



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**PERFILES
EDUCATIVOS**

ISSN 0185-2698

Novak, Joseph D. (1978)

**“EL PROCESO DE APRENDIZAJE Y LA EFECTIVIDAD DE LOS
MÉTODOS DE ENSEÑANZA”**

en Perfiles Educativos, No. 1 pp. 10-31.

El Proceso de Aprendizaje y la Efectividad de los Métodos de Enseñanza

Joseph D. NOVAK

Traducción: Serafín Zamora Briones

Revisión técnica: Fernando García Cortés

Introducción y antecedentes históricos

Con el surgimiento de la escuela secundaria pública, durante la última mitad del siglo diecinueve, y debido a la expansión de los estudios universitarios para incrementar el estudio de la ciencia, la enseñanza de la biología comenzó a ocupar lugar prominente en los currículos. Los recientes estudios sobre esta materia difícilmente provienen de especialistas en botánica, zoología y fisiología, ciencias de las cuales, la última, se asoció ordinariamente a los estudios de medicina. Los libros de texto eran amplios compendios de información organizados comúnmente conforme a sistemas taxonómicos o, en el caso de la fisiología, conforme a los sistemas en que el cuerpo se divide. Los métodos de enseñanza insistían en la memorización de detalles factuales, con un mínimo de énfasis sobre los conceptos biológicos importantes que sirven para organizar los hechos conocidos y para permitir una comprensión de la forma en que funcionan los sistemas vivientes.

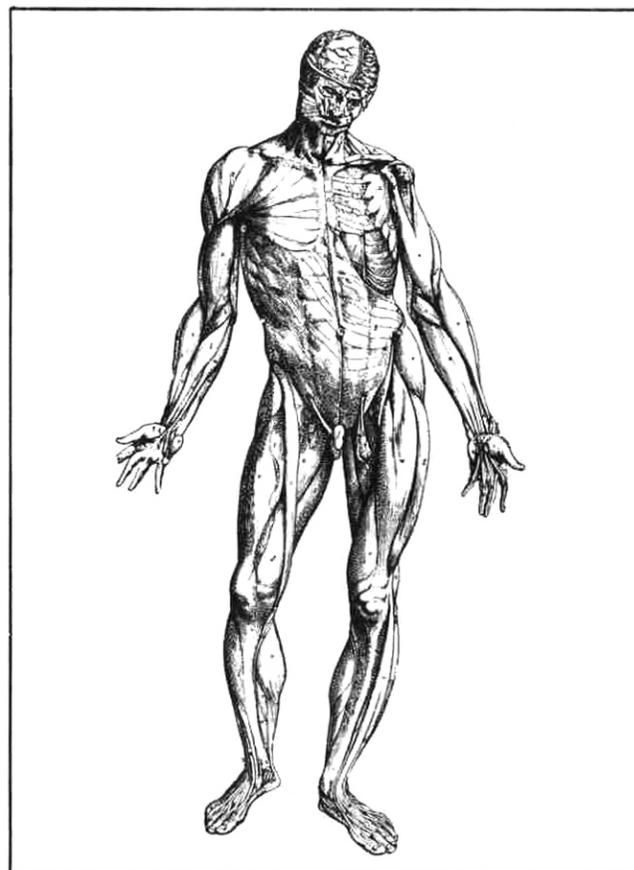
El periodo que va de 1850 al primer cuarto del siglo veinte, no solamente se caracterizó por una expansión del conocimiento fáctico acerca de los seres vivientes, sino por el desarrollo de modelos explicativos, o conceptos claros y generales, que explican parte de la regularidad observada en los sistemas vivientes. Los conceptos de

* Título original: *Understanding the Learning Process and Effectiveness of Teaching Methods in the Classroom, Laboratory, and Field*. Science Education 60 (4): 493-512 (1976) by John Wiley & Sons, Inc. Reproducido con permiso de John Wiley & Sons, Inc. Derechos reservados.

evolución, genética, célula y origen del germen de la enfermedad son algunos de los conceptos explicativos más avanzados que se produjeron en este periodo. Podemos mostrar cómo los conceptos que constituyen una disciplina juegan papel importante en la aplicación de los métodos para lograr conocimiento nuevo en una disciplina, y lo juegan también en la planeación de la enseñanza.

Podemos sostener que los conceptos* representan un papel central en la conducta humana racional y que el aprendizaje del concepto debe ser el foco de la atención en la enseñanza de la biología. De ello se desprende que nuestro modelo psicológico para el aprendizaje debe ser uno que haga énfasis en la naturaleza de los conceptos y en el papel que representan para el aprendizaje. En nuestros tiempos, sólo encontramos una teoría viable del aprendizaje cognoscitivo que tiene la amplitud suficiente para satisfacer nuestro propósito, y ésta es la teoría del aprendizaje de David P. Ausubel.¹

A medida que el nuevo conocimiento científico continúa acumulándose a ritmo acelerado, se hace cada vez más evidente la necesidad de nuevas alternativas para la ciencia de la educación. El tradicional "estudio" del conocimiento de las ciencias biológicas, que se ha practicado considerando *philum* por *philum*, se fue haciendo cada vez más deficiente. En los Estados Unidos de América, la elaboración de textos para nivel secundario dejó de estar al cuidado de especialistas universitarios y pasó a manos de profesores y directores de escuelas públicas y privadas. Este cambio en los autores de textos, que prescinde de aquellos estrechamente ligados a la investigación, condujo, en parte, a la obsolescencia del conocimiento incluido en los programas de secundaria y suministró parte del incentivo para la elaboración de nuevos programas del currículo, proyecto apoyado en los Estados Unidos de América por la *National Science Foundation*, mismo que requirió la substancial contribución de



distinguidos investigadores especializados.² Un hecho similar se presentó en Inglaterra, con los últimos programas elaborados con apoyo de la Fundación Nuffield. A fin de crear nuevos currículos y encontrar otras alternativas para la enseñanza, a nivel universitario, se llevaron a cabo muchos ensayos. Algunas de estas "innovaciones" han sido descritas por McGrath³ y Haun⁴ en dos volúmenes que llevan por título *Science in General Education*. En el nivel de la escuela elemental, la ciencia se consideró cada vez más como una importante materia de estudio y durante los años sesenta se incluyeron programas patrocinados oficialmente para la elaboración de los currículos.

La mayor parte de los proyectos de elaboración del currículo que se produjeron en los años sesenta fueron dirigidos a poner al día el contenido, y al conocimiento de los "métodos de investigación científica", tomados éstos del modelo ofrecido por el libro titulado *Logic of Scientific Discovery*, de Popper.⁵ La Asociación Americana para el Desarrollo de la Ciencia patrocinó un programa básico, en el que la ciencia se consideró como un enfoque de proceso, diseñado para subrayar

* Existen muchas y variadas definiciones del concepto. A mí me ha parecido útil definir el concepto como "una descripción de una regularidad entre hechos u otros conceptos". Los hechos son definidos como registro de **acontecimientos** y los **acontecimientos** son cosas que se observa acontecer o hacer acontecer. De esta manera, un **experimento** produce **acontecimientos**, que se registran como **hechos** observados, cuya regularidad se trata de explicar mediante **conceptos** atinentes. A veces se necesita inventar nuevos conceptos para explicar las regularidades que se observan.

los "procesos científicos", conforme a un esquema jerárquico defendido por Gagné.⁶ Ninguno de los más importantes proyectos estadounidenses o británicos dirigieron su interés principal hacia la naturaleza y papel de los conceptos en el descubrimiento científico, ni hacia el papel que juegan éstos en el aprendizaje y en la comprensión de la ciencia.⁷

El punto de vista central de este trabajo será que las innovaciones futuras en la enseñanza de la biología deben estar fundadas en un análisis del marco de referencia conceptual de la disciplina o subdisciplina que se enseñará, y sobre un análisis sistemático de alternativas de enseñanza, escogidas para llevar al máximo el aprendizaje del concepto por los estudiantes. Se tratará de mostrar cómo los nuevos logros de la teoría del aprendizaje pueden guiar y apoyar el diseño de la enseñanza, para facilitar el aprendizaje de los estudiantes al máximo alcance que lo permitan las aptitudes de aprendizaje.

El dinámico fundamento epistemológico de la ciencia

Ya hemos señalado antes que durante el siglo pasado ha habido gran progreso en las ciencias, y particularmente en las ciencias biológicas, donde nuestro conocimiento acerca de los sistemas vivientes ha cambiado enormemente. Lo que no ha sido reconocido generalmente es que la naturaleza de la ciencia, como una búsqueda activa del conocimiento, también ha sufrido cambios.

La historia de la ciencia moderna se remonta a los escritos de Copérnico, de los primeros años del siglo XVI, y a los de Galileo, de principios del siglo XVII. Ambos se distinguieron como cuidadosos observadores de la naturaleza como lo fueron Aristóteles y otros, pero a diferencia de sus predecesores, éstos idearon explicaciones de los fenómenos, no mediante propiedades inherentes a los objetos mismos, sino mediante las relaciones que se advierten entre los objetos, expresadas frecuentemente en términos matemáticos. Así, Galileo encontró que grandes piedras caen justamente a la misma velocidad que las pequeñas, aunque éstas pesen menos, y así sucesivamente. Los primeros años del siglo XVII constituyen un periodo en el que el interés por la

observación de la naturaleza floreció en Europa; fue un tiempo en que muchos caballeros cultos vieron a la ciencia como un adecuado pasatiempo intelectual.

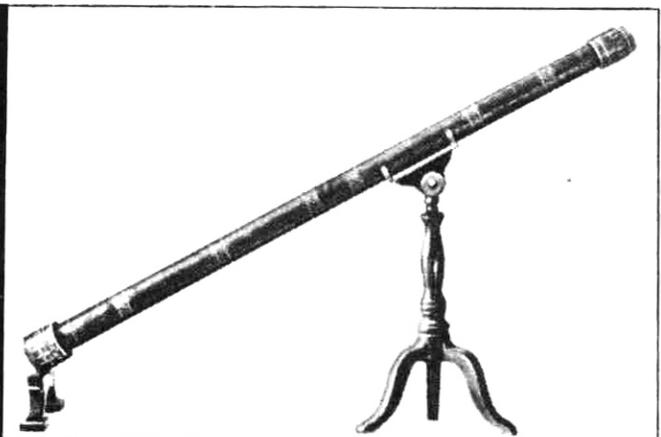
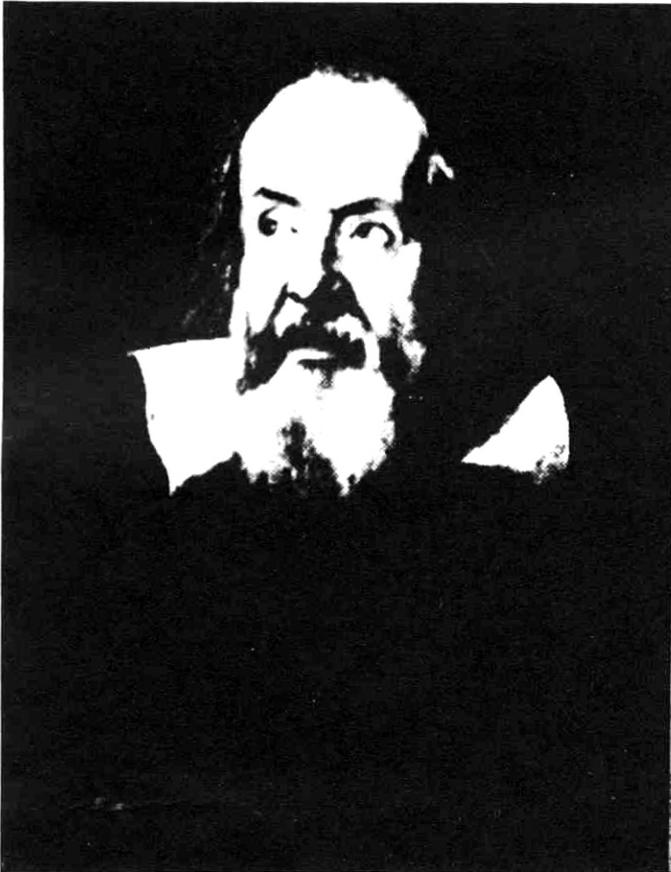
Francis Bacon aunó el arte de ejecutar experimentos con la observación de la naturaleza; sin embargo, su contribución más importante fueron sus amplias descripciones de los métodos para estudiarla. Sus primeros escritos, y especialmente el *Novum Organum*, que data de 1620, explican con detalle el dogma de la práctica científica.

