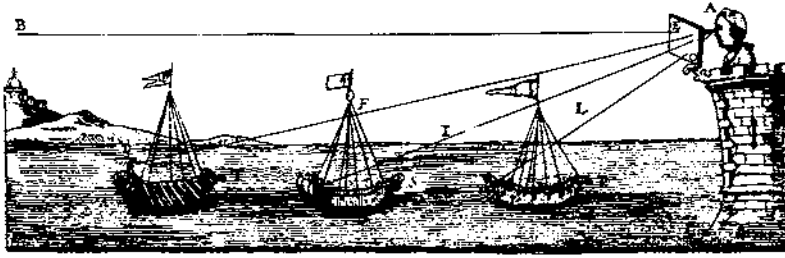


INVESTIGACION



Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

INVESTIGACION EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA UNIVERSIDAD DE CORNELL: ESQUEMAS TEORICOS, CUESTIONES CENTRALES Y ABORDES METODOLOGICOS*

MOREIRA, M.A.¹, NOVAK, J.D.²

(1) Profesor de Educación Física; Instituto de Física-UFRGS, Porto Alegre, Brasil. (Actualmente Profesor Visitante del Departamento de Educación de Cornell, con patrocinio del CNPq/Brasil.

(2) Profesor de Educación en Ciencias; Director del Programa de Enseñanza de las Ciencias de Cornell University.

* Trabajo presentado en el II Congreso Internacional sobre la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, València-España, 23 a 25 de septiembre de 1987. Adaptado de una propuesta de investigación preparada por J.D. Novak.

SUMMARY

This paper provides a description of the kinds of telling questions, guiding theories, and research methodologies involved in the science education program at Cornell University in recent years, and that will continue to be in the research agenda in the near future. Given its research bias, it does not focus directly on matters such as curriculum development, instructional practices, and teacher preparation—which are also being carried out at Cornell—but rather on implications of research findings on these matters. By doing this, the authors attempt to be coherent with the fact that the program is theory-based and that in its development there has been a continuous effort to design both research and new instructional practices from a theoretical foundation, and in turn construct, modify, and elaborate the theoretical frameworks. An English version of this paper is available from the authors upon request.

INTRODUCCION

El programa de enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell es un programa del Departamento de Educación de la Facultad de Agricultura y Ciencias de la Vida (FACV). En Cornell, los estudios de educa-

ción empezaron a principios de siglo en la Facultad de Agricultura. Había en esa época una necesidad de enfrentarse a los problemas de educación asociados con la vida en las haciendas y, en consecuencia, los «estu-

dios de la naturaleza» desempeñaron un papel clave en los primeros trabajos. En años subsiguientes los estudios de educación fueron ampliados y fue creada una Facultad de Educación para incluir estudios en artes, humanidades y matemáticas. Sin embargo, a causa de una disminución en la demanda de nuevos maestros y de cambios de perspectiva en la investigación educativa, la Facultad de Educación fue cerrada en 1967 y un Departamento de Educación fue creado en lo que hoy es la Facultad de Agricultura y Ciencias de la Vida (FACV). La Universidad de Cornell tiene nueve escuelas y facultades, cinco soportadas por dotaciones y pagos de matrícula y cuatro, incluyendo la FACV, opera bajo contrato con el estado de *Nueva York*. La FACV es una facultad grande con 3.000 estudiantes de pregrado, 1.000 estudiantes de postgrado y 450 profesores trabajando en diecinueve departamentos, incluyendo el Departamento de Educación. En los últimos años la FACV ha sido clasificada por distintas encuestas como la mejor facultad de agricultura de los Estados Unidos.

Hasta ahora, el Departamento de Educación tenía programas de graduación de profesores solamente en agricultura, pero actualmente está empezando un nuevo programa de cinco años en enseñanza de las ciencias. En realidad ya existía un programa de graduación de profesores en enseñanza de las ciencias en Cornell, pero se interrumpió en 1974 en que había exceso de profesores en dicha área y cambió parte del personal docente del Departamento. El nuevo programa será diferente del anterior en el sentido de que todos los futuros profesores, tanto los de pregrado como los de «Master», estarán implicados en proyectos de investigación en escuelas de la región. Todo el programa estará integrado pues, con proyectos de investigación en curso e incluirá estudios relevantes en psicología cognoscitiva, filosofía de las ciencias y epistemología, teoría y práctica del currículum, y manejo de situaciones de clase. Además, se espera continuar y expandir una estrecha cooperación con profesores que se han destacado en la enseñanza de las ciencias.

