sólo tiene sentido si se considera una cantidad de sustancia definida.

La temperatura mide la intensidad del calor pero no su cantidad. El calor fluye siempre desde un lugar de altas temperaturas hacia un lugar de bajas temperaturas, hasta que ambas temperaturas se igualan, tal como el agua fluye

de un nivel superior a otro inferior hasta que se equilibran los dos niveles. Esto es válido cualesquiera sean las cantidades relativas de calor contenidas en los cuerpos. Aunque una bañera de agua tibia contenga mucho más calor que un alambre caliente, si metemos el alambre en el agua, el calor fluye de él hacia el agua y no al contrario.

Otro ejemplo: una barra de metal se calienta en uno de sus extremos. Si medimos la temperatura en los extremos veremos que es distinta; sin embargo la cantidad de calor de dicha barra metálica es la misma antes y después de dejar que el calor se propague por la misma. Y se verificará que, luego de la propagación del calor hacia el extremo más frío, se medirá la misma temperatura en ambos extremos. Es decir, la cantidad de calor de ese cuerpo no se modificó (a menos que el ambiente que rodea la barra haya absorbido parte de ese calor) y sí se modificaron las temperaturas de distintas partes de ese cuerpo.

Otro de los inconvenientes de utilizar la piel como termómetro, es que la sensibilidad humana abarca una gama muy limitada de temperaturas, entre las que entumecen y las que queman la piel. Además ésta se comporta mejor para medir diferencias de temperatura que las propias temperaturas en sí. Un ejemplo de ello, es que el agua de una fuente natural parece más caliente en invierno que en verano, aunque lo cierto es exactamente lo contrario.

¿Cómo se originaron los primeros termómetros?

Antes de los tiempos modernos no se estudiaba el calor excepto en su aspecto cualitativo. A una persona le bastaba con decir "hace calor" o "hace frío" o "esto está más caliente que aquello". Para someter la temperatura a una medición cuantitativa fue necesario ante todo encontrar algún cambio mensurable que pareciera producirse regularmente con los cambios de temperatura. Se encontró esa variación en el hecho de que las sustancias se dilatan con el calor y se contraen con el frío.

Los primeros indicadores de la temperatura (termoscopios) fueron construidos poco antes de 1600 por Galileo y otros. El paso fundamental de colocar una escala que lo convertía en termómetro fue dado por Santorio diez años más tarde. En realidad, estos primitivos instrumentos eran barómetros que tenían agua en el interior del tubo, por lo que respondía igualmente a los cambios de presión que a los de temperatura. Esto originaba errores, o alteraciones en los resultados.

Hacia 1654, el Gran Duque de Toscana, Fernando II, inventó el conocido

termómetro de tubo de vidrio cerrado, con el fluido contenido en un bulbo. Ese fluido era una mezcla de agua y alcohol y servía para medir temperaturas inferiores al punto de congelación del agua, consideración importante en un tiempo en que el principal uso del termómetro era el meteorológico. Fernando II ideó entonces un termómetro independiente de la presión atmosférica. Este aparato contenía un líquido en una ampolla a la cual se unía un tubo recto. La contracción y dilatación del propio líquido señalaba los cambios de temperatura. Los líquidos cambian de volumen con la temperatura mucho menos que los gases, pero si se emplea la cantidad justa de líquido para llenar una ampolla, de modo que el líquido sólo pueda dilatarse a lo largo de un tubo muy estrecho, los ascensos y descensos dentro de ese tubo pueden ser considerables incluso para ínfimos cambios de volumen.

También se hicieron experimentos con el metal líquido mercurio, pero su dilatación era demasiado pequeña para ser observada cómodamente, dado el excesivo calibre de los tubos de que entonces se podía disponer. Los termómetros de mercurio no comenzaron a generalizarse hasta el siglo siguiente.

El físico inglés Robert Boyle fue el primero en demostrar que el cuerpo humano tiene una temperatura constante bastante superior a la del medio ambiente. Otros probaron que bajo una temperatura fija se producen siempre fenómenos físicos concretos. Cuando aún no había terminado el siglo XVII se comprobó esa verdad en el caso del hielo derretido y el agua hirviendo.

Por fin en 1714, el físico alemán Gabriel Daniel Fahrenheit combinó las investigaciones del gran duque y de Amontons, introduciendo mercurio en un tubo y utilizando sus momentos de dilatación y contracción como indicadores de la temperatura. Fahrenheit incorporó al tubo una escala graduada para poder apreciar la temperatura en el aspecto cuantitativo.

Se ha argumentado no poco sobre el método empleado por Fahrenheit para establecer su escala particular. Según algunos, asignó el cero a la temperatura más baja que pudo crear en su laboratorio mezclando sal y hielo. Sobre esa base fijó la solidificación del agua a 32° y la ebullición a 212°. Esto ofreció tres ventajas: primera, el margen de temperatura en la que el agua se mantiene en estado líquido era de 180°, el cual parece un número natural para su uso en conexión con los "grados" (la medida en grados del semicírculo). Segunda: la temperatura del cuerpo se aproximaba a los 100°, aunque para ser exactos es, normalmente de 98,6° Fahrenheit. Tercera: todas las temperaturas meteorológicas normales resultaban positivas.