"La sutilidad de la naturaleza está más allá de la de los sentidos o del entendimiento; por eso, las meditaciones más profundas, las especulaciones y las teorías sobre la raza humana, no son sino una especie de locura: no hay ninguna que pueda acercársele y observarla". (8, p. 107).

Bacon y otros, propalaron el punto de vista de que la ciencia podría avanzar mejor si se observa a la naturaleza estando libres de prejuicios acerca de qué debe ser visto o cómo debe comportarse la naturaleza misma. Dado el carácter filosófico y especulativo de mucha de la ciencia primitiva y medieval, fue una empresa difícil y necesaria dirigir el énfasis de la investigación hacia la observación acuciosa, y desentenderse de ideas preconcebidas no atingentes, para ganar conocimiento *nuevo*. La influencia de Bacon se hizo sentir durante los siglos XVII, XVIII y XIX. Por ejemplo, Darwin escribió:

... "Reunir todos los hechos que revelan, en todos los sentidos, la mutación de animales y plantas, ya sea en su estado natural o sometidos a domesticidad, puede arrojar alguna luz sobre el conjunto de estos seres. Mi primer cuaderno de apuntes fue abierto en julio de 1837. Trabajé conforme a los verdaderos principios baconianos, y, ajeno a cualquier teoría, reuní los hechos a gran escala" . . . (9, pp. 67-68).

Se sabe, por supuesto, que Darwin llegó más allá de los hechos que observó durante su viaje en el Beagle. Al final, formuló y expresó en detalle su teoría de la evolución en *El origen de las especies* (1859). Por otra parte, también se cuenta con las "leyes" de Kepler,



en astronomía; con las de Newton, en física; las de Lavoisier, en química y las de Pasteur, en microbiología. No obstante todas estas conceptualizaciones "especulativas", Karl Pearson escribió todavía en 1900:

"La unidad de toda la ciencia consiste en su método, no en su materia. El hombre que clasifica los hechos, de cualquier índole que éstos sean; que advierte su mutua relación y describe el orden de su sucesión, está aplicando el método científico y es un hombre de ciencia" (10, p. 12).

"... Tal como yo interpreto esa teoría (la de la evolución, de Darwin), es verdaderamente científica, por la simple

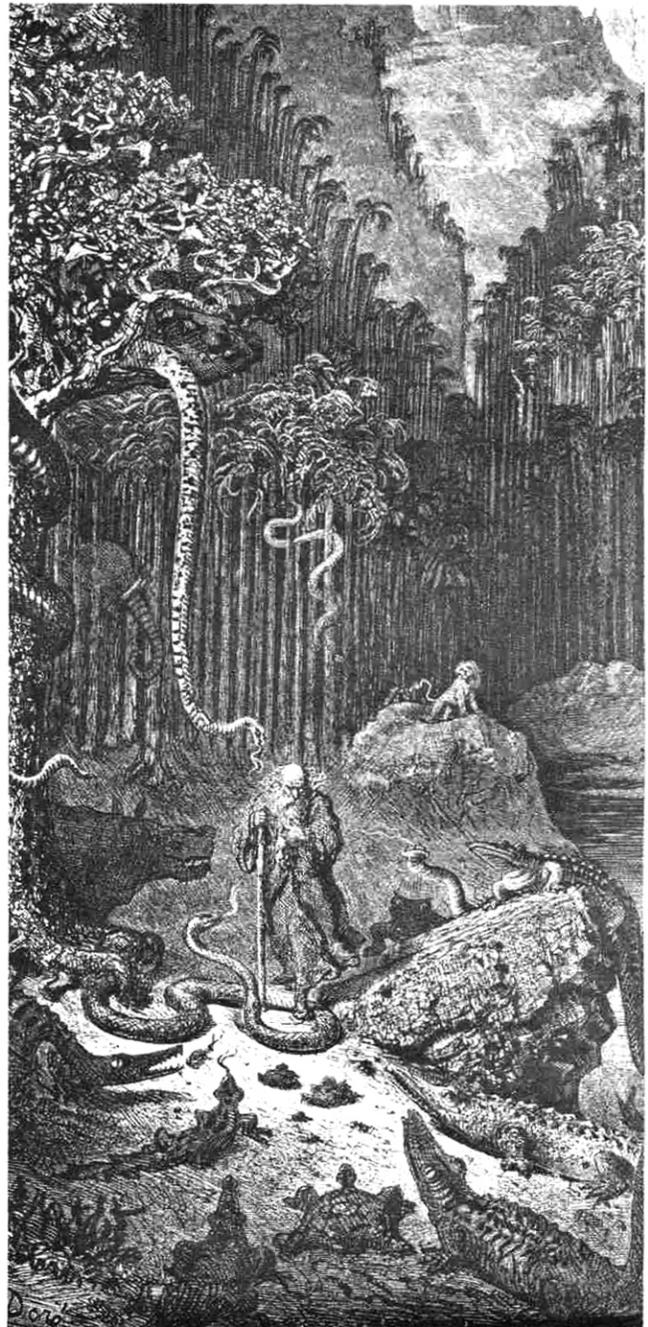
razón de que no trata de explicar nada, sino que toma los hechos de la vida tal como los percibimos e intenta describirlos mediante una fórmula breve..." (10, p. 356)

Después de Pearson se ha producido el trabajo de Einstein; se redescubrió la genética de Mendel; surgió la moderna genética y se desarrolló la teoría de los quanta. Estos y muchos otros esquemas conceptuales fueron ideados para observar la naturaleza y para guiar el diseño de instrumentos y experimentos. Pero todavía, para algunos filósofos sobresalientes de la ciencia, los experimentos y la observación constituyen la parte medular de la ciencia y su tema crucial es el de las *relaciones lógicas* entre los hechos experimentales y las hipótesis. Karl Popper⁵ aseveró

que “los resultados de una investigación conforme a las normas de la ciencia —o sea, del descubrimiento científico— pueden ser titulados ‘La lógica del descubrimiento científico’” (5, p. 53). Durante trescientos años se aceptó el dogma desarrollado por Bacon, en el sentido de que la ciencia se fundaba en la observación y en la experimentación, y que los métodos empleados para llevar a efecto estas observaciones imparciales e impersonales eran la esencia de la ciencia misma.

Sin embargo, en los años cincuenta de nuestro siglo, ha comenzado a surgir una nueva visión de la ciencia, debida a especialistas que han estudiado cuidadosamente la historia del conocimiento científico. Estos han encontrado en la vida y en la correspondencia de quienes fueron hombres de ciencia prácticos, que las conceptualizaciones especulativas jugaron un papel *central*; también se han descubierto importantes y decisivos procedimientos experimentales que ha descrito Polanyi (1957), denominados *pasión*, y no lógica, y ha habido un creciente reconocimiento de que, en ciencia, como lo es en otras empresas humanas, la herencia conceptual gobernó la percepción y el pensamiento que el hombre tuvo acerca de las cosas. Conant expresó esto en *On Understanding Science*¹¹ y su coparticipante, Thomas Kuhn, desarrolló la tesis de que las conceptualizaciones ó *paradigmas* que norman el trabajo del hombre de ciencia, *determinan* los métodos que empleará y lo que verá en sus observaciones. *La estructura de las revoluciones científicas*, de Kuhn,¹² aunque ha sido criticado por la ambigua definición que da acerca de los paradigmas y por su énfasis en la transición “revolucionaria” de viejos a nuevos paradigmas, contribuyó, sin embargo, a dar un golpe de muerte al mito de que la ciencia era una “lógica del descubrimiento”, o una empresa de recolección de datos, no subjetiva.

Más recientemente, Stephen Toulmin¹³ ha señalado que Popper y otros han caído en sus propias trampas lógicas, porque su investigación de la “verdad” científica, por métodos lógicos, conduce a un “retroceso infinito” en el que algo debe ser supuesto como verdadero, donde la verificación de nuestros



propios supuestos nos llevará finalmente a alguna "verdad" *a priori* que debe ser aceptada con fe. Más que aspirar a una "lógica del descubrimiento", Toulmin sostiene que debemos aceptar que pensamiento *racional* y pensamiento *lógico* no son idénticos.

"Un hombre demuestra su racionalidad no sometiendo a ideas fijas, a procedimientos estereotipados o a conceptos inmutables, sino por el modo en que, y las oportunidades donde, modifica esas ideas, procedimientos y conceptos". (13, p. x.)

Para Toulmin, la conducta *racional*, es la clave del incremento del conocimiento y, ésta, es descrita como las vías donde los conceptos se emplean para observar e interpretar los fenómenos. Además, no hay conceptos "absolutos", que conserven la verdad y valgan para todo tiempo, porque lo que es conducta racional en una década o centuria, puede ser conducta irracional en otro periodo. Por ejemplo: cuando predominó en la sociedad el concepto "creacionista", fue irracional exponer que las cosas vivientes, tal como las vemos, se desarrollaran gradualmente a partir de formas ancestrales, porque esto reñía no solamente con la interpretación literal de la Biblia, sino también con el "hecho" de que se hubiesen necesitado muchos cambios en el breve espacio de tiempo de 4004 años A. de C., cuando, se dice, la Tierra fue creada. A medida que cobraba evidencia el conocimiento de que el mundo era mucho más "antiguo", con miles de millones de años de edad, el concepto creacionista perdía su principal punto de apoyo, al grado que, ahora, resulta irracional sostener que los modelos catastróficos explican mejor que los evolucionistas el mundo que observamos. Toulmin sostiene persuasivamente que el entendimiento humano está fundado en los conceptos que el hombre sustenta en cualquier momento de la historia y que los conceptos son evolutivos.

"Los conceptos, como los individuos, tienen su historia, y son realmente tan incapaces de resistir los estragos del tiempo como lo son los individuos (13, p. x).