El Departamento está fuertemente comprometido con investigaciones y estudios de postgrado. Existen veinticuatro puestos de profesores a tiempo completo, cerca de 100 estudiantes de postgrado, 85 estudiantes de pregrado y dieciocho miembros del personal de apoyo en el Departamento. Cada miembro del cuerpo docente participa en dos o más de los seis programas del Departamento y siete de ellos están activamente implicados en el Programa de Educación en Ciencias y Matemáticas (PECM). En este trabajo no se enfocará el Programa de Educación en Matemáticas (PEM), pero hay un paralelismo muy próximo entre los dos programas.

Además de los profesores del Departamento, el PECM cuenta también con la colaboración de profesores de otros departamentos. Todos los estudiantes en el Pro-

grama cursan estudios de ciencias y matemáticas y muchos de ellos también estudian con profesores de Recursos Naturales, Psicología, Desarrollo Humano y Estudios de la Familia, Servicios Sociales, Filosofía y Relaciones Industriales y Obreras. Muchos profesores de esos departamentos trabajan como miembros de comités de orientación de Masters y doctorados de estudiantes del Programa y algunos de ellos participan activamente en el desarrollo de proyectos de investigación del PECM.

El programa de investigación del PECM representa la continuación de un esfuerzo sistemático de tres decenios para estudiar problemas asociados con la adquisición y el uso del conocimiento científico por parte de los alumnos y con su comprensión acerca del trabajo científico. El Director del Programa (J.D. Novak), junto con sus colegas y estudiantes de postgrado se han interesado en cuestiones sobre cómo aprenden los alumnos, sobre la naturaleza del conocimiento, la construcción del conocimiento en ciencias, planes de estudio que incorporan inquietudes tanto de aprendizaje como de epistemología, y nuevos enfoques a la enseñanza, incluyendo el sistema audiotutorial (Postlethwait, Novak y Murray, 1972) y otros sistemas de instrucción individualizada. Ha existido un esfuerzo continuo para planear tanto la investigación como las nuevas prácticas instruccionales desde unos fundamentos teóricos y, a la vez, construir, modificar y elaborar los esquemas teóricos.

Estos esfuerzos de investigación han variado mucho tanto en términos de la materia de enseñanza como del ambiente educativo, pero siempre han tenido como compromiso central mejorar los fundamentos teóricos a fin de mejorar la práctica. Tal como señaló Schwab (1973), la mejora de los programas instruccionales requiere que sean considerados los cuatro «lugares comunes» de la educación: (1) el alumno, (2) el profesor, (3) la materia de enseñanza y (4) el medio social. Ninguno de esos «lugares comunes» puede ser ignorado; cada uno de ellos debe ser deliberada y sistemáticamente considerado en cualquier esfuerzo para mejorar la práctica educativa. Además, trabajos con escuelas de todos niveles han mostrado que los métodos de evaluación juegan un papel tan importante en la determinación de la naturaleza de los esfuerzos de los maestros y de los alumnos que un quinto «lugar común» —evaluación— fue añadido a la lista de Schwab, teniéndose éste muy en cuenta en todas las actividades instruccionales y de investigación desarrolladas en el Programa.

Las principales cuestiones investigadas por los profesores del PECM en los últimos años, y que continuarán en los planes de investigación están en el Apéndice 1. Esas cuestiones están clasificadas según los cuatro «lugares comunes» de Schwab —alumno, profesor, materia de enseñanza y medio social— más el quinto «lugar común», evaluación, dado que este último juega

un papel crucial no sólo en la limitación o en el aumento de las posibilidades de investigación sino también en las prácticas escolares.

Los cinco «lugares comunes» serán usados como sistema de referencia para describir el plan de trabajo general del Programa de Ciencias. El Apéndice 1 muestra esquemáticamente las relaciones entre los diferentes proyectos específicos y los «lugares comunes». En las secciones siguientes serán también categorizadas según los «lugares comunes», breves descripciones de algunos proyectos, a pesar de que cada proyecto puede referirse y ser importante para dos o más de dichos lugares. Cada cuestión o problema educativo está de alguna manera relacionado con todas las demás cuestiones y problemas educativos. A pesar de eso, si queremos progresar en educación tenemos que encontrar caminos en el pantano de los problemas educativos. La idea de «lugares comunes» de Schwab, juntamente con una continua búsqueda de mejores teorías para guiar nuestras prácticas, es una manera de intentar encontrar mejores soluciones para problemas instruccionales.