Ordinariamente la temperatura del cuerpo es tan constante que, si sobrepasa en un grado o dos el nivel normal se dice que el cuerpo tiene fiebre y por tanto

muestra síntomas evidentes de enfermedad. En 1858, el médico alemán Karl August Wunderlich, implantó las frecuentes comprobaciones de la temperatura corporal como nuevo procedimiento para seguir el curso de una enfermedad. En la década siguiente, el médico británico Thomas Clifford Allbutt inventó el "termómetro clínico", cuyo estrecho tubo lleno de mercurio tiene un estrangulamiento en la parte inferior. El mercurio se eleva hasta las cifras máximas cuando se coloca el termómetro dentro de la boca, pero no desciende al retirarlo para leer la temperatura. El hilo de mercurio, se divide simplemente por el estrangulamiento, dejando fija la porción superior para una lectura constante. En Gran Bretaña y los Estados Unidos, se emplea todavía la escala Fahrenheit y están familiarizados con ella en todas las observaciones cotidianas, tales como informes meteorológicos y utilización de termómetros clínicos.

Sin embargo, en 1742, el astrónomo sueco Anders Celsius adoptó una escala diferente. En su forma definitiva este sistema sí estableció el punto 0 para la solidificación del agua y el 100 para la ebullición. Con arreglo al margen de división centesimal donde el agua conserva su estado líquido, se denominó a esta escala "centígrada" del latín *centum* (cien) y *gradus*, (peldaño).

Casi todas las personas hablan de grados centígrados cuando se refieren a las medidas de esta escala, pero los científicos rebautizaron la escala con el nombre del inventor, siguiendo el precedente de Fahrenheit, en una conferencia internacional celebrada el año 1948. Oficialmente pues, se debe hablar de escala "Celsius" y "grados Celsius". Todavía se conserva el signo "C". Entretanto, la escala "Celsius" ha ganado preponderancia en casi todo el mundo civilizado. En particular los científicos encuentran muy conveniente esta escala.

¿En qué propiedades se basan los distintos tipos de termómetros?

Termómetros modernos: El modelo general de todos los termómetros de tubo con líquido tiene a éste encerrado en un bulbo de vidrio que se prolonga en un tubo muy delgado (capilar) de calibre tan uniforme como sea posible. Su trabajo se basa en un aumento del volumen del líquido con la temperatura. La dilatación es pequeña, alrededor de una milésima del volumen original por grado centígrado para el alcohol; pero si el bulbo es grande y el tubo estrecho, la dilatación será bien visible. En el tubo se hace el vacío por encima del líquido para evitar que la dilatación del aire interfiera la lectura. El vidrio también se dilata, pero menos que el líquido.

cuando se les aplicaba la misma cantidad de calor. Elevar en un grado Celsius la temperatura de un gramo de hierro requería tres veces más calor que calentar en la misma proporción un gramo de plomo. Y el berilio necesitaba tres veces más calor que el hierro.

Por añadidura, Black demostró la posibilidad de introducir calor en una sustancia sin elevar lo más mínimo su temperatura. Cuando se calienta el hielo, éste se derrite lentamente desde luego, pero no hay aumento de temperatura. A su debido tiempo, el calor liquidará todo el hielo, pero la temperatura del sistema agua/hielo no rebasa jamás los 0°. Lo mismo ocurre en el caso del agua hirviente a 100°C. Cuando el calor se transmite al agua, éste escapa en cantidades cada vez mayores en forma de vapor, pero la temperatura del líquido no varía.

El invento de la máquina de vapor coincidente más o menos con los experimentos de Black, sirvió para que los científicos sintieran más interés hacia el calor y la temperatura.

¿Qué es el calor?

a) Concepto de "calor":

Originalmente hubo dos teorías distintas.

Una teoría mantenía que el calor era una sustancia material que podía verterse o transformarse de una sustancia a otra. Se la denominó "calórico" del latín *caloris* (calor). Según este criterio, cuando la madera arde, su calórico pasa a la llama, y de ésta a la olla sobre la llama, y de ahí al agua dentro de la olla. Cuando el agua se llena de calórico, se convierte en vapor.

Hacia fines del siglo XVIII dos famosas observaciones dieron nacimiento a la teoría de que el calor es una forma de vibración. Una fue publicada por el físico y aventurero Benjamín Thompson, un *tory* que abandonó el país durante la Revolución, se ganó el título de conde Rumford, y luego vagabundeó por toda Europa. En el año 1798, cuando se hallaba inspeccionando la limpieza de unos cañones en Baviera, percibió que se producían grandes cantidades de calor. Calculó que allí se generaba suficiente calor para hacer hervir dieciocho libras de agua en menos de tres horas. ¿De dónde procedía todo ese calórico? Thompson decidió que debía ser una vibración provocada e intensificada por la fricción mecánica de la baqueta contra el ánima.

Al siguiente año, el químico Humphry Davy realizó un experimento más significativo todavía. Manteniendo dos trozos de hielo bajo el punto de

congelación los frotó uno con otro, no con las manos, sino mediante un artificio mecánico de modo de que ningún calórico pudiera transmitirse al hielo. La mera fricción bastó para derretir parte del hielo. El también llegó a la conclusión de que el calor debía ser una vibración y no una materia. Realmente, aquel experimento debiera haber sido determinativo, pero la teoría del calórico, aunque errónea a todas luces, subsistió hasta mediados del siglo XIX.