Estamos viviendo un nuevo periodo en la historia de la ciencia, en el que historiadores y filósofos

de la ciencia discutirán cada vez más acuciosamente qué es lo que los científicos han hecho o están haciendo. No sería sorprendente, y provocaría mínima oposición, que los futuros ganadores del Premio Nobel dieran entrada al juego conceptual que vienen desarrollando, como lo hizo James Watson en su libro: *The Double Helix*.¹⁴ Tan diferentes son las nuevas perspectivas de la naturaleza e historia de la ciencia, que un escritor se ha preguntado: "¿Debe ser considerada una incógnita la historia de la ciencia?"¹⁵ Los textos de ciencia elemental y la mitología popular han ofrecido una visión tan torcida de la ciencia y de los hombres de ciencia, que Brush se pregunta si el carácter humano y realista de la ciencia no pudiera parecer aberrante a la gente educada en la fría, objetiva y mitológica imagen de la ciencia.

La verdad actual se plantea simplemente así: Si la ciencia está reconocida como conjuntos cambiantes de conceptos, que guían tanto nuestros métodos de indagación como la interpretación de nuestros logros ¿no debiera ser la enseñanza de la ciencia enfocada también al aprendizaje de conceptos? Pensamos que la respuesta es: Sí.

Por tal motivo hemos buscado una teoría del aprendizaje que pueda guiarnos en el proceso de planear el currículo y la enseñanza a fin de que se logre el aprendizaje de la biología: una teoría donde el aprendizaje del concepto se sitúa en el centro de nuestro esfuerzo. Las razones para escoger la teoría de Ausubel sobre el trabajo de Gagné, de Piaget o de Skinner, se han ofrecido en otra parte.¹⁶

Teoría del aprendizaje cognoscitivo, de David P. Ausubel

Para comenzar, es importante hacer la distinción entre tres tipos de aprendizaje: el cognoscitivo, el afectivo y el psicomotor. Los procesos cognoscitivos son aquellos por los cuales adquirimos y empleamos el conocimiento; constituyen lo que la mayoría de la gente quiere decir cuando habla de aprendizaje, especialmente del aprendizaje escolar. El aprendizaje cognoscitivo da, en consecuencia, una acumulación de información en el cerebro de quien aprende, un complejo organizado que es aludido como "estructura cognoscitiva". La

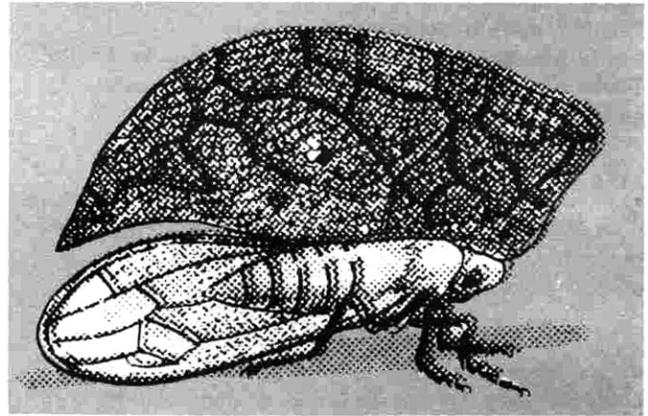
experiencia afectiva surge de señales que aparecen *dentro* del individuo y que se identifican como placer y dolor, como satisfacción o insatisfacción, como tranquilidad o ansiedad. En poco o en mucho, la experiencia afectiva siempre acompaña a las experiencias cognoscitivas y, por lo mismo, el aprendizaje afectivo es concomitante del aprendizaje cognoscitivo; pero la cuestión más importante que debe tomarse en cuenta es que nosotros, como educadores, podemos controlar la experiencia cognoscitiva y, en consecuencia, ésta debe ser propiamente nuestro foco de atención. El aprendizaje psicomotor comprende el adiestramiento de respuestas musculares mediante la práctica; pero el aprendizaje cognoscitivo interviene comúnmente como un elemento importante en la adquisición de destrezas psicomotoras; por ejemplo: tocar el piano, jugar golf o el ballet.

La teoría de Ausubel versa principalmente sobre el aprendizaje cognoscitivo; pero no debido a que este autor tenga escaso interés o poca experiencia en el área de las emociones humanas, porque es un psiquiatra en ejercicio. La razón por la cual nos hemos decidido a presentar su teoría (del aprendizaje cognoscitivo) consiste en que consideramos que es la más útil y comprensiva teoría del aprendizaje con que actualmente se cuenta. No conocemos una teoría funcional y empíricamente validada acerca del aprendizaje afectivo. En la ciencia hemos aprendido que debemos explotar cualquier teoría útil y responder sistemáticamente a aquellas cuestiones para las cuales se adecúa la teoría.

El desarrollo de este trabajo está enfocado al aprendizaje cognoscitivo, no porque la experiencia afectiva no sea importante, sino porque la aplicación de la teoría de Ausubel representa una promesa muy inmediata para el mejoramiento de la enseñanza de la biología.

Aprendizaje significativo

El concepto más importante de la teoría de Ausubel es el de *aprendizaje significativo*. Este aprendizaje ocurre cuando la nueva información se



enlaza con los *conceptos pertinentes* que existen ya en la estructura cognoscitiva del que aprende. Por ejemplo: un estudiante observa a una "varita que camina" y se percató de que no es tal varita, sino un insecto, con ojos, patas y otras cosas que tienen los insectos, mismas que el estudiante ha aprendido, no solamente para reconocer esta especie, sino para relacionar su nuevo aprendizaje con un amplio orden de información que puede poseer acerca de los insectos. El ejemplo sirve también para ilustrar otro principio importante: el *grado* de significatividad para una experiencia de aprendizaje nueva variará de un estudiante a otro, de acuerdo con la adecuación de los conceptos pertinentes que posea. El aprendizaje acerca de un nuevo insecto que se encuentra no será igualmente significativo para un niño que sabe poco acerca de los insectos, que para otro que ha hecho del estudio de estos animales su pasatiempo favorito.

En contraste con el aprendizaje significativo, también es posible aprender información nueva que enlace poco o nada con los elementos existentes en la estructura cognoscitiva. Este se considera generalmente como *aprendizaje memorístico*. Sin embargo, la distinción entre el aprendizaje significativo y el memorístico no es una dicotomía, sino un continuo, pues aun en el aprendizaje de los números telefónicos hay significación en cierto grado, porque, por ejemplo,

sabemos que en los Estados Unidos de América y en Canadá, todos los números tienen siete dígitos y que los tres primeros números representan, en cualquier ciudad, un distrito determinado. Por eso, el número del teléfono de mi universidad, 256-54-10, tiene los mismos primeros tres dígitos de todos los números telefónicos de la Universidad de Cornell y, cuando se sabe esto, solamente es necesario memorizar los últimos cuatro dígitos para cualquier número.

*Integración. Integración obliterativa**

En el desarrollo del aprendizaje significativo, la nueva información se enlaza con los conceptos que forman la estructura cognoscitiva del sujeto; pero este enlace constituye un proceso dinámico en el que tanto la nueva información como el concepto que existe en la estructura cognoscitiva resultan alterados de alguna manera. Para subrayar este aspecto, Ausubel denomina *concepto integrador* al concepto pertinente que existe en la estructura cognoscitiva. La relación de la nueva información con un integrador pertinente en el aprendizaje significativo, es el proceso de *integración*. Ausubel simboliza el proceso en esta forma:

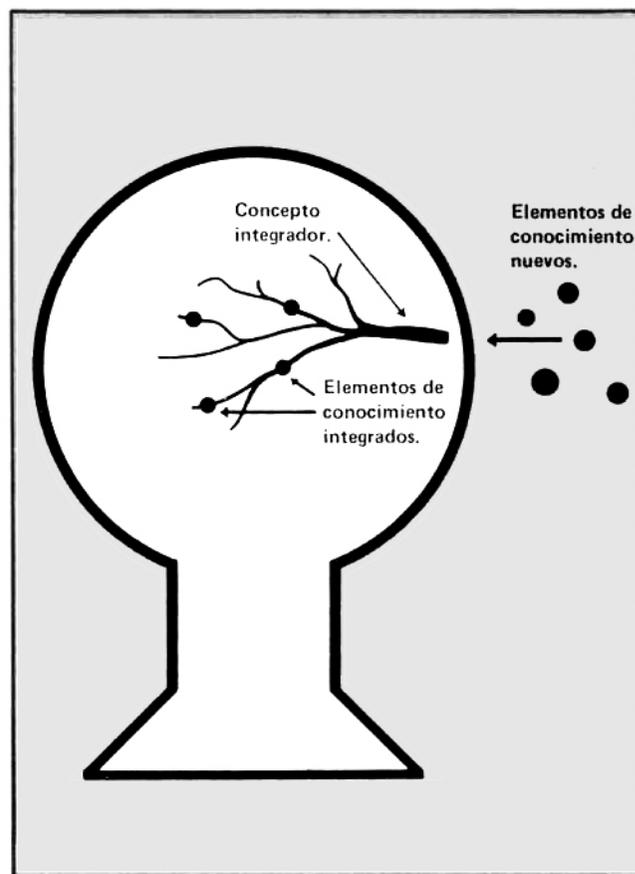
Integración:

A	+	a	=	A' a'
Concepto existente en la estructura cognoscitiva		información nueva, pertinente, que va a ser aprendida		concepto modificado en la estructura cognoscitiva

Este proceso se presenta gráficamente en el cuadro 1.

Durante un periodo de tiempo, la nueva información aprendida (a') puede ser evocada casi en su forma original, pero, con el tiempo, ya no será disociable del concepto integrador. En este caso se ha dado la *integración obliterativa (obstructiva)*, que no debe

Cuadro 1.
En el aprendizaje significativo, el nuevo conocimiento es integrado por los conceptos que existen en la estructura cognoscitiva.



confundirse con el olvido, como sucede con el aprendizaje memorístico.

Después de la integración obliterativa, el concepto residual permanece y gran parte del desarrollo que se ha operado durante la integración es retenido; por tal causa, este concepto se fortalece y es más capaz de facilitar *nuevo* aprendizaje significativo, en lo futuro. En contraste, si el olvido ha ocurrido después del aprendizaje memorístico, el nuevo aprendizaje similar es retrasado realmente

* N. del T. *Subsumption* se ha traducido como **integración**, por considerar que este término nos conduce mejor, en nuestra lengua, a la idea central de Ausubel.

por un proceso que se ha descrito como *interferencia*. Probablemente todos hemos tenido la experiencia de encontrar dificultad para aprender un nuevo número telefónico que es semejante a uno antiguo que no hemos podido evocar con seguridad. Por el contrario, el aprendizaje de características de una nueva planta o animal que pertenece a una familia que conocemos bien, puede producirse con uno o dos repasos a la información.