Aunque exista una saludable diversidad en los intereses de investigación y en los compromisos teóricos de los profesores del PECM, todos están comprometidos con la epistemología constructivista (von Glaserfeld, 1984; Rorty, 1979) y con teorías cognoscitivas del aprendizaje.

Las principales cuestiones de investigación que serán estudiadas en el Programa de Educación en Ciencias incluyen las siguientes: (1) ¿Cómo el conocimiento previo del alumno y sus conceptos contextualmente erróneos («misconceptions») influyen en la adquisición de nuevos conocimientos? (2) ¿Cómo pueden ser modificados los estilos de aprendizaje en dirección a estrategias más significativas, más funcionales? (3) ¿Qué heurísticas y otros abordajes pueden ser efectivos en cambiar las estrategias de aprendizaje de los alumnos? (4) ¿Cómo pueden ser utilizados los sentimientos y los valores en enfoques de aprendizaje más funcionales? (5) ¿Cómo pueden ser ayudados más eficientemente los profesores para que faciliten el aprendizaje significativo y el desarrollo de actitudes positivas? (6) ¿Cómo puede organizarse mejor la materia de enseñanza a fin de facilitar el aprendizaje significativo y una mejor comprensión sobre cómo los humanos producen conocimientos? (7) ¿Qué heurísticas de aprendizaje pueden ayudar a los alumnos a comprender mejor la naturaleza del conocimiento y de la producción de conocimientos? (8) ¿Qué nuevos recursos de evaluación pueden ser usados para (a) estimular el aprendizaje significativo y (b) medir con más validez las «habilidades de razonamiento de orden superior»? (9) ¿Qué instrumentos tienen validez para medir cambios de actitud y de valores? (10) ¿Qué modelos de organización escolar son rentables para fomentar el aprendizaje significativo y el crecimiento afectivo positivo? (11) ¿Qué modelos de formación de profesores, tanto «inicial» como «permanente», son más eficaces para el alcance de los ob-

jetivos de desarrollo del profesor? (12) ¿Que prácticas son prometedoras para enfrentar el desafío de la creciente escasez de profesores cualificados de ciencias y de matemáticas?

Estas cuestiones de investigación son profundas. La esperanza de progresar en ellas tiene su raíz en la potencia que supone una investigación teóricamente fundamentada que puede también servir para mejorar la práctica. El programa está comprometido con un enfoque teórico que ya ha conseguido reconocidos progresos en dirección a respuestas para cada una de esas cuestiones.

En las secciones siguientes se relacionan proyectos e ideas que abarcan el trabajo de investigación del Programa de Ciencias tanto en el pasado como en los próximos años.

ESTUDIOS SOBRE EL ALUMNO

En 1971 se inició un estudio de doce años sobre el aprendizaje de conceptos con 191 estudiantes de primer año, los cuales recibieron lecciones audiotutoriales (A-T) de ciencias durante dos años, y 48 estudiantes que en lugar de esas lecciones tuvieron instrucción tradicional, esencialmente desprovista de consideraciones formales sobre cambios materia-energía y sobre estructuras de sistemas vivos y no vivos incluidas en el programa A-T. Los estudiantes fueron periódicamente entrevistados desde el primer año hasta el duodécimo de escolaridad de tal manera que ahora se dispone de grabaciones y transcripciones de entrevistas con estudiantes relativos a ese período de tiempo. Varias tesis de maestría y doctorado se basaron en ese programa de investigación y se publicaron algunos informes de investigación, (Hibbard y Novak, 1975; Nussbaum y Novak, 1976; Novak, 1977 a,b). Esos estudios han mostrado que los niños pueden adquirir conceptos científicos básicos de una forma significativa y que algunos de los esquemas conceptuales desarrollados por los niños, a una edad tan temprana como la de seis años, son notablemente estables durante ese período de doce años de escolaridad. Posteriormente se realizan estudios complementarios con alumnos de ese grupo, que se analizan «caso a caso» individualmente, pues algunos de ellos prosiguen sus estudios en la universidad. Las lecciones A-T fueron planificadas bajo la teoría cognoscitiva del aprendizaje de David Ausubel (1968) y los resultados de la investigación han corroborado elementos clave de esa teoría y han contribuido para el refinamiento de la teoría de la asimilación (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978, 1981, 1986).