Finalmente, se obtuvo una noción clara sobre la naturaleza del calor con la noción sobre la naturaleza atómica de la materia. Se fue perfilando cuando los científicos percibieron que las moléculas integrantes de un gas estaban en continuo movimiento, chocando entre sí y contra las paredes de su recipiente. El primer investigador que intentó explicar las propiedades de los gases desde ese ángulo visual fue el matemático suizo Daniel Bernoulli, en 1738, pero sus ideas se adelantaron a la época. Hacia mediados del siglo XIX Maxwell y Boltzmann elaboraron adecuadamente las fórmulas matemáticas y establecieron la "teoría cinética de los gases" (el vocablo cinética proviene del griego *kínesis*, movimiento).

Esta teoría mostró la equivalencia entre el calor y el movimiento de las moléculas. Así pues la teoría calórica del calor recibió un golpe mortal. Se interpretó el calor con un fenómeno de vibratilidad; es decir, el movimiento de las moléculas, en los gases y líquidos, o su agitado temblor en los sólidos.

b) ¿Qué relación existe entre el calor y la vibración molecular?

Cuando se calienta un sólido hasta que el agitado temblor se intensifica lo suficiente como para romper los lazos sustentadores entre moléculas vecinas, el sólido funde y pasa al estado líquido. Cuanto más resistente sea la unión entre las moléculas vecinas de un sólido, tanto más calor se requerirá para hacerlas vibrar violentamente hasta romper dichos lazos. Ello significará que la sustancia tiene un punto muy elevado de fusión.

En el estado líquido, las moléculas pueden moverse libremente dentro de su medio. Cuando se calienta gradualmente el líquido, los movimientos de las moléculas son al fin lo bastante enérgicos como para liberarlas del cuerpo líquido y entonces éste hierve. Nuevamente el punto de ebullición será más elevado en los casos en que las fuerzas intermoleculares sean más potentes.

Al convertir un sólido en líquido, toda la energía calorífica se aplica a romper los lazos intermoleculares. De ahí que el calor absorbido por el hielo al derretirse no eleva la temperatura del hielo. Lo mismo cabe decir de un líquido cuando hierve.

Ahora ya podemos ver fácilmente la diferencia entre calor y temperatura. Calor es la energía total contenida en los movimientos moleculares de una determinada materia. La temperatura representa la velocidad promedio del movimiento molecular en esa materia. Así, pues, medio litro de agua a 60°C contiene dos veces más calor que un cuarto de agua a 60°C (están vibrando doble número de moléculas), pero el medio litro y el cuarto tienen idénticas temperaturas, pues la velocidad promedio del movimiento molecular es la misma en ambos casos.

BIBLIOGRAFÍA

Enciclopedia Salvat de la Técnica: *Cómo funciona*. Salvat, Navarra, 1982.

R. E. Castiglioni, O. A. Perazzo, A. Rela: *Física 1*, Ed. Troquel, Buenos Aires, 1981.

EJEMPLO DE QUÍMICA: SOLUBILIDAD

Colaboración: Dra. Mónica Deluca

Electronegatividad y moléculas polares

Si se asume que cada elemento tiene diferente carga nuclear y diferente configuración electrónica, se puede esperar que átomos diferentes presenten diferente habilidad para atraer los electrones del enlace químico en el cual participan formando una molécula.

Si se combinan dos átomos iguales para formar una molécula, por ejemplo la de hidrógeno (H_2), el par de electrones del enlace estará igualmente compartido por ambos y, en promedio, pasarán el 50% de su tiempo en la vecindad de cada núcleo.

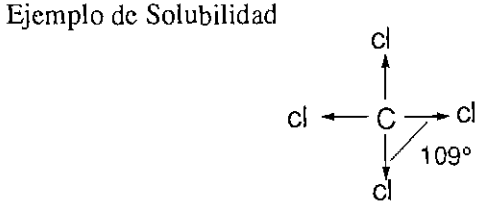
Si las electronegatividades de los átomos que forman la unión son diferentes, el par de electrones del enlace pasará una mayor parte del tiempo alrededor del elemento más electronegativo. Consideremos, por ejemplo, la molécula de cloruro de hidrógeno gaseoso: como el cloro es más electronegativo será, entonces, una molécula polar.

Para definir cuantitativamente un dipolo se utiliza el *momento dipolar*. Una molécula será más polar cuanto mayor sea su momento dipolar. Cuando la molécula consta de tres o más átomos su momento dipolar es igual a la suma vectorial de los dipolos de cada uno de sus enlaces.

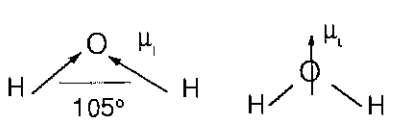
De esta manera, puede ocurrir que moléculas que presentan enlaces polares tengan momento dipolar igual a cero, debido a que la suma vectorial de sus dipolos se cancela, es decir, los dipolos tienen igual magnitud y dirección, pero sentido contrario. Tal es el caso de las moléculas de dióxido

Figura 1

Ejemplo de Solubilidad



Tetracloruro de carbono. Estructura tetrahédrica. $\Sigma\mu_i=0$. No tiene momento dipolar.



Agua: $\Sigma\mu_i \neq 0$. Tiene momento dipolar μ_t. Es una molécula polar.

de carbono y de tetracloruro de carbono en contraposición con la molécula de agua, cuyos momentos dipolares de enlace se muestran en la fig. 1.

(Las flechas simbolizan vectores dipolo)

En general, una molécula poliatómica será *no polar* si sus enlaces son no polares, o si la geometría de su estructura espacial es tal que la suma vectorial de los dipolos de enlace se cancelan.