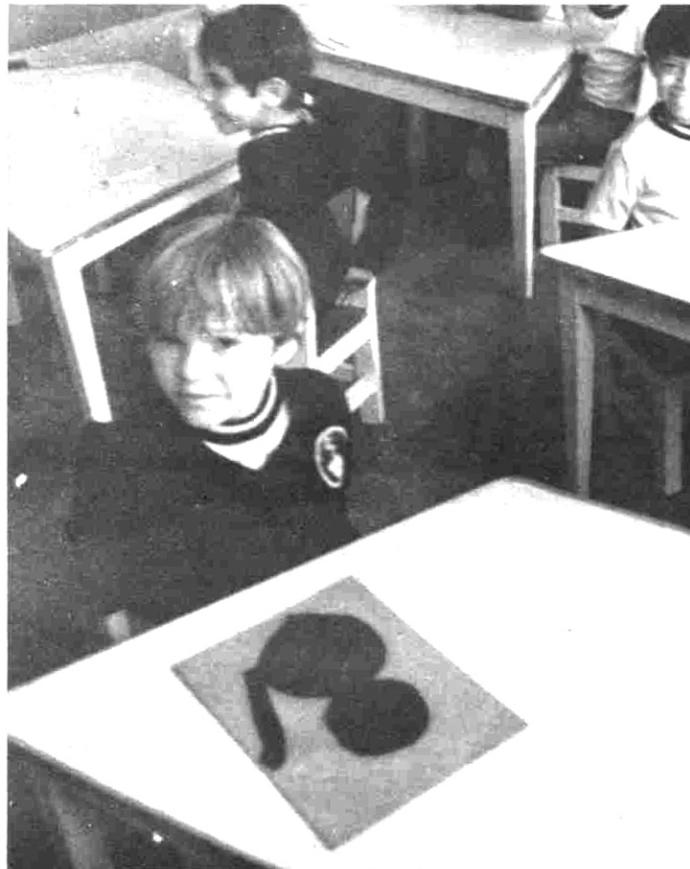
Aprendizaje supraordinado

Durante el aprendizaje significativo pueden enlazarse nuevos hechos a los conceptos en la estructura cognoscitiva y de este modo fortalecer y ampliar esos conceptos. También es posible que el nuevo aprendizaje establezca nuevas asociaciones entre los conceptos. Por ejemplo, del modo como el niño desarrolla su concepto sobre perros, gatos, leones, depende que éste pueda aprender después que todos estos son grupos subordinados a una clase más general: mamíferos; y una vez desarrollado el concepto de mamífero, los conceptos de perro, gato, etc., previamente aprendidos, toman una relación subordinada y el concepto de mamífero representa el aprendizaje del concepto *supraordinado*.

Diferenciación progresiva y reconciliación integradora

A medida que avanza el proceso de integración, los conceptos que existen se tornan más elaborados o más diferenciados. Este proceso puede ampliarse por días, semanas o años y es importante, en el diseño de la enseñanza, realizar esfuerzos deliberados para alentar a los estudiantes a fin de que asocien la nueva información con lo aprendido previamente, en los conceptos pertinentes, con lo cual estos conceptos se *diferencian progresivamente*.

Durante el aprendizaje y la diferenciación del concepto pueden entrar en conflicto los significados. Por ejemplo: un estudiante que se ocupa de la botánica puede entrar en confusión al reconocer vainas de chícharos y de habas como frutos, aunque representan el ovario desarrollado y en sazón de una



flor. Sus primeros hábitos nutricios, adquiridos en el hogar, pueden haber incluido chícharos y habas, acompañados de zanahorias y betabeles, en la categoría de verduras. Por tal razón es importante distinguir las estructuras de las plantas conforme a clases de alimentos, de las clasificaciones basadas en conceptos botánicos.

El proceso por el cual los significados que suscitan conflicto pueden aclararse es conocido como *reconciliación integradora*. Este es un proceso necesario, y debe ser dirigido por la enseñanza.

Comúnmente, tanto el aprendizaje supraordinado como la diferenciación progresiva son simultáneos a la aclaración de los conceptos y al logro de la reconciliación integradora.

Organizador avanzado, puente cognoscitivo

Uno de los elementos de la teoría de Ausubel poco comprendidos, es el concepto de organizador avanzado. Cuando fue introducido, en 1960, Ausubel¹⁷ mostró prueba de que una secuencia de enseñanza diseñada con propiedad (el organizador avanzado), introducida previamente a la nueva información que debía aprenderse, facilita el aprendizaje posterior. La característica predominante que Ausubel atribuyó al organizador avanzado fue que debía ser más general y más abstracto que la información a seguir y que eso debía servir



para facilitar el aprendizaje "significativo" del nuevo material. La mayor parte de la investigación que se ha efectuado para probar la teoría de Ausubel se ha fundado en este único concepto; pero, desafortunadamente, la intención original de Ausubel rara vez se ha logrado con el tipo de organizadores avanzados que se han empleado.

El elemento crítico de un organizador avanzado es que sirve para *enlazar* la nueva información que se aprenderá con los conceptos existentes en la estructura cognoscitiva. Rara vez los investigadores han tomado en cuenta la índole de la estructura cognoscitiva del que aprende y la significatividad potencial del nuevo material que se aprenderá. No es probable que un organizador avanzado pueda ser escrito para aprender palabras sin sentido o para enlazar la nueva información que no pueda ser relacionada con cualquiera de los conceptos de quien aprende.* Por esta razón nos hemos decidido por insistir en el "enlace", o en la función de vinculación de los organizadores avanzados a los cuales, en lo sucesivo, nos referiremos denominándolos *puentes cognoscitivos*, en vez de organizadores avanzados. Estos puentes cognoscitivos son pequeños segmentos de material de aprendizaje que suministran al estudiante la guía para que pueda emplear los

conceptos que posee en su estructura cognoscitiva para aprender significativamente. También pueden auxiliarlo para encontrar los conceptos claves en el nuevo material e, igualmente, si en éstos hay una relación de supraordinación o de subordinación con los que ya posee.

Ejemplo de un puente cognoscitivo usado comúnmente en biología es el concepto de complementariedad de estructura-función. Cuando se ha puesto atención a este concepto, antes de enseñar la naturaleza de los elementos leñosos de las plantas, de los huesos, de los cartílagos, o de otras estructuras, aumenta la probabilidad de que el aprendizaje significativo que se adquiera produzca una diferenciación progresiva y una reconciliación integradora de los conceptos.

Resolución de problemas. Descubrimiento e indagación

Conforme a la teoría de Ausubel, la prueba más importante del aprendizaje significativo es la capacidad para resolver problemas nuevos *pertinentes*. Si un estudiante ha aprendido significativamente algún aspecto de la estructura o la función del gene, debe ser capaz de resolver problemas nuevos sobre genética que estén relacionados con ese aprendizaje. Advertimos, entonces, que la capacidad de resolver problemas *deriva* de la diferenciación de la estructura cognoscitiva, y que eso es *específico del concepto*. Sabemos que algunos conceptos generales comprenden amplias series de problemas; pero, ordinariamente, también se necesitan conceptos más específicos y subordinados para resolver un problema determinado. Por esta razón, desde la perspectiva ausubelina, no hay una estrategia general o una lógica del descubrimiento, excepto la estrategia general del aprendizaje significativo, que es, primariamente, una función del desarrollo del concepto y de la reconciliación integradora de los conceptos. La mayor parte de los esfuerzos de las pasadas dos décadas, en cuanto al desarrollo del currículo,

* Aunque Ausubel indica que un organizador avanzado "explicativo" puede emplearse para facilitar el aprendizaje de material que no es familiar (ej.: no relacionable con la estructura cognoscitiva existente), la experiencia práctica rechaza esta idea.

se enfocaron a los métodos de "indagación" o "descubrimiento", como una alternativa respecto del aprendizaje memorístico, que tan común ha sido en las escuelas. En consecuencia, no se ha dado cuenta de que la facilitación directa del aprendizaje del concepto no es lo mismo que la enseñanza memorística y de que tal facilitación es substancialmente la única vía para acrecentar las capacidades de resolución de problemas y de investigación.

Debe advertirse que la acción de resolver problemas es realmente un proceso de aprendizaje significativo. Cuando un individuo recaba información acerca de una situación problemática, incorpora significativamente elementos nuevos y de este modo diferencia posteriormente algunos conceptos y forma nuevas asociaciones entre conceptos subordinados o supraordinados. En realidad, la resolución de problemas no es sino una clase especial de aprendizaje significativo.

Capacidad creativa

Hay muchas definiciones acerca de la capacidad creativa, pero todas ellas concuerdan en que implica alguna forma de producto o solución nuevos. Para el arquitecto creador, el producto es un diseño; para el músico, puede ser una balada o una sinfonía y, para el biólogo, puede ser un experimento audaz o un nuevo modelo de la estructura del gene. En todos los casos, la persona creativa recurre a su acervo de conocimientos y hace una síntesis en una nueva "resolución". El proceso creativo se presenta, en esencia, como forma avanzada de diferenciación del concepto supraordinado y de reconciliación integradora. Este proceso depende de la presencia de muchos conceptos de orden inferior y de hechos (nuestro equivalente de capacidad, medida ordinariamente por el CI y por pruebas de rendimiento estandarizadas), pero principalmente dependiente de la capacidad y de la proclividad emocional



del individuo para estructurar conceptos supraordinados, de orden superior.

Desafortunadamente, gran parte del aprendizaje escolar y la evaluación fortalecen la memorización del hecho o el aprendizaje de orden inferior, de conceptos específicos, lo cual da como resultado que pierda aliento y que la enseñanza escolar, tal como se practica hoy, haya sido citada frecuentemente como disuasoria de la producción creativa, especialmente en el campo de las humanidades. ¡No obstante ello, la potencia de conceptos de orden elevado para

facilitar el aprendizaje significativo y la adquisición de conocimiento nuevo es tan grande, que los "altamente creativos" lo hacen tan bien o mejor que sus compañeros de "alto CI", aun con el criterio empleado en las escuelas!^{18, 19} También se sabe que el rendimiento de los científicos, en el trabajo, no tiene correlación con los grados escolares²⁰ y que la capacidad para emplear conceptos de orden elevado al resolver problemas de física es correlacionada negativamente con algunas pruebas de rendimiento escolar.²¹

Factores ambientales y genéticos

Por siglos ha habido controversia sobre qué es más importante: ¿los factores ambientales o los hereditarios? La respuesta conocida es que ambos tipos de factores son importantes. Nuestra posición consiste en que la mayoría de la gente (o sea, todos, a excepción de quienes poseen incapacidad cerebral orgánica o emocional), tienen capacidad para aprender las materias que constituyen el contenido de los programas escolares. Habrá factores limitantes de la *tasa* (de aprendizaje), tanto genéticos como debidos a la experiencia y, por lo mismo, la acomodación para las diferencias en la *tasa* de aprendizaje es muy importante. Tal es la razón por la cual apoyaremos más adelante la importancia de las alternativas *individualizadoras* de la enseñanza. Sabemos, también, que las prácticas de la enseñanza superior inciden en su mayor parte en los logros, por lo cual no deberíamos esperar el mejoramiento de la enseñanza para lograr el igualitarismo educacional. No obstante, podemos esperar que todas las personas dominen un amplio y suficiente orden de conceptos y de métodos de empleo de conceptos, que den a las actividades humanas una base racional, como lo asienta Toulmin en *Human Understanding*.¹³

Aprendizaje afectivo

A diferencia del aprendizaje cognoscitivo, la fuente de información para el aprendizaje afectivo