Un problema incómodo al comienzo del trabajo era cómo representar el conocimiento conceptual de los alumnos y cómo ilustrar cambios cognoscitivos a lo largo de los años. Entrevistas clínicas piagetianas modificadas (Pines et al. 1978) fueron útiles en la caracterización del conocimiento conceptual de los estudiantes y

citivos las incómodas cuestiones relativas a (a) cómo son adquiridos los conceptos contextualmente erróneos («misconceptions»), (b) por qué son tan resistentes incluso en el caso de instrucción aparentemente apropiada, y (c) qué procedimientos educativos, si es que existen, pueden convertir o corregir conceptos contextualmente erróneos de los estudiantes (Helm y Novak, 1983). La gran cantidad de datos disponibles en ese estudio de doce años puede ser minada para buscar respuestas a aspectos relevantes a las cuestiones (a), (b) y (c) y continúa siendo parte del plan de investigación del Programa de Ciencias.

Algunas investigaciones sobre intervención instruccional fueron hechas por estudiantes de posgrado (Presnell, 1971; Randorf, 1971; Hibbard y Novak, 1975; Nussbaum y Novak, 1976; Hallowell, 1985) y por ex-alumnos y profesores visitantes (Smith y Lott, 1983; Erickson, 1983; Nussbaum y Novick, 1983; Wandersee, 1983, 1985).

Lo que hicieron la mayoría de esos estudios fue, confirmar la existencia de conceptos contextualmente erróneos mantenidos por los alumnos presentes en todos los campos de las ciencias y su tenaz resistencia al cambio. Sin embargo, están siendo realizados nuevos estudios en los cuales se usa el «mapeamiento conceptual» como una estrategia de instrucción y de evaluación para ayudar a hacer conscientes a los alumnos sobre los esquemas cognoscitivos contextualmente inapropiados y procurar estrategias de aprendizaje más significativas (Feldsine, 1983; en curso). Esas estrategias parecen ser prometedoras como soluciones para el problema de clarificar y «desarraigar» conceptos contextualmente erróneos. En el programa de ciencias se llevará a cabo más trabajo sobre diferentes estrategias para facilitar el aprendizaje significativo y, además, ese trabajo se dirigirá explícitamente a problemas asociados con conceptos contextualmente erróneos.

Trabajos de Posner (1983) y de Strike y Posner (1982) conciernen directamente al desarrollo de un modelo de cambio conceptual y su aplicabilidad al aprendizaje. Ese modelo está basado en gran parte en el de Kuhn para el desarrollo del conocimiento científico como un proceso en el que alternan períodos de aceptación del conocimiento corriente y de superación del mismo. Para que los científicos y los estudiantes *acomoden* nuevas ideas (y por tanto superen el status quo) deben ser satisfechas cuatro condiciones:

1. Debe existir un descontento con las concepciones existentes.
2. La nueva concepción tiene que ser mínimamente comprendida.
3. La nueva concepción debe aparecer mínimamente plausible.
4. La nueva concepción debe parecer fructífera (Posner, 1983).

Para que los nuevos conceptos sean adquiridos, deben resolver algún problema existente mejor de lo que se

puede hacer con el conocimiento anterior; además deben encajar en los supuestos metafísicos y epistemológicos de los alumnos (Strike y Posner, 1982).

El trabajo de Posner y Strike con estudiantes universitarios continúa desarrollándose y se espera que con el creciente acceso a las escuelas públicas (resultante de la expansión del programa de preparación de maestros de ciencias) se lleven a cabo otros estudios similares con estudiantes más jóvenes.