Soluciones

Para hablar de soluciones debemos aclarar el significado de soluto y solvente.

En general, se indica como solvente a la sustancia presente en mayor proporción en la solución. Las restantes sustancias se consideran solutos. En soluciones que contienen agua, casi siempre ésta es el solvente, y cuando un sólido se disuelve en un líquido, se considera al líquido como solvente.

Las proporciónes del soluto y del solvente en una solución se expresan mediante la concentración del soluto, pero desde un punto de vista cualitativo se emplean los términos "diluido" y "concentrado". Por ejemplo, una solución que contiene 96% de ácido sulfúrico y 4% de agua es una solución concentrada de sulfúrico; por comparación una solución al 2% de sulfúrico será diluida.

En general existe una cantidad límite de soluto que se podrá disolver en una cantidad dada de solvente a una determinada temperatura. La solubilidad de la mayoría de las sustancias en un solvente aumenta con la temperatura, como se aprecia en la Tabla 1.

TABLA 1:

Tabla I: Efecto de la temperatura sobre la solubilidad

SOLUTO	SOLVENTE	TEMP. °C	SOLUBILIDAD g/100 ml
Acetamida	Etanol	20	25.0
		60	257.0
Acetanilida	Agua	25	0.56
		100	5.0
Acido Benzoico	Agua	18	0.27
		75	2.2
Colesterol	Etanol	17	1.0
		78	11.0
Iodoformo	Etanol	18	1.3
		78	7.8
Acido Succínico	Agua	20	6.8
		100	121.0

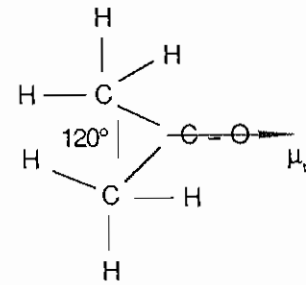
Cuando se disuelve la máxima cantidad de soluto que acepta una cantidad dada de solvente a una temperatura fija, se dice que la solución está *saturada*. Si una solución contiene menos soluto que el necesario para la saturación se dice que está *no saturada*.

Finalmente, hay algunas sustancias capaces de formar soluciones conteniendo más de un soluto disuelto que el requerido para la saturación, y que se conocen como *soluciones sobresaturadas*. Estas soluciones son inestables y un pequeño golpecito en el recipiente, o la inducción por sembrado de un cristal, puede inducir la cristalización masiva del exceso de soluto disuelto. Un ejemplo de este tipo de soluciones puede observarse enfriando en baño de hielo al ácido acético glacial.

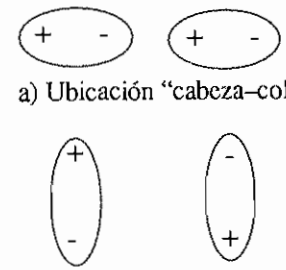
¿Qué tipos de fuerzas mantienen unidas a las moléculas?

Las fuerzas que mantienen juntas a las moléculas son de dos tipos: interacciones dipolo-dipolo y fuerzas de Van der Waals. La interacción dipolo-dipolo surge de la atracción entre el extremo positivo y el extremo negativo de dos moléculas polares. Por ejemplo, en el caso de la acetona con el carbono carbonílico relativamente positivo, y el oxígeno unido relativamente negativo formarán un dipolo que interactuará con otra molécula de acetona, atrayéndose los centros positivos con los negativos en una disposición espacial "cabeza-cola" o "antiparalela", tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2



Una molécula de acetona con su momento dipolar μ_t



a) Ubicación "cabeza–cola"

b) Ubicación "antiparalela"

Disposiciones de dos moléculas polares

Un tipo de atracción dipolar particularmente fuerte es la *unión puente de hidrógeno*. Este tipo de unión se presenta en compuestos en los cuales un átomo de hidrógeno se encuentra unido a un átomo muy electronegativo (O, N, etc.). Este átomo con una carga parcial positiva considerable es atraído por el átomo electronegativo de otra molécula, que, en general, posee uno o más pares de electrones sin compartir. Un caso típico es la molécula de agua que por su peso molecular debería ser un gas, pero debido a la fuerza de las uniones puente de hidrógeno entre sus moléculas, es un líquido.

En general, los solventes que poseen grupos hidroxilo (-OH) forman uniones puente de hidrógeno lo que origina una atracción entre las moléculas mayor que la esperada y tienen puntos de ebullición anormalmente altos.

Las uniones puente de hidrógeno pueden establecerse entre dos moléculas idénticas (homointermoleculares) o entre dos moléculas de distintas sustancias (heterointermoleculares).

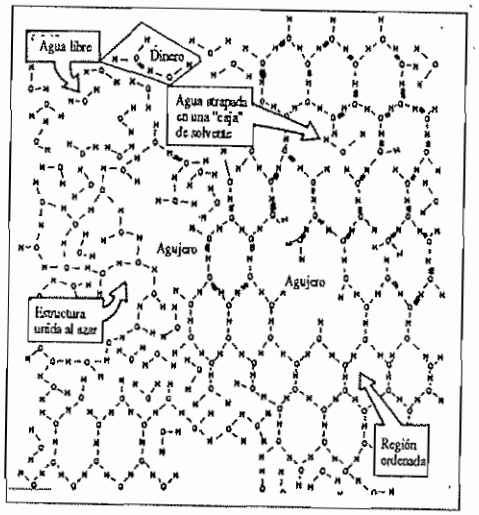


Figura 3: Diagrama esquemático en 2 dimensiones de la estructura líquida tridimensional del agua.