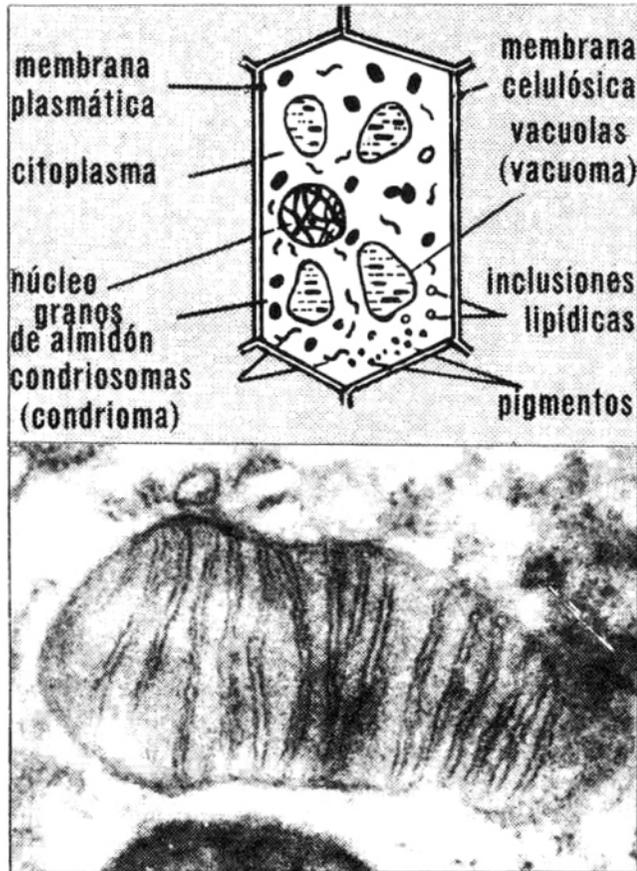
deriva del interior del individuo. Sin embargo, el aprendizaje cognoscitivo va acompañado siempre de una forma de respuesta afectiva y, así, sólo indirectamente podemos influir en el aprendizaje afectivo.

Una de las respuestas afectivas más importantes es la reacción positiva experimentada cuando un individuo se da cuenta de que ha aprendido significativamente la información nueva, especialmente cuando la información le permite resolver problemas con éxito (positivo). Esta reacción emocional positiva suministra al sujeto la motivación para nuevo aprendizaje y, a causa de su origen, es denominada *motivación de logro* o motivación de impulso cognoscitivo. Cuando se dominan tareas psicomotoras también se produce una forma de motivación de logro. Hay otras formas de experiencia afectiva que producen motivación, y que no señalaremos aquí porque constituyen una motivación de logro que proporciona la motivación autosostenida para aprender, por la satisfacción del aprendizaje mismo.

Si reconocemos a la motivación de logro como una consecuencia importante de la enseñanza, estamos obligados a considerar aquellas prácticas de enseñanza que más probablemente producen, y con más éxito, el aprendizaje significativo. Esto constituirá un factor importante en el diseño de la enseñanza, como se indicará después.

Además de la influencia afectiva de carácter positivo, que es consecuencia del aprendizaje cognoscitivo, con significación, podemos, y debemos, procurar otras vías para ofrecer a nuestros estudiantes la experiencia afectiva de carácter positivo.

Carl Rogers²² y otros, han destacado el hecho de que un profesor a quien los estudiantes ven como inclinado hacia los intereses y mérito de éstos, puede tener una gran influencia positiva sobre el aprendizaje cognoscitivo y en el desarrollo afectivo



de los estudiantes. Esto constituye un aspecto que requiere mucha atención en las instituciones educativas. Con demasiada frecuencia, la postura autoritaria del profesor lleva a los estudiantes a actitudes negativas, tanto respecto del propio profesor como de la materia que imparte. Los estudiantes, esforzándose para conservar su propia imagen de adecuación personal, son forzados a rechazar un ataque sobre su auto-percepción, engendrada comúnmente por la enseñanza autoritaria. En un estudio practicado en Estados Unidos de América sobre escuelas secundarias destacadas, se encontró una tendencia creciente hacia prácticas educativas más "humanísticas", que alientan la cooperación entre estudiantes y maestros, a través de una responsabilidad compartida en la selección de los materiales y en la evaluación del éxito del aprendizaje.²³ No hay sustituto para la cálida aceptación del profesor humano si nos esforzamos por lograr un positivo y fuerte desarrollo afectivo en nuestros estudiantes.

Aprendizaje del valor

La adquisición de valores es un compuesto de aprendizaje afectivo y cognoscitivo. Nuestros valores son, en parte, una función de los conceptos que poseemos. Esto es verdad, tanto para un individuo, como para una sociedad o subcultura. Consideramos esta definición de los valores en forma operacional, al modo como, por ejemplo, observamos el cambio de los valores sociales en relación con el control de la natalidad, que devino un conocimiento útil en la pasada mitad de este siglo. Pero debido a que los valores individuales están enraizados en la totalidad de la experiencia afectiva y cognoscitiva de los individuos, no son fácilmente modificados, tanto en sentido positivo, como negativo. De lo anterior se desprende que la mejor vía para influir en los valores de los estudiantes es la planeación de experiencias de aprendizaje cognoscitivo donde las experiencias del estudiante tengan buen éxito. La mejor vía* para el cambio de los valores de los estudiantes acerca de la importancia de sostener la cualidad ambiental, es optimizar el éxito del aprendizaje de aquellos conceptos que son importantes para comprender la dinámica de nuestro ambiente.

La sencillez de la teoría de Ausubel

Hay más de una docena de teorías que se refieren a algunos aspectos del aprendizaje cognoscitivo. La razón de que el autor de este artículo haya optado de manera tan interesada por la teoría de Ausubel, deriva de la forma tan sencilla como se ocupa de la mayor parte de los factores cognoscitivos,** esencialmente importantes del aprendizaje escolar. La idea

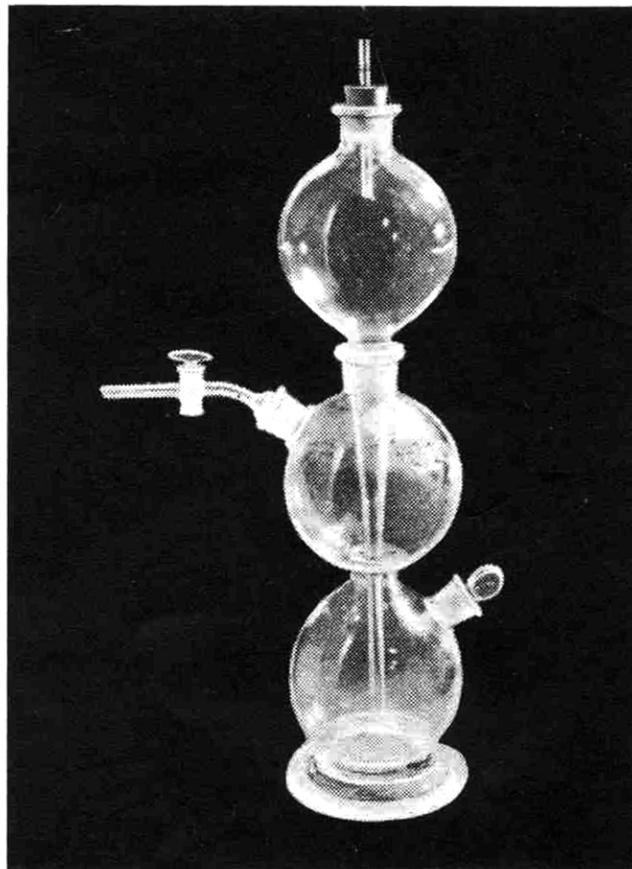
* Demagogos, dictadores y místicos pueden alterar radicalmente los valores, influyendo en las actitudes mediante lemas de propaganda, representaciones ostentosas, o alucinación de las masas. Lo dramático de estos cambios de valores reside en que con frecuencia producen consecuencias indeseables, tanto para los individuos involucrados, como para otra gente a la que afectan. El cambio de valores que no está vinculado al cambio racional de los conceptos puede traer consecuencias irracionales e indeseables.

** Nuevamente es necesario aclarar que la experiencia afectiva de los estudiantes está íntimamente relacionada con la amplitud del éxito de su experiencia cognoscitiva. Por tanto, una teoría del aprendizaje que pueda incrementar la cualidad de la experiencia de aprendizaje cognoscitivo, repercutirá necesariamente en el aprendizaje afectivo de carácter positivo.

básica de la diferenciación progresiva de los conceptos en la estructura cognoscitiva, y la facilitación del aprendizaje que se desprende de estos conceptos, sirve para explicar la mayor parte de los fenómenos que deben constituir el interés central de profesores y estudiantes de todos los niveles. Ninguna otra elaboración teórica presenta la comprensibilidad y sencillez básicas. De la historia de la ciencia hemos recogido el conocimiento de que las teorías más sencillas son comúnmente las que producen el nuevo conocimiento. Es verdad, por ejemplo, que el avance de la teoría de la célula y el DNA, así como la de la estructura molecular del gene, se yerguen como dos ejemplos clásicos de explicación sencilla que han tenido valor para la biología.

Currículo y teoría de la enseñanza

Ya hemos expresado que la mayor parte de los proyectos curriculares para la biología, elaborados en las pasadas décadas, han enfocado su interés a la actualización del contenido y al "descubrimiento" o alternativas de indagación para el aprendizaje. Es un hecho que ha habido un avance enorme en el conocimiento biológico. Sin embargo, sustituir la memorización de los nervios craneanos o las clases y características del phylum de plantas y animales, con la memorización de la estructura de los aminoácidos o las definiciones de nuevos términos en ecología o neurobiología, no trae ventajas apreciables a la sociedad; y si la "alternativa de indagación", adoptada para caracterizar el trabajo de laboratorio (aunque pocas clases lo efectúan rigurosamente) estuvo limitado a una base apriorística, no nos sorprende por eso que los resultados de los nuevos programas hayan sido poco estimulantes.^{24, 25} Nosotros sustentamos la tesis de que la deficiencia principal de los anteriores programas de enseñanza de la biología ha sido la falta de precisión de los conceptos a enseñar, y de un esfuerzo deliberado por seleccionar materiales de enseñanza que optimizarán las



oportunidades de los estudiantes para el aprendizaje significativo de esos conceptos. La teoría moderna del aprendizaje indica que el foco de atención debe ser el aprendizaje del concepto y nosotros mostraremos cómo la teoría de Johnson acerca de la enseñanza y del currículo complementa este punto de vista.

Modelo de Johnson para el currículo y la enseñanza

Una de las más importantes contribuciones del trabajo de Johnson²⁶ es la distinción de aquellos aspectos de la educación que se refieren primariamente a la extracción de conocimiento de las disciplinas, de los aspectos enfocados a la presentación de éstas a los que aprenden. Lo primero, que Johnson identifica como temas de estudio del *currículo*, abarca los procesos y criterios para seleccionar y ordenar el conocimiento, las destrezas y actitudes que se enseñarán a un grupo determinado, mientras que lo segundo integra los temas de *enseñanza*, que comprende la selección de los mejores ejemplos, modos de enseñanza y ambiente de instrucción. El aspecto más importante en la elaboración del currículo es la selección y ordenamiento de los *conceptos* que se aprenderán. El aspecto más importante del desarrollo de la enseñanza es la selección de *ejemplos* o actividades que serán *significativas*



Cuadro 2.