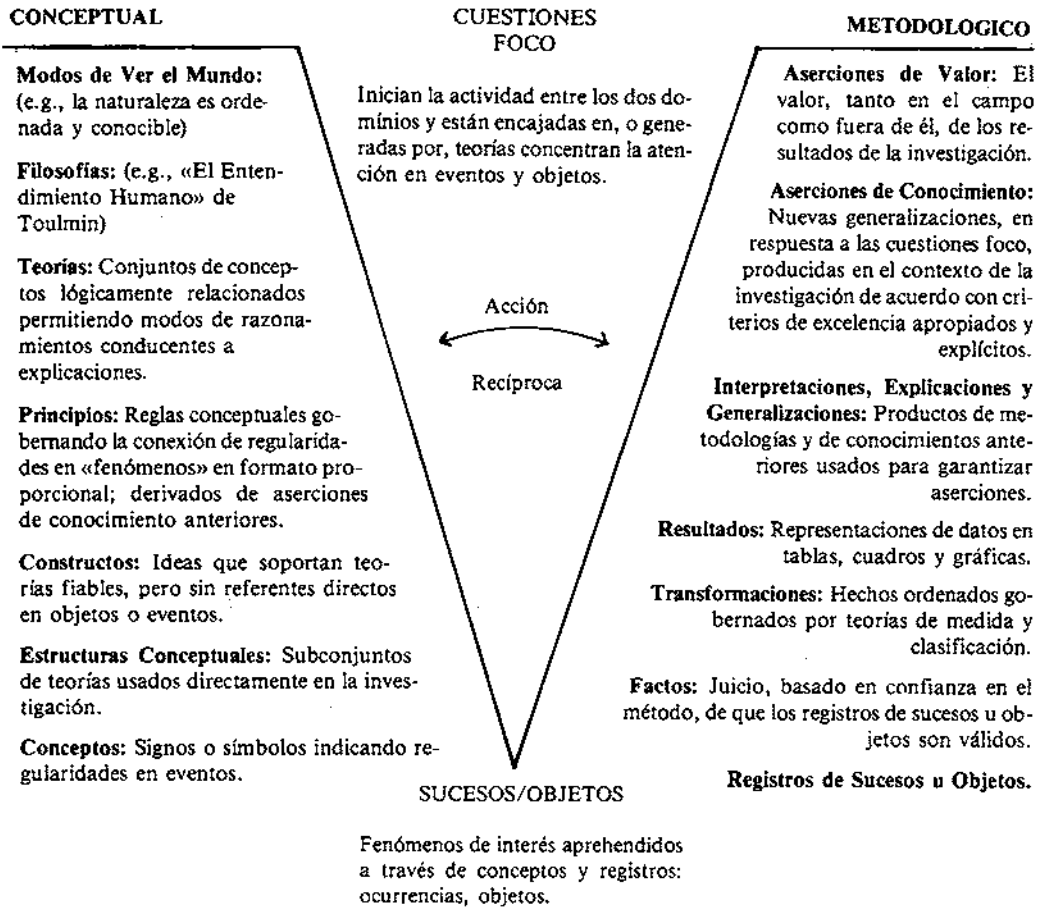
Otra herramienta instruccional que surgió de estudios sobre el alumno y sobre la materia de enseñanza es la «V heurística» (ver Figura 2). En algunos trabajos de laboratorio en la universidad quedó claro que muchos estudiantes veían poca relación entre los conceptos, principios y teorías que se suponía que estuviesen aprendiendo en las clases teóricas o en lecturas y actividades de las cuales se ocupaban en el laboratorio. No relacionaban las actividades de «pensar» con la de «hacer». En resumen, en la mejor de las hipótesis esos estudiantes tenían una pobre comprensión de la naturaleza del trabajo científico y de los métodos a través de los cuales los científicos producen nuevos conocimientos. Este es un problema común en la enseñanza de las ciencias del cual se ocuparon Schwab y otros hace ya muchos años. Schwab caracterizó la mayor parte del aprendizaje de ciencias como la memorización de una «retórica de conclusiones» en vez de penetrar más en la naturaleza de la investigación científica. Los estudios epistemológicos de Gowin (1970) y su preocupación con problemas pedagógicos le llevaron a inventar en 1977 la «V epistemológica» (ver Gowin, 1981). Desde 1977, este instrumento heurístico está siendo empleado en varios programas instruccionales en ciencias así como en otras disciplinas (Buchweitz, 1981; Levandowski, 1981; Colling, 1983; Novak, Gowin y Johansen, 1983; Robertson, 1984; Robertson-Taylor, 1985).

De los estudios completados hasta el momento, se deduce que la mayoría de los alumnos (y de los profesores) no están preocupados explícitamente con su comprensión sobre la naturaleza de la producción de conocimientos. En efecto, la mayoría de ellos alberga puntos de vista esencialmente «positivistas» y cree que la ciencia encuentra respuestas «correctas» y «erradas» sobre cómo funciona el mundo. Puntos de vista constructivistas que ven la ciencia constantemente construyendo y modificando conceptos, principios y teorías explicativos, son mantenidos sólo por una pequeña proporción de alumnos y profesores. Sin embargo, muchos de ellos no tienen una imagen clara del proceso de construcción del conocimiento. La V heurística se presenta como un instrumento capaz de ayudar a profesores y alumnos a profundizar su comprensión sobre la naturaleza del conocimiento científico y del proceso de construcción del conocimiento.