En la Figura 3 se muestra un esquema bidimensional correspondiente a la estructura tridimensional de una masa de agua líquida. En trazo más grueso se señalan algunas de las uniones puente de hidrógeno.

Por otro lado, las fuerzas de Van der Waals son las únicas presentes en moléculas no polares. Tomemos como ejemplo la molécula del gas metano (CH_4) que, siendo simétrica tiene momento dipolar igual a cero. Sin embargo, en cada enlace los electrones no están quietos, sino girando alrededor de una

posición de equilibrio, por lo que la distribución electrónica se distorsiona a cada instante. Esto crea pequeños dipolos momentáneos o transitorios que a su vez alteran la distribución de la nube electrónica de otra molécula cercana. Es decir, el dipolo inducido en una molécula induce un dipolo en otra. Esto genera una atracción neta débil y de corto alcance (entre moléculas vecinas).

¿Por qué se solubilizan las sustancias?

Cuando se disuelve un sólido o un líquido, los iones o moléculas se separan y el espacio entre ellas pasa a ser ocupado por moléculas de solvente. En el caso de un compuesto polar surgirá una atracción electrostática entre un ión positivo y el extremo negativo de una molécula de solvente, así como entre el ión negativo y la parte positiva de otra molécula de solvente.

En la Figura 4 se muestra un esquema de la solvatación de una molécula polar en un solvente formado por moléculas dipolares.

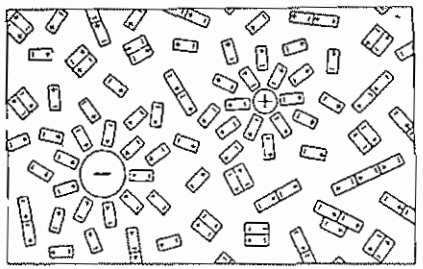


Figura 4: Solvatación de iones en un solvente formado por moléculas polares.

Las características de solubilidad de los compuestos no iónicos están determinadas fundamentalmente por su polaridad. Compuestos no polares o débilmente polares se disuelven en solventes no polares o poco polares: "una sustancia disuelve a otra de polaridad similar". El metano es soluble en tetracloruro de carbono (CCL_4) porque las fuerzas que mantienen unidas a las moléculas de cada compuesto puro son reemplazadas por fuerzas similares que mantendrán unidos los compuestos en la mezcla. En cambio, el tetracloruro de carbono no podrá disolverse en agua, porque las moléculas polares se atraen entre ellas mutuamente con fuerzas más intensas que las que podrían existir entre ellas y moléculas no polares.

En la Tabla 2 se muestra una lista de los solventes más usados y sus principales propiedades.

Tabla 2: Disolventes usuales

DISOLVENTE	CONSTANTE DIELECTRICA	PUNTO DE EBULLICION	COMENTARIO
Eter de Petróleo	1,9	Variable	Inflamable
Hexano	1,9	69°C	Inflamable
Ciclohexano	2,0	81°C (P.F.7°C)	Inflamable
Dioxano	(2,2)[a]	101°C (P.F.12°C)	Completamente miscible con H_2O
Benceno	2,3	80°C (P.F.5,5°C)	Inflamable
Sulfuro de Carbono	2,6	46°C	Con olor, Inflamable
Eter Dietílico	4,3	35°C	Inflamable
Cloroformo	5,0	61°C	
Acetato de Etilo	6,4	77°C	
Acido Acético	(7,1)[a,b]	118° (P.F.16°C)	Completamente miscible con H_2O; ácido
Tetrahidro-furano	(7,6)[a]	65°C	Completamente miscible con H_2O
Piridina	(12,5)[a]	115°C	Completamente miscible con H_2O; básica
Alcohol Isopropílico	15,7[b]	82°C	Completamente miscible con H_2O
Acetona	21,4	56°C	Completamente miscible con H_2O
Etanol	24,3[b]	78°C	Completamente miscible con H_2O
Metanol	33,1[b]	65°C	Completamente miscible con H_2O
Acetonitrilo	33,9	81°C	Completamente miscible con H_2O
Dimetil-formamida	36,7[b]	153°C	Completamente miscible con H_2O
Sulfóxido de Dimetilo	36,7[b]	189°C	Completamente miscible con H_2O
Agua	80[b]	100°C	Completamente miscible con H_2O

[a] La constante dieléctrica se afecta enormemente con trazas de agua. Estos disolventes, como se obtienen ordinariamente, son mucho más polares debido a la presencia de agua.
[b] Solventes que presentan uniones del tipo puente de hidrógeno.

Factores que afectan la solubilidad

1- Naturaleza del soluto y del solvente:

Tal como lo hemos discutido en los párrafos previos, sustancias polares tienden a ser miscibles o solubles en sustancias polares, y sustancias no polares en solventes no polares.

2- Temperatura:

El calor de disolución es la cantidad de calor desprendido o absorbido por una unidad de masa de una sustancia que se disuelve en una determinada cantidad de solvente. Si el calor de disolución es positivo (necesita calor para disolverse) la sustancia será más soluble en solvente caliente que en frío, y viceversa.

3- Presión:

Pequeños cambios de presión casi no afectan la solubilidad de un sólido en un líquido, pero tienen un marcado efecto en la solubilidad de los gases en los líquidos. La solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión de ese gas sobre la solución.