Una versión simplificada del modelo de Johnson para el currículo y la enseñanza.

El sistema de desarrollo del currículo (lado izquierdo) está separado del sistema de enseñanza. La evaluación suministra retroalimentación acerca de la medida en que los "resultados de aprendizaje propuestos" (RAP) son logrados por quienes aprenden, como "resultados reales del aprendizaje" (RRA). En consecuencia, tanto el currículo, como el programa de enseñanza pueden ser modificados, si así se requiere.

para el grupo al que están destinadas. (Ej. se relacionará mejor con el marco de referencia de los conceptos en sus estructuras cognoscitivas).

La importancia del modelo de Johnson consiste en que nos prepara para evitar la trampa de confundir el proceso de captar el conocimiento de una disciplina con el proceso de elección de las mejores vías para la enseñanza. En el pasado, suponíamos frecuentemente que, puesto que fallaba determinada estrategia para la enseñanza o una serie de ejemplos para enseñar un concepto, éste era "demasiado difícil" para el grupo o para un conjunto de alumnos de cierta edad. Hay una creciente evidencia para indicar que puede tener lugar algún grado razonable de aprendizaje para casi cualquier concepto,* si se aplican las secuencias de enseñanza adecuadas y se suministran ejemplos y actividades que puedan relacionarlo con la experiencia anterior del que aprende.

El trabajo de Piaget y sus seguidores ha mostrado que algunas clases de conceptos abstractos son difíciles de aprender para un niño, antes de los 12 ó 14 años. Desgraciadamente, el trabajo de Piaget ha llegado a conclusiones erróneas cuando asienta que el niño no es capaz de captar el pensamiento abstracto, siendo que esto resulta verdadero solamente para el tipo de conceptos probados en las entrevistas piagetianas, que requieren una amplia base de experiencia destacada y aprendizaje del concepto subordinado.

Estudios recientes han mostrado que el 80% o menos, de los adultos, fallan también en la realización

de algunas de estas tareas; pero la explicación más sencilla de esto no consiste en que tales adultos carezcan de capacidad para el "pensamiento formal", sino más bien que carecen del marco de referencia apropiado de conceptos específicos que se necesitan para realizar las tareas.^{16, 25} La teoría de la diferenciación progresiva y de la reconciliación integradora de los conceptos en la estructura cognoscitiva, de Ausubel, acomoda perfectamente en la explicación tanto de la falla de algunos adultos "para conservar volumen o peso", como de por qué un porcentaje significativo de niños pueden ejecutar estas y otras tareas de pensamiento "formal". El modelo de Ausubel explica no solamente cómo son aprendidos los conceptos *espontáneos*,* sino también cómo podemos modificar la experiencia educativa para aumentar la adquisición de conceptos específicos en cualquier disciplina.

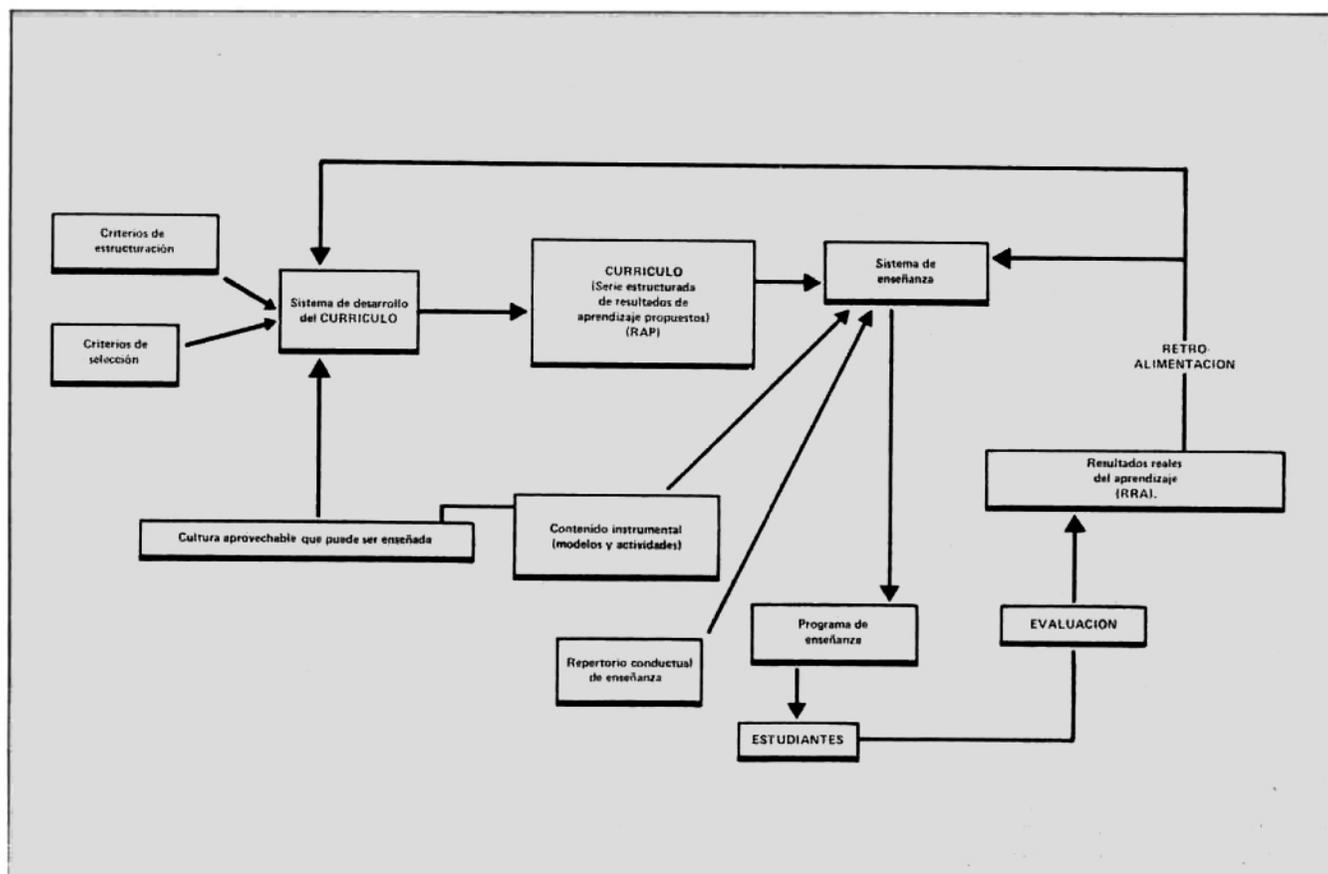
El cuadro 2 muestra esquemáticamente las ideas claves del modelo de Johnson. Lo que atañe al currículo se muestra en el lado izquierdo y lo que corresponde a la enseñanza, en el lado derecho. La evaluación suministra información retroalimentadora, tanto para modificar el currículo como las decisiones sobre la enseñanza y también para ofrecer retroalimentación al aprendiz individual.

Papel de los conceptos en la enseñanza de la biología

De la teoría del aprendizaje de Ausubel y de la epistemología de Toulmin desprendemos que el aprendizaje del concepto es la parte medular del desarrollo de un entendimiento del mundo biológico. El modelo de Johnson para el currículo y la enseñanza pueden ser empleados útilmente para distinguir los procesos de elaboración del currículo, implicados en la selección de los conceptos de la biología, de

* Ahora se considera que la declaración de Bruner²⁷ ha sido demasiado categórica, ya que solamente en circunstancias especiales cualquier materia podrá "ser enseñada efectivamente, en alguna forma intelectualmente recta, a cualquier niño, en cualquier estadio de su desarrollo".

²⁸ Vygotsky distinguió entre conceptos "espontáneos", que son los que adquiere el niño en el curso normal de maduración y conceptos "científicos", que son aprendidos formalmente, por lo común en las escuelas. Esto ha sido una fuente de controversia, pero la muerte de Vygotsky, en 1934, terminó con su contribución, mientras que Piaget permanece activo hoy: los dos nacieron en 1896. La mayor parte de los educadores que siguen a Piaget no reconoce la distinción importante entre el aprendizaje de conceptos espontáneos en contraste con el de los conceptos científicos.



los procesos de enseñanza que implican, a su vez, escoger ejemplos y actividades significativas. Por ejemplo, el concepto de célula, como una unidad básica de la estructura biológica, puede ser enseñado a cualquier nivel de grado. Sin embargo, las destrezas motoras de los niños son tales, que comúnmente no ofrecemos enseñanza mediante microscopios antes de los grados intermedios. También se presentan limitaciones prácticas, como el escaso apoyo financiero para la ciencia escolar elemental y las posibilidades del profesor para dirigir el estudio de la célula. En consecuencia, el estudio del concepto de célula se pospone por la carencia de medios de instrucción y no debido a limitaciones en la capacidad de aprendizaje de los niños, como lo saben bien los padres que han adquirido microscopios para sus hijos. Aun a nivel universitario, los conceptos de los estudiantes acerca de las células, como sistemas de transferencia de energía, altamente controlada y organizada, se desarrollan lentamente a través de experiencias cuidadosamente escogidas.

En el ejemplo del concepto de célula, también advertimos que el conocimiento es organizado jerárquicamente. El cuadro 3 muestra algunos de los conceptos subordinados y algunas relaciones entre conceptos. Para la mayor parte de las secuencias de enseñanza, lo mejor es comenzar con el concepto más general, más inclusivo. La razón de esto es que

el concepto general puede ser relacionado más regularmente con los conceptos que existen ya en la estructura cognoscitiva del sujeto (que aprende), especialmente si se emplean cuidadosamente los "puentes cognoscitivos" escogidos. Podemos iniciar nuestro estudio con el simple color verde de la mayoría de las plantas y pasar, a través de una sucesión de preguntas y observaciones, a saber que el pigmento verde es encerrado en cuerpecillos (cloroplastos), dentro de cuerpos que los contienen (células) y que los cloroplastos sirven como convertidores de energía luminosa. Si aplicáramos el modelo de aprendizaje de Gagné,⁶ también podríamos comenzar con el concepto más pequeño, más específico, y pasar de ahí al más general. Obviamente, esta es la ruta que se sigue más rara vez; pero debemos tener en cuenta que la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora de los conceptos requiere que pasemos de lo más general a lo menos general, y de lo menos general a lo más general, en dirección inversa a como planeamos las secuencias de enseñanza. Esto se muestra esquemáticamente en el cuadro número 4.

Los estudios de campo y de laboratorio cumplen dos papeles de gran importancia en la enseñanza de la biología. Primero, se requieren experiencias con objetos reales para formar *conceptos primarios*; por ejemplo: dar significación

← Cuadro 3.
Jerarquía conceptual para el
concepto de célula.