Uno de los problemas de la educación agudizado por los puntos de vista científico-positivistas es que el papel de los *sentimientos* en la producción de conociemien-

figura 2

La V epistemológica de Gowin ilustrando elementos implicados en la producción de nuevos conocimientos. Elementos del lado izquierdo (conceptual) guían la selección de sucesos y cuestiones así como de procedimientos en el lado derecho (metodológico). Existe una continua acción recíproca entre todos los elementos a medida que nuevos conocimientos y aserciones de valor son producidos y conceptos, principios, teorías, filosofías y modos de ver el mundo son modificados gradualmente.



tos es negado o ignorado. No obstante, hasta el momento diversos estudios han mostrado cada vez más que pensar, sentir y actuar¹ están siempre integrados y que mejorar la práctica educativa requiere métodos que ayuden a los alumnos a integrar sus razonamientos, sentimientos y acciones de maneras más constructivas (i.e., habilitadoras para ellos).

Para el programa de investigación en ciencias es central el compromiso con la idea de que una buena educación habilita al alumno para comprender lo que sabe o no sabe y le confiere medios para que avance progresivamente en dirección a una mayor «liberación» en relación a la autoridad y, al mismo tiempo, en dirección a su propia acción pensada y autónoma.

(1) El verbo actuar es usado con el propósito de indicar que la mayor parte de la actividad humana es pensada y deliberada, consideraciones en general ignoradas por puntos de vista conductivista.

ESTUDIOS SOBRE PROFESORES

Los estudios sobre profesores han sido mucho más limitados en el programa que los estudios sobre alumnos. Esta es un área que se espera ampliar significativamente a medida que el nuevo programa de preparación de profesores sea llevado a cabo.

Gran parte del trabajo hecho en los últimos dos decenios fue con profesores universitarios y, en realidad, la introducción de nuevas estrategias tales como mapas conceptuales y diagramas V fue hecha por primera vez en clases para profesores universitarios. Por otro lado, se observó que muchos de los problemas asociados con la introducción de nuevas estrategias pedagógicas en nivel universitario son muy similares a los problemas encontrados en nivel de escuela secundaria. Por tanto, la investigación en la mejora de la enseñanza superior condujo a nuevas estrategias para el mejoramiento

to de la enseñanza en la escuela secundaria y de la preparación de profesores. Se espera que esta relación simbiótica entre investigación y enseñanza en el Programa continúe en el futuro.

Posner hace explícito el proceso de reflexión que es necesario para que el profesor en formación se convierta en un profesional consciente. Su libro (1985) será un recurso vital en el programa de preparación de profesores de ciencias teniendo en cuenta que los estudiantes serán estimulados a considerar cuestiones que son fundamentales para la enseñanza. Análisis e inquietud en relación a la naturaleza de la situación enseñanza/aprendizaje son requisitos básicos para el docente que intenta enseñar bajo una perspectiva constructivista del proceso de aprendizaje. Mucho del trabajo sobre cambio conceptual mencionado en la sección sobre el alumno tiene claras implicaciones para los profesores y su papel en el aula. Primero y por encima de todo, está la necesidad de que el maestro perciba a los alumnos como constructores de su propio conocimiento. Después de eso, la enseñanza se convierte en un proceso de introducción de anomalías, de ayudar a los alumnos a darse cuenta de las limitaciones de su conocimiento previo, de orientación en el uso de información existente apropiada, y de acompañamiento del proceso de acomodación (Posner, 1982). El profesor puede ser adversario, facilitador o fuente de información, pero debe insistir en la «consistencia entre creencias» (Strike y Posner, 1982). Además de eso se debe dedicar mucho tiempo a la diagnosis y corrección de errores en el pensamiento del alumno. Algunas técnicas empleadas en el análisis de las preconcepciones de los alumnos y su proceso de aprendizaje son entrevistas clínicas (Posner y Gertzog, 1982), cuestionarios (Posner et al., 1981) y diseño de mapas conceptuales (Novak y Gowin, 1984).

Algunos de los trabajos anteriores del Programa de Ciencias trataron de problemas asociados a la introducción de la instrucción tipo aprendizaje para el dominio («mastery learning»; Bloom, 1968). Por ejemplo, en un trabajo conjunto con el Departamento de Física, se desarrolló un nuevo curso introductorio en el formato «paso-propio» («self-paced») usando estrategias audio-tutoriales (Postlethwait, Novak y Murray, 1972).