4- Presencia de impurezas:

Los solventes comerciales pueden tener contaminaciones que modifiquen su polaridad. Por ejemplo, si el quitaesmalte tiene acetona como solvente principal, una contaminación con agua modificará sus propiedades y actuará como solvente de mayor polaridad. En este caso, sustancias muy polares que no son solubles en acetona resultarán parcialmente solubles en la mezcla.

De igual modo pueden afectarse las miscibilidades con otros solventes. Por ejemplo, si el quitaesmalte está formado fundamentalmente por acetato de etilo, pero tiene también algo de alcohol, resultará soluble con agua, mientras que el acetato de etilo puro es muy poco soluble en agua.

Factores que afectan la velocidad de disolución

1- Tamaño de partículas:

La disolución es un fenómeno superficial durante el cual el soluto se rodea de moléculas de solvente. Cuanto más pequeño sea el cristal, mayor es la superficie expuesta al contacto con el solvente y, por lo tanto, mayor la velocidad de disolución.

2- Temperatura:

En la mayor parte de los casos la velocidad de disolución se incrementa con la temperatura, pues al elevarse la temperatura, las moléculas del solvente se mueven más rápido y pasan sobre la superficie del soluto con mayor frecuencia.

3- Agitación:

El solvente que está en contacto inmediato con el soluto lo disuelve, y provoca un aumento de concentración cerca de la superficie del sólido. A medida que aumenta la concentración disminuye la velocidad de disolución. Al agitar, el soluto se distribuye en la solución y el sólido está continuamente expuesto a nuevo solvente. (Por esto revolvemos una infusión luego de agregarle azúcar).

4- Concentración:

A mayor concentración hay una mayor cantidad de moléculas de solvente comprometidas con el soluto y una menor cantidad libre para disolver al sólido.

¿Qué es una recristalización?

El concepto de recristalización está relacionado con la diferencia de solubilidad a distintas temperaturas de un sólido en un solvente dado. La mayoría de las sustancias son menos solubles en frío que a la temperatura de ebullición del solvente. Supongamos que el sólido *M* está impurificado con el sólido *A*: recristalizarlo será una forma de purificarlo, es decir, se disolverá a *M* en la mínima cantidad de solvente caliente tal que al enfriar la solución precipite (cristalice) debido a su menor solubilidad en el solvente frío. Con la impureza *A* pueden pasar tres cosas:

i) Si *A* es insoluble en la solución caliente, se lo filtra a esa temperatura y se descarta ese sólido *A*.

ii) Si *A* es soluble en caliente, pero también en frío, se separa de la muestra *M* cuando se filtra en frío: quedan los cristales puros de *M* en el embudo y *A* se elimina disuelto en el "líquido madre de recristalización".

iii) Si *A* tiene un comportamiento de solubilidad parecido a *M*, será más complicada la purificación, requiriéndose mayor número de procedimientos de recristalización, con la consecuente pérdida de masa de *M*. Si el solvente fue correctamente elegido, el sólido que se obtenga luego de cada recristalización tendrá un porcentaje de *A* menor que el inicial.

BIBLIOGRAFÍA

Brady, J.; Humiston, G.: General Chemistry, *Principles and Structure*. Third Edition, John Wiley & Son, New York, 1982.

Hein, M.: *Foundation of College Chemistry*. Dickenson Publishing Company, Fourth Edition, California, 1977.

Luciana Sacerdote: *Química General Programada*. Serie Limusa Wiley de libros programados, Méjico, 1968.

Morrison, R. y Boyd, R.: *Química Orgánica*. Addison Wesley Iberoamericana, México, 1986.

Lydia R. Galagovsky: *Química Orgánica: Fundamentos teórico-prácticos del laboratorio*. EUDEBA, 3a. edición, Buenos Aires, 1990.

C. Reichardt: *Solvent effects in Organic Chemistry*. Monographs in Modern Chemistry. Werlag Chemie, New York, 1978.

EJEMPLO DE BIOLOGÍA: DIVISIÓN CELULAR

Colaboración: Dra. Nora Maidana - Lic. Carmen Alonso

La reproducción celular

Entre las propiedades que caracterizan a los seres vivos se encuentra la capacidad de reproducirse. Esta puede tener como fin tanto el crecimiento del individuo como su multiplicación para la perpetuación de la especie.

La reproducción de las células que constituyen los organismos tiene como requisitos indispensables: que no se pierda la información hereditaria (ADN) contenida en el núcleo; que cada célula contenga toda la información genética para todas las características del organismo; y que estas se transmitan de generación en generación.

El ADN (ácido desoxirribonucleico) es una molécula compleja que se organiza en cromosomas.

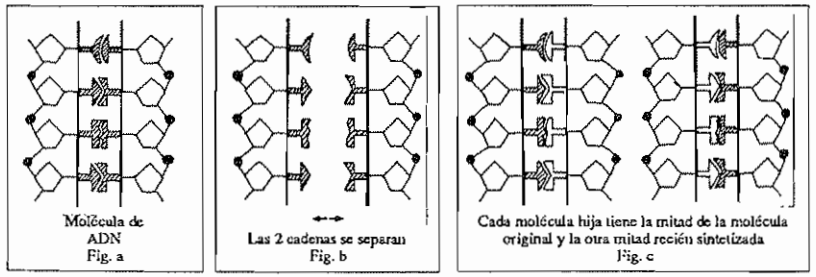
Cada molécula de ADN está compuesta por una doble cadena de nucleótidos arrollados helicoidalmente (figura a). Para replicarse se separan las dos cadenas (figura b) y cada una sintetiza una copia de la otra mitad.