↵ Cuadro 4.
Diagrama de la jerarquía conceptual
(letras) que muestra las secuencias
de enseñanza (números) para lograr
la diferenciación progresiva de
conceptos de orden superior y la
reconciliación integradora de
conceptos.

a conceptos tales como célula, mitocondria, fotosíntesis, cadena alimenticia, vegetación, climax, etc. Tan pronto como se han introducido hasta cierto grado de diferenciación cognoscitiva, estos conceptos primarios pueden ser empleados en combinaciones nuevas para formar *conceptos secundarios*; por ejemplo: ecosistema, evolución y metabolismo. Piaget subraya correctamente la importancia de “manejar la experiencia” para los niños; pero la experiencia se requiere a todos los niveles de edad, dondequiera que hayan de ser aprendidos los conceptos primarios. Sin embargo, los niños mayores pueden requerir substancialmente una experiencia menos concreta que la mencionada para los niños de la escuela elemental, puesto que la mayor cantidad de experiencia pasada permite a aquéllos discernir los atributos esenciales de fenómenos u objetos que son necesarios para el desarrollo del concepto primario. También es verdad, por supuesto, que este claro “refinamiento” no se presenta algunas veces y, por lo mismo, los estudiantes de enseñanza media o superior logran más pobres resultados que los niños, cuando se les ofrecen materiales de los cuales deben desprender la significación de los conceptos primarios. El resultado de ello es que tanto sus conceptos primarios, como los conceptos secundarios derivados, son deficientes y pueden conducir a desviaciones en el aprendizaje subsecuente y en el de solución de problemas.

El segundo propósito importante de los estudios de campo y de laboratorio es que esta clase de experiencia puede ser empleada fácilmente para probar las significaciones del concepto. A medida que se presentan nuevas etapas o nuevos objetos del proceso biológico, los estudiantes tienen la oportunidad, no solamente para diferenciar conceptos más adelante, sino para comprobar la claridad y significación de sus propios conceptos.

Los proyectos nacionales de currículo subrayan expresamente el importante papel que juega el laboratorio y el estudio de campo para el aprendizaje *indagatorio*²⁹ y para la experiencia en resolución de problemas, pero no toman en cuenta el papel central del aprendizaje del concepto, del cual derivan otras conductas deseadas.

Podemos señalar un importante tercer papel para las experiencias de campo y de laboratorio: el intercambio social a que pueden dar lugar, mismo que se presta a un desarrollo afectivo de carácter positivo y al incremento armónico de los valores positivos. Sin embargo, no son estos los únicos aspectos a los que contribuye el trabajo de campo y de laboratorio, pues éste suministra sencillamente magníficas oportunidades para fortalecer las respuestas afectivas de carácter positivo, si están diestramente planeadas. A medida que el desarrollo afectivo y el aprendizaje del valor cobran cada vez más importancia en nuestras escuelas, nos aproximamos a ver el importante papel de la experiencia en la resolución de problemas, subordinada en el trabajo de campo y de laboratorio al desarrollo de actitudes y valores positivos.

Un ejemplo específico. Aplicación de la teoría

De la propia teoría del aprendizaje de Ausubel desprendemos que la parte medular de la enseñanza debe ser la de los *conceptos*. También tenemos en cuenta que es importante considerar, para cada lección, “lo que el estudiante ya sabe”, o sea, los conceptos que los estudiantes tienen y que se relacionan con las nuevas tareas de aprendizaje y el margen de diferenciación (o desarrollo) de estos conceptos. Los profesores geniales han llegado a reconocer intuitivamente estos hechos, y nosotros estamos intentando explicar aquí algunas de las cosas que hacen dichos profesores. Una alternativa empleada por el buen profesor es mostrar algunos fenómenos u objetos y preguntar a los estudiantes: “¿Qué saben ustedes acerca de esto?” Más explícitamente, la alternativa significa: 1) muestra hechos (cosas o fenómenos); 2) pregunta o lleva el registro de los estudiantes sobre lo que observen (identifica los *hechos* pertinentes); 3) explica lo que sigue (aplica los conceptos que explican las regularidades en los hechos observados).

Para emplear un ejemplo familiar a los biólogos, consideremos la demostración de burbujas que salen de la planta *Elodea*, en un tubo de ensayo invertido, con agua y una fuente variable de luz. Los

estudiantes observan estos "hechos", que les pedimos apuntar: 1) planta verde (sumergida en agua, en un tubo de ensayo invertido); 2) burbujas que suben; 3) agua; 4) luz blanca de intensidad variable, y 5) burbujas más numerosas si hay más luz.

Ahora les pedimos que vean cuáles *conceptos* poseen, que expliquen "lo que se sigue de aquí". Esto puede ser hecho mediante una forma de enseñanza de discusión y podemos registrar en el pizarrón:

Hechos	Conceptos explicativos
1) planta verde	las plantas verdes tienen capacidad de <i>fotosíntesis</i>
2) burbujas	Algunos gases (p. ej. el oxígeno) no son muy <i>solubles</i> en agua (concepto de solubilidad)
3) las burbujas suben	Los gases son menos <i>densos</i> que los líquidos (concepto de densidad)
4) las burbujas aumentan con la intensidad de la luz	La <i>tasa</i> de fotosíntesis depende de la intensidad de la luz
5) las burbujas son esféricas	Operan las fuerzas <i>cohesiva</i> e <i>hidrostática</i>

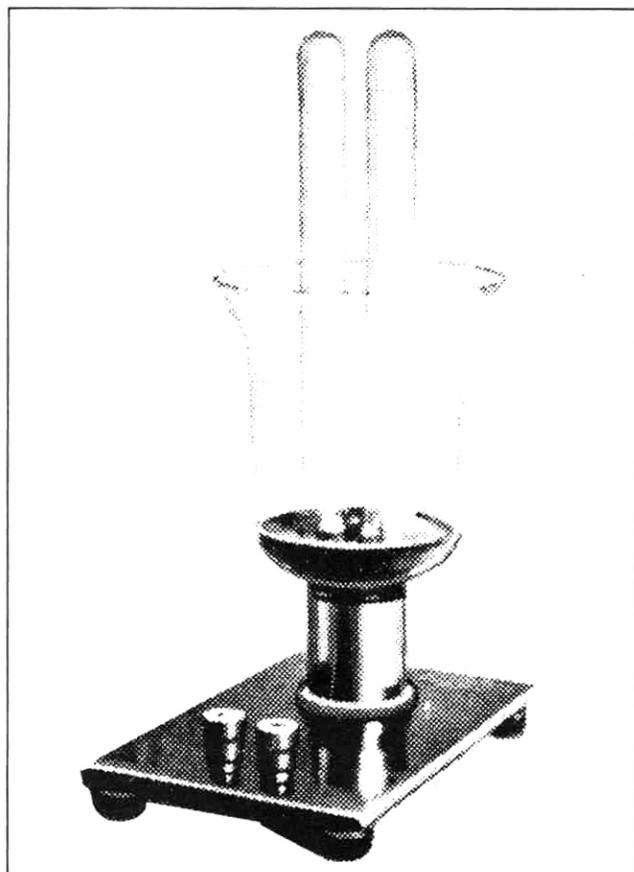
Algunos estudiantes opinarán que vemos burbujas de oxígeno ascendiendo por el tubo de ensayo. Podemos preguntar: "¿Cómo saben ustedes eso?" Es cierto que no pueden saber que las burbujas son oxígeno, por la simple observación de los *hechos* que tienen a la vista. Infieren que las burbujas son oxígeno mediante la aplicación de los *conceptos* que conocen: p. ej. resultados de la fotosíntesis en la producción de oxígeno y que el oxígeno no es muy soluble en agua. Por supuesto, algunos estudiantes tal vez no conozcan o no recuerden que el gas oxígeno es liberado de las plantas verdes sometidas a la fotosíntesis. Otros estudiantes pueden preguntar hasta dónde el dióxido de carbono interviene y si, o no, el CO₂ puede ser "consumido" hasta cierto punto. Podemos introducir una discusión sobre *factores*

de *tasa limitante*, concepto que tiene, en sí mismo, una gran importancia.

Por lo anterior, debe ser claro que una discusión centrada en torno a esta sencilla demostración puede producir mucho material para un profesor (y los estudiantes), para poner en claro qué conceptos poseen ya, que atañen al metabolismo de la planta o, más específicamente, la fotosíntesis, y también para realizar una estimación de cómo son *diferenciados* estos conceptos. ¿Pueden ver los estudiantes las conexiones entre los conceptos citados atrás y pueden ver cómo estos conceptos explican los hechos que observan?

Podemos continuar planteando cuestiones acerca de la tasa de producción de burbujas, si sube o baja la temperatura (concepto de acción de la enzima), si se cambia la luz de blanca a roja, o azul (concepto de energía del fotón dentro del espectro electromagnético), donde interviene el oxígeno (concepto de fotólisis), la forma de CO₂ en el agua (concepto de ionización y equilibrio), etc. Puesto que todo el conocimiento científico está relacionado (ej.: pertenece a la misma masa de estructuras conceptuales interconectadas en la estructura cognoscitiva), podemos "alargarnos", desde una sola buena demostración hasta explorar la estructura cognoscitiva científica entera de nuestros estudiantes. Ellos necesitan reconocer también esto y ver cómo progresan en la comprensión de un concepto, o cómo una serie de conceptos (ejemplo: aprendizaje *significativo*) influye en el desarrollo y uso potencial de un campo mucho más amplio de pensamiento cognoscitivo. En este ejemplo vemos operar los principios de Ausubel, de diferenciación progresiva de la estructura cognoscitiva y la reconciliación integradora de conceptos en la estructura cognoscitiva.

Con el ejemplo anterior debe ser obvio que la mayor parte de los profesores, de los libros de texto, de los programas de estudio, hacen poco por tornar explícitos los conceptos que se requieren para interpretar los hechos y las complejas interrelaciones entre los conceptos.



Lo contrario es el caso más frecuente; o sea, que se coloca un empeño desarticulado en *observar* los hechos y sobre los métodos para registrar las observaciones. El hecho de que los conceptos sean aquello con lo que pensamos, lo que debemos desarrollar y emplear para explicar las regularidades de nuestras observaciones, rara vez ha recibido la atención que merece en la enseñanza de la biología. La mayoría de los estudiantes, abrumados por una masa de observaciones, descripciones o definiciones, no tienen otro recurso que atenerse a la memorización mecánica, tanto como les es posible. La secuencia: observa, memoriza, comprueba, olvida, se vuelve la práctica común, y no aquella otra: observa, aplica los conceptos, interpreta, interrelaciona con conceptos más amplios, resuelve problemas.³⁰

La enseñanza-aprendizaje de la biología, tal como se practica en la mayoría de las escuelas y universidades, queda muy lejos del logro potencial que podemos alcanzar si empezamos a aplicar la teoría del aprendizaje cognoscitivo de Ausubel.