Más recientemente, ha habido una implicación con estudios llevados a cabo en cursos universitarios de ciencias para explorar estrategias de «aprender a aprender» e instrucción asistida por ordenador (IAO). Un proyecto en marcha con estudiantes de primer año de biología, con apoyo de la IBM, implica el desarrollo de programas de microordenadores que simulan y amplían estudios de laboratorio sobre genética poblacional y ecología de arroyos, así como programas sobre mapas conceptuales y diagramas V. Las cuestiones asociadas con la eficacia de estrategias alternativas para la introducción de la IAO son claves para los proyectos en curso en ese área. Los programas desarrollados con el apo-

yo de la IBM han sido usados también con estudiantes de escuela secundaria para ampliar estudios anteriores relativos al uso de estrategias de «aprender a aprender» (Novak, Gowin y Johansen, 1983; Gurley, 1982). De particular interés ha sido la evaluación de procedimientos alternativos sobre cómo llevar una clase y su eficacia en la utilización tanto de nueva tecnología como de estrategias heurísticas de aprendizaje.

Una de las metodologías de investigación desarrolladas para el estudio de la enseñanza es la grabación en videos (Video-Recall). Los primeros trabajos en esa área estaban basados en los métodos de Kagan (1975) usando episodios grabados en vídeo para entrenar consejeros. Más tarde los procedimientos fueron modificados de modo que en general seguían el siguiente modelo: (a) un episodio de enseñanza es grabado (episodio de 15 a 30 minutos), (b) monitor ve la grabación con el profesor y le pide sus reflexiones y opiniones respecto a varios segmentos del episodio videograbado, parando la grabación a veces para tener bastante tiempo para respuesta/discusión, (c) un monitor ve la grabación con uno o más alumnos, pidiéndoles sus reflexiones y opiniones. Tanto los maestros como los alumnos responden muy bien a esa metodología y las discusiones grabadas en vídeo durante las sesiones son una rica fuente de datos sobre éxitos y fracasos en el compartir de significados entre profesores y alumnos. Utilizada en clase, la grabación en vídeo puede ayudar a los profesores a ser conscientes de prácticas eficaces y no eficaces, y a los estudiantes a aprender que para ser «buenos alumnos» deben insistir en compartir significados con sus profesores y que es válido compartir también sus sentimientos. Cuando la grabación es usada conjuntamente con programas de formación de profesores que incluyen la discusión de teorías y principios educativos, se observan cambios positivos en el desempeño de las funciones tanto del profesor como del alumno (Taylor-Way, 1981; Robertson, 1984; Tan 1986).

En el nuevo programa de graduación de profesores de ciencias se espera que la grabación en vídeo juegue un papel importante en la formación inicial y permanente del profesorado participante en el programa. El trabajo de doctorado de Tan (1986) mostró que incluso los profesores de física muy experimentados pueden frecuentemente ser incapaces de comunicar significados de conceptos y principios básicos y que gran parte del fracaso de los alumnos no es debido a limitaciones intelectuales de los mismos sino a fallos de comunicación en el aula. El libro de texto raramente sirve para remediar problemas del aprendizaje. La mayor esperanza para mejorar el aprendizaje parece estar en prácticas instruccionales significativamente mejores. Al combinar esas prácticas con el uso de estrategias de «aprender a aprender» se han observado mejoras significativas tanto cognitivas como afectivas. (Robertson-Taylor, 1985).

El trabajo de investigación en curso de Posner y Stri-

ke procura explorar las relaciones entre creencias epistemológicas y competencia científica a fin de mejorar la calidad de la instrucción tanto a nivel secundario como superior. Beneficiarse de la instrucción puede depender en alguna medida de basarse en un conjunto de ideas sobre la naturaleza del conocimiento científico y de la investigación científica. Si eso es cierto, un conocimiento detallado de la relación entre creencias epistemológicas y competencia científica debe mostrarse útil en la mejora de la enseñanza de las ciencias en todos niveles. Dos tesis de doctorado basadas en un estudio de las relaciones entre estrategias de aprendizaje de los alumnos y sus creencias epistemológicas están casi listas bajo la orientación de Novak (Donn, en curso; Edmondson, en curso).

La reinstauración del programa de graduación de profesores de ciencias se basó en parte en una encuesta con estudiantes de biología de pregrado en Cornell, de los cuales el diez por ciento indicó un interés en la enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria (Rockcastle, 1982).