Como se ve en la figura c, este proceso tiene como resultado dos moléculas "hijas" cada una de las cuales posee la mitad de la molécula de ADN original ("materna"). A este tipo de replicación se la denomina *semiconservativa*. El número de cromosomas que contiene una célula varía de acuerdo a la especie, por ejemplo las del hombre tienen 46 cromosomas.

Los mecanismos por los cuales puede darse la división celular son básicamente tres:

MITOSIS: relacionado con la reproducción asexual y con el crecimiento.

Figura 1



MEIOSIS: relacionado con la formación de las gametas (por ejemplo el óvulo y el espermatozoide).

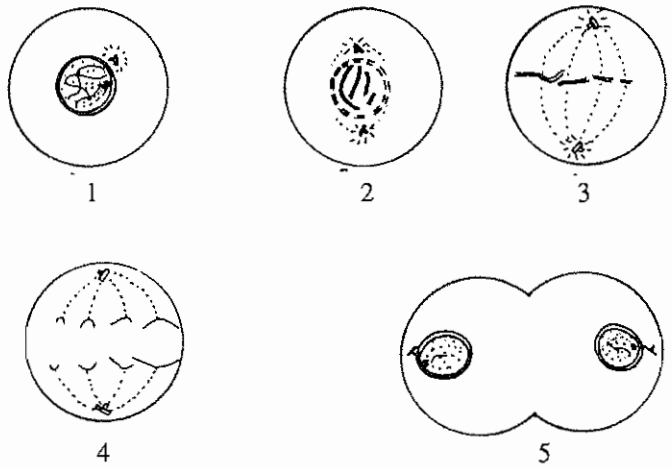
AMITOSIS: vinculado con la propagación vegetativa de algunos organismos (por ejemplo brotación, gemación o bipartición).

MITOSIS (Figura 2)

Es un mecanismo de reproducción celular que asegura que cada una de las células hijas reciba exactamente el mismo tipo y número de cromosomas que la célula madre. Para que esta condición se cumpla es necesario que antes de dividirse, la célula duplique su información hereditaria o genética (ADN). Esto ocurre durante un período de aparente reposo de la célula que se llama INTERFASE (1). Con fines meramente descriptivos, la mitosis propiamente dicha se divide en cuatro fases:

A. PROFASE (2) las moléculas de ADN están densamente espiralizadas, por lo tanto los cromosomas pueden ser visualizados al microscopio. El centríolo se duplica y los centríolos hijos migran hacia extremos opuestos (polos) de la célula, a la par que organizan al huso acromático entre ellos. Este huso facilita el desplazamiento de los cromosomas "hijos" a cada polo celular. En esta fase también se desorganizan tanto el nucléolo como la membrana nuclear.

Figura 2



B. METAFASE (3) los pares de cromosomas, ya totalmente condensados, se disponen en el plano ecuatorial del huso.
C. ANAFASE (4) los miembros de cada par de cromosomas se separan y cada grupo de cromosomas hijos se dirige hacia uno de los polos.
D. TELOFASE (5) una vez llegados a los polos, los cromosomas comienzan a desespiralizarse y la membrana nuclear vuelve a formarse alrededor de los núcleos hijos.

La mitosis normalmente concluye con la separación de los cuerpos de las células hijas. Este proceso se denomina CITOCINESIS.

Esta secuencia ordenada de fases asegura que la mitosis sea un proceso de reproducción celular en el cual las células hijas reciban cada una el mismo número de cromosomas (distribución equitativa) y contengan la misma información genética que posee la célula madre (conservativa).

En la *amitosis* los cromosomas se distribuyen al azar entre las dos células hijas. No es equitativa porque las dos células hijas resultantes pueden no ser iguales entre sí, ni conservativa porque pueden no tener la misma cantidad de ADN que la célula madre.

La *meiosis* es equitativa en cuanto a que las células hijas reciben el mismo número de cromosomas, pero no es conservativa ya que el número de cromosomas recibido es la mitad del número que poseía la célula madre (por esta razón se la llama división reduccional).

BIBLIOGRAFÍA

Du Praw, E. J.: *DNA and Chromosomes*. Holt, Rinehart and Winston, Inc., U.S.A., 1970.

Villee, C. A.: 1974. *Biología*. Nueva Editorial Interamericana, México, 1974.

RESUMEN

El objetivo de este libro es comunicar a la comunidad educativa las conclusiones sobre un trabajo de investigación acerca de las variables que deben tenerse en cuenta y ejercitar durante el trabajo en clase para lograr en los alumnos un excelente nivel de aprendizaje significativo.

Se presentan nueve variables o herramientas metodológicas y varios ejemplos, a partir de los cuales se reflexiona sobre la aplicación de dichas variables.

En términos operativos, las nueve variables pueden resumirse de la siguiente forma:

1) Evitar el *abismo* entre situaciones de aprendizaje de la vida real y de la escuela.

2) Provocar *conflictos cognitivos* en los alumnos y acondicionar las circunstancias para su eficaz superación.

3) Estimular la formación de *hipótesis* para la resolución de dichos conflictos cognitivos.

4) Dar un lugar al *error*, reconocerlo, trabajarlo y construir conocimiento inteligente a partir de su superación.

5) Aprovechar, entre otras, las posibilidades de motivación y compromiso con el aprendizaje que brinda la actividad de *discusión* grupal.