Retornando al modelo de Johnson²⁶ para el currículo y la enseñanza, nuestro ejemplo sirve para ilustrar la importancia de distinguir entre tarea curricular, o sea escoger los conceptos que deseamos enseñar, y la tarea educacional de seleccionar nuestros ejemplos y nuestras estrategias de enseñanza. Comúnmente, el ejemplo "Elodea en un tubo de

ensayo con agua" es entendido como una demostración del nuevo concepto de *fotosíntesis*. Sin embargo, vemos que este ejemplo implica simultáneamente otros conceptos; y sólo servirá como buen ejemplo ilustrativo de fotosíntesis, si nuestros estudiantes poseen algún grado de desarrollo de otros conceptos. En la misma forma, una hoja de *Coleus*, expuesta a la luz, ilustra la acumulación de almidón (de fotosíntesis) sólo si se han comprendido en cierta medida otros conceptos pertinentes. Por todo esto advertimos que la *selección* de ejemplos para enseñar conceptos, y la *secuencia* en que se presentan nuestros ejemplos implica una serie compleja de decisiones que, para la mayoría de nosotros, representa gran cantidad de tanteos. Esta es una de las razones por las cuales puede ser provechosa la alternativa de enseñanza de debate. Los enfoques de enseñanza individualizada, que permiten flexibilidad en la elección del material de aprendizaje, variación en la cantidad de tiempo de estudio y asistencia tutorial, constituyen una prometedora vía para aprovechar lo mejor de lo que sabemos acerca del aprendizaje y la enseñanza.³¹ Los módulos de enseñanza³² llegarán a ser, sin duda alguna, una alternativa cada vez más popular para la enseñanza de la biología, cuando su diseño incluya la clase de consideraciones teóricas que se han presentado en este trabajo.

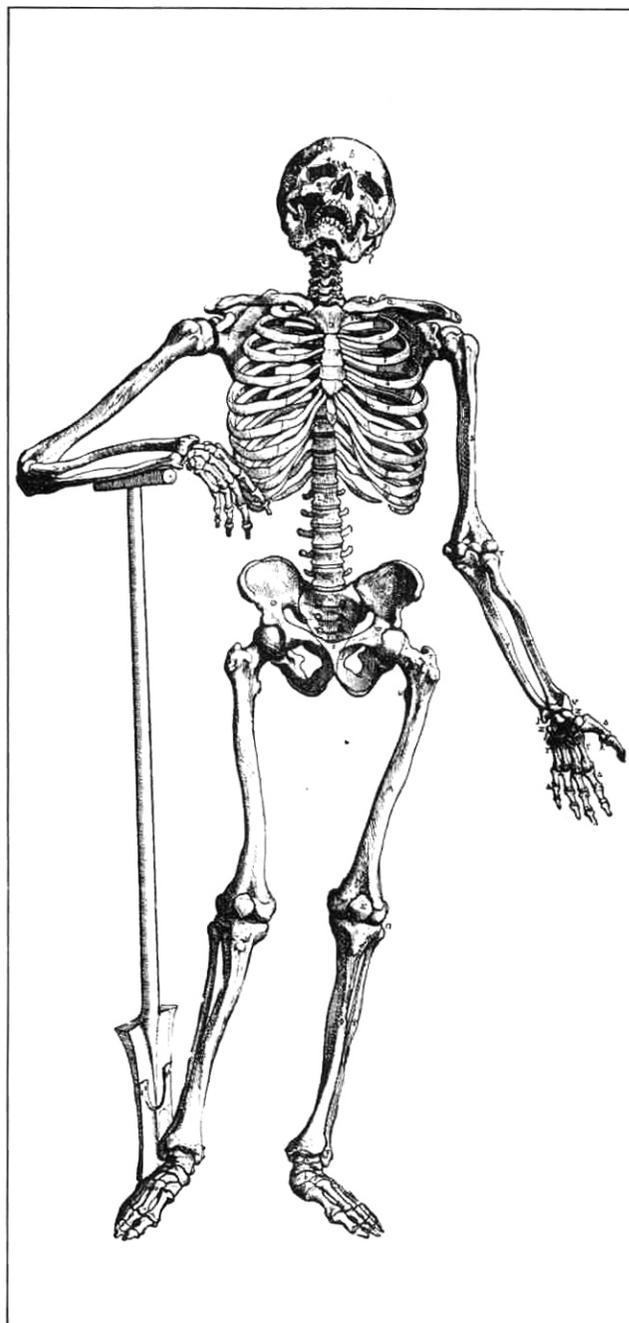
Conclusiones

Hemos tratado de mostrar que el aprendizaje de conceptos es el más importante aspecto en el diseño de la enseñanza efectiva de la biología. Aun cuando el desarrollo emocional o afectivo también se considera importante, esta forma de aprendizaje es concomitante en alto grado con el aprendizaje cognoscitivo, y es probable que se produzca en grado positivo y enaltecedor del individuo cuando las experiencias del aprendizaje cognoscitivo son positivas. Los valores se definen como un compuesto de aprendizajes cognoscitivo y afectivo; y puesto que los últimos están estrechamente ligados al primero, el aprendizaje cognoscitivo se contempla como el principal medio para lograr cambios en los valores adoptados.

Se ha sometido a estudio el papel central de los conceptos para la sociedad y para lo que Toulmin¹³ ha llamado *Entendimiento humano*. Los conceptos tienen un carácter evolutivo que los estudiantes deben conocer por la importancia que esto representa para ellos. Un paralelo trazado entre la evolución de los conceptos científicos y la ontogenia de unos conceptos de los estudiantes, como nuevos métodos de estudio y la nueva información lograda, pueden servirnos para ilustrar la naturaleza fluida del pensamiento humano, su dependencia de marcos de referencia conceptuales existentes y el importante aprendizaje afectivo o emocional que lo acompaña concomitantemente. La teoría del aprendizaje de David Ausubel¹ nos sirve como modelo útil para explicar y para dirigir la enseñanza de la biología. Un creciente número de estudios empíricos recientes ha venido en apoyo del énfasis que Ausubel pone en el papel central del aprendizaje del concepto, en el aprendizaje significativo y en la resolución de problemas.³³

Los diseños anteriores del currículo para la biología no hicieron la distinción explícita entre la operación de extraer el conocimiento de las disciplinas, en la operación de diseño educativo o la selección de ejemplos específicos para ilustrar los conceptos, y los métodos de investigación en biología. El modelo de Johnson²⁶ para el currículo y la enseñanza nos proporciona una base teórica funcional para el mejoramiento de los programas de biología. Unidas las dos teorías, la de Johnson y la de Ausubel, nos brindan una base teórica adecuada para dirigir de manera más fecunda, las experiencias de aprendizaje de los estudiantes.

Aunque no se han mencionado antes los programas de adiestramiento para profesores, importa hacer notar, en conclusión, que no solamente los cursos de pedagogía necesitan una revisión radical para incluir el nuevo conocimiento sobre la teoría del aprendizaje, sino que también los cursos de ciencia básica, tomados por los profesores, necesitan una reorganización de fondo. El enfoque explícito hacia la *organización conceptual del conocimiento* es una necesidad que



se presenta a todos los niveles de la educación, para incorporar lo que es conocimiento nuevo, considerando la *facilitación* que ofrece el aprendizaje del concepto. También es necesario llevar a cabo una investigación de mejores y más grandes alcances, que esté fundada en lúcidas teorías, puesto que aun quedan sin respuesta muchas cuestiones dentro del proceso complejo de diseño de la enseñanza y para el mejoramiento de los ambientes de aprendizaje.

REFERENCIAS

1. Ausubel, D.P., *Educational Psychology: A cognitive View*, New York: Holt, Rinehart, and Winston, Inc., 1968.
2. Hurd, P.D., *Biological Education in American Secondary Schools 1890-1960*, Baltimore, Maryland: Waverly Press, 1961.
3. McGrath, Earl J. (Ed.), *Science in General Education*, Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown, 1948.
4. Haun, R.R. (Ed.), *Science in General Education*, Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown, 1960.
5. Popper, K.R., *The Logic of Scientific Discovery*, New York: Basic Books, Inc., 1934, 1959.
6. Gagné, R.M., *The Conditions of Learning*, New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1965, 1970.
7. Novak, J.D., "A case study of curriculum change-Science since PSSC," *School Science and Mathematics*, 69: 374-384 (1969).
8. Bacon, Sir Francis, *Advancement of Learning, Novum Organum, and New Atlantis*, William Benton, Publisher, Chicago, London, Toronto: Encyclopaedia Britannica, Inc., 1952.
9. Darwin, F., *The Life and Letters of Charles Darwin*, New York: D. Appleton and Company, 1897.
10. Pearson, K., *The Grammar of Science*, 2nd. ed., London: Adam and Charles Black, 1900.
11. Conant, J.B., *On Understanding Science*, New Haven: Yale University Press, 1947.
12. Kuhn, T.S., *The Structure of Scientific Revolutions*, International Encyclopaedia of Unified Sciences, Second Edition, Enlarged. Volumes I and II: Foundations of the Unity of Science, Volume II, Number 2. Chicago: The University of Chicago Press, 1962, 1970.
13. Toulmin, S., *Human Understanding, Volume I: The Collective Use and Evolution of Concepts*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1972.
14. Watson, J.D., *The Double Helix*. New York: A signet Book published by the New American Library, 1968.
15. Brush, S.G., "Should the history of science be rated X?" *Science*, 183 (4130): 1164-1172 (1974).
16. Novak, J.D., *A Theory of Education*, in press.
17. Ausubel, D.P., "The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material", *Journal of Educational Psychology*, 51: 267-272 (1960).
18. Getzels, J.W. and P.W. Jackson, *Creativity and Intelligence: Explorations with Gifted Students*, New York: Wiley, 1962.
19. Torrance, E.P., *Guiding Creative Talent*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1962.
20. Harmon, L.R., "The development of a criterion of scientific competence", in Calvin W. Taylor and Frank Barron (Eds.), *Scientific Creativity: Its Recognition and Development*, New York: Wiley, pp. 44-52.
21. Thorsland, M.N. and J.D. Novak, "The identification and significance of intuitive and analytic problem solving approaches among college physics students", *Science Education*, 58(2): 245-265. (1974).
22. Rogers, C.R., *Freedom to Learn*, Columbus, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company, 1969.
23. Novak, J.D., *Facilities for Secondary School Science Teaching: Evolving Patterns in Facilities and Programs*, Washington, D.C.: National Science Teachers Association, 1972.
24. Travers, R.M. (Ed.), *Second Handbook of Research on Teaching*, Chicago: Rand McNally and Company, 1973.
25. Novak, J.D., "Education: Theory and practice" (Xerox) Cornell University, 600+ pp., 1974.
26. Johnson, M., Jr., "Definitions and models in curriculum theory", *Educational Theory*, 17(2): 127-140 (1967).
27. Bruner, J.F., *The Process of Education*, New York: Vintage Books, a division of Random House, 1960.
28. Vygotsky, L.S., *Thought and Language*, Translated and edited by E. Hanfmann and G. Vaker. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1962.
29. Schwab, J.J. and P.F. Brandwein, *The Teaching of Science*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1962.
30. Novak, J.D., *The Improvement of Biology Teaching*, Bobbs-Merril and Company, 1970.
31. Postlethwait, S.N., J.D. Novak, and H. Murray, *The Audio-Tutorial Approach to Learning*, Minneapolis, Minnesota: Burgess, 1972.
32. Creager, J.G. and D.L. Murray, *The Use of Modules in College Biology Teaching*, Washington, D.C.: Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences, 1972.
33. Novak, J.D., *A Summary of Research in Science 1972*, Columbus, Ohio: ERIC Science, Mathematics, and Environmental Education Information Analysis Center, 1974.