Se espera mantener ficheros detallados de todos los candidatos que se inscriben en el programa y de los que completan el mismo. Esos ficheros deberán proveer una base, en el futuro, para mejorar el reclutamiento y la preparación de profesores de ciencias así como para resolver problemas asociados con la retención de profesores altamente calificados. Existen planes de recoger datos acerca de las percepciones de los graduados sobre el valor relativo de las metodologías educativas teóricamente fundamentadas, desarrolladas en el Programa de Ciencias, y de sus reflexiones sobre la preparación de la materia de enseñanza en cursos de ciencias con diferentes orientaciones dirigidas hacia la «enseñanza de hechos» en oposición a cursos comprometidos con puntos de vista más amplios sobre la naturaleza de las ciencias y de la enseñanza de las ciencias.

La insistencia en mantener cuidadosos ficheros se ve como una característica importante del nuevo programa de graduación de profesores de ciencias: quién se inscribe y por qué; quién es aceptado; quién busca empleo en las escuelas; quién no lo hace y por qué; quién se destaca en la profesión. La disponibilidad de ordenadores con fichas de todos los candidatos, estudiantes y graduados debe proveer la base de datos necesaria para una variedad de estudios sobre profesores de ciencias que de alguna manera estuvieron implicados con el programa.

ESTUDIOS SOBRE LA MATERIA DE ENSEÑANZA

El Programa está comprometido con la idea de que las personas piensan con conceptos. La materia de enseñanza en cualquier disciplina se concibe como el con-

junto de conceptos (principios, teorías) que son contruidos por especialistas creativos, junto con procedimientos respecto a instrumentación, técnicas y protocolos de investigación.

Se piensa que las ideas epistemológicas constructivistas subyacentes al Programa tienen importancia no solamente para la comprensión de la naturaleza de la producción de conocimientos sino también para la selección, secuenciación y exposición de conceptos y principios claves de una disciplina.

La mayor parte de los estudios de investigación relativos a cuestiones sobre la materia de enseñanza realizados hasta el momento se han llevado a cabo en el nivel universitario (Moreira, 1977; Chen, 1980; Buchweitz, 1981; Levandowski, 1981; Cullen, 1983; Feldsine, en curso). Sin embargo, en trabajos anteriores sobre la enseñanza de las ciencias en la escuela elemental (Novak, 1966) y en planes de estudio hasta 12º grado, se han usado estructuras organizativas tipo «esquemas conceptuales». Es necesaria más investigación sistemática sobre cómo y por qué ciertas secuencias de la organización de la materia de enseñanza tienen más o menos efecto en la facilitación del aprendizaje del alumno. En el Programa de Ciencias, se promoverá realizar estos tipos de investigación. Tales estudios estarán basados en trabajos anteriores (mencionados en la sección sobre los alumnos) y considerarán no solamente los conceptos contextualmente erróneos más comunes de los alumnos sino también secuencias y estructuras, jerárquicas alternativas de la materia de enseñanza. Con este último propósito se han utilizado mapas conceptuales y diagramas V en niveles superiores / educación de adultos (e.g., Lohrer et al., 1979) y existe optimismo respecto al uso de esas herramientas en la enseñanza de las ciencias en nivel primario y secundario (Novak y Gowin, 1984, cap. 4).

Mientras que el análisis conceptual de la materia de enseñanza es relativamente fácil con los instrumentos disponibles hoy, el análisis de los sentimientos y valores, que deben ser parte integrante de metas educacionales relevantes, es más difícil. Sin embargo, se construyeron con éxito procedimientos para cambios de valor en niveles universitarios (Pepi, 1982; Hopp, 1983; Taylor, 1985; Worth, 1987) y lo que falta hacer ahora es ampliar este trabajo a los niveles de escuela primaria y secundaria. En realidad, algunos trabajos enfocando cambios en los valores de los estudiantes de escuela primaria han sido ya completados (Mardiney, 1985; Hallowell, 1985) mientras que otros se están llevando a cabo.

Bajo la suposición básica de que pensar, sentir y actuar están siempre integrados en el aprendizaje significativo, la materia de enseñanza juega un papel clave no sólo como un instrumento para organizar y elaborar la capacidad de pensar sino también en el dominio afectivo y en modelos alternativos de organización escolar (ver medio social).

ESTUDIOS SOBRE EVALUACION