6) Diferenciar los procesos de *corrección* del error y de *calificación*. Favorecer la autoevaluación y autocrítica.

7) Ejercitar la *metacognición* permanentemente.

8) Diseñar *actividades* en coherencia con objetivos, en relación al interés de los estudiantes; respetar la diferencia entre enseñar conceptos y/o relaciones entre conceptos y/o estrategias.

9) Valorar el *tiempo* de la clase dedicándose a favorecer en él el aprendizaje significativo y no únicamente la transmisión de información.

INDICE

Introducción 7

Capítulo 1: Herramientas metodológicas.

¿Qué vamos a enseñar? 11
Medios de información. De la clase modelo a los modelos de clase 12
Polución mental. De la enseñanza de teorías a las teorías de aprendizaje 14
Variables del proceso enseñanza-aprendizaje propuestas para el trabajo en el aula:
I- El abismo 17
II- El conflicto cognitivo 18
¿Qué papel juega el conflicto en la adquisición de un nuevo aprendizaje? 19
¿Quién es el dueño del conflicto cognitivo? 20
III- Las hipótesis 21
IV- El error 23
V- La discusión grupal 25
La discusión y el conflicto cognitivo 27
La discusión y las hipótesis 28
La discusión y el error 29
VI- La corrección 31
De la evaluación a la autoevaluación 31
La calificación 34
VII- La metacognición 36
La metacognición y el conflicto cognitivo 37
VIII- Las actividades 40
IX- El tiempo 47
Bibliografía 51

Capítulo II: Digestión metodológica en ejemplos

Introducción 53

Ejemplos de Física: Calor y temperatura

Unidad 1: Termómetros y temperaturas cotidianas
Actividad 1.1: Sensibilidad de la piel humana como termómetro 55
Reflexión metodológica sobre la actividad 1.1 56
Actividad 1.2: Calor y temperatura 57
Reflexión metodológica sobre la actividad 1.2 57
Actividad 1.3: Termómetros 58
Reflexión metodológica sobre la actividad 1.3 59
Unidad 2: Escalas de temperatura
Actividad 2.1: Confiabilidad de los termómetros. Escala centígrada 60
Reflexión metodológica sobre la actividad 2.1 61
Actividad 2.2: ¿Hasta dónde puede elevarse la temperatura de un sólido o un líquido? 61
Reflexión metodológica sobre la actividad 2.2 62
Actividad 2.3: Evaluación de las Unidades 1 y 2 65
Reflexión metodológica sobre la actividad 2.3 66
Unidad 3: El calor. Materiales aislantes y conductores.
Actividad 3.1: Materiales aislantes y conductores 67
Reflexión metodológica sobre la actividad 3.1 68
Actividad 3.2: Eficiencia de distintos materiales para conservar el calor 69
Reflexión metodológica sobre la actividad 3.2 71
Actividad 3.3: Relaciones entre masa, calor y energía 72
Actividad 3.4: Evaluación global de las Unidades 1, 2 y 3 72

Ejemplo de Química: Solubilidad.

Actividad 1: ¿Qué es disolver? 76
Reflexión metodológica sobre la actividad 1 77
Actividad 2: Convocatoria al diseño de una experiencia 78
Reflexión metodológica sobre la actividad 2 78
Actividad 3: Solubilidad y polaridad 80
Reflexión metodológica sobre la actividad 3 80
Actividad 4: Dependencia de la solubilidad con la temperatura 81
Reflexión metodológica sobre la actividad 4 82

Ejemplo de Biología: División celular

Actividad 1: Reproducción celular vs. reproducción de individuos 83
Reflexión metodológica sobre la actividad 1 83
Actividad 2: El material genético 86
Reflexión metodológica sobre la actividad 2 87
Actividad 3: ¿Qué se necesita para la mitosis? 87
Reflexión metodológica sobre la actividad 3 89
Actividad 4: Presentación de la analogía 90
Reflexión metodológica sobre la actividad 4 91
Actividad 5: La pregunta pendiente 93
Reflexión metodológica sobre la actividad 5 93
Actividad 6: ¿Cómo se separan los cromosomas? 95
Reflexión metodológica sobre la actividad 6 95

Conclusiones 98

Capítulo III: Los contenidos teóricos de cada ejemplo.

Introducción 101

Ejemplo de Física: Calor y temperatura.

¿Qué es la temperatura? 102
¿Cuál es la diferencia entre calor y temperatura? 102
¿Cómo se originaron los primeros termómetros? 103
¿En qué propiedades se basan los distintos tipos de termómetros? 105
¿Es posible calentar o enfriar una sustancia a cualquier temperatura? 107
¿Qué es el calor? 108
¿Qué relación existe entre el calor y la vibración molecular? 109
Bibliografía 110

Ejemplo de Química: Solubilidad.

Electronegatividad de moléculas polares 111
Soluciones 112
¿Qué tipos de fuerzas mantienen unidas a las moléculas? 113
¿Por qué se solubilizan las sustancias? 115
Factores que afectan la solubilidad 117
Factores que afectan la velocidad de disolución 117

¿Qué es una recristalización? 118
Bibliografía 119

Ejemplo de Biología: División celular.
La reproducción celular 120
Mitosis 121

Resumen 123

Esta edición se terminó de imprimir en
INDUSTRIA GRAFICA DEL LIBRO, Warnes 2383
Rep. Argentina, en el mes de enero de 1993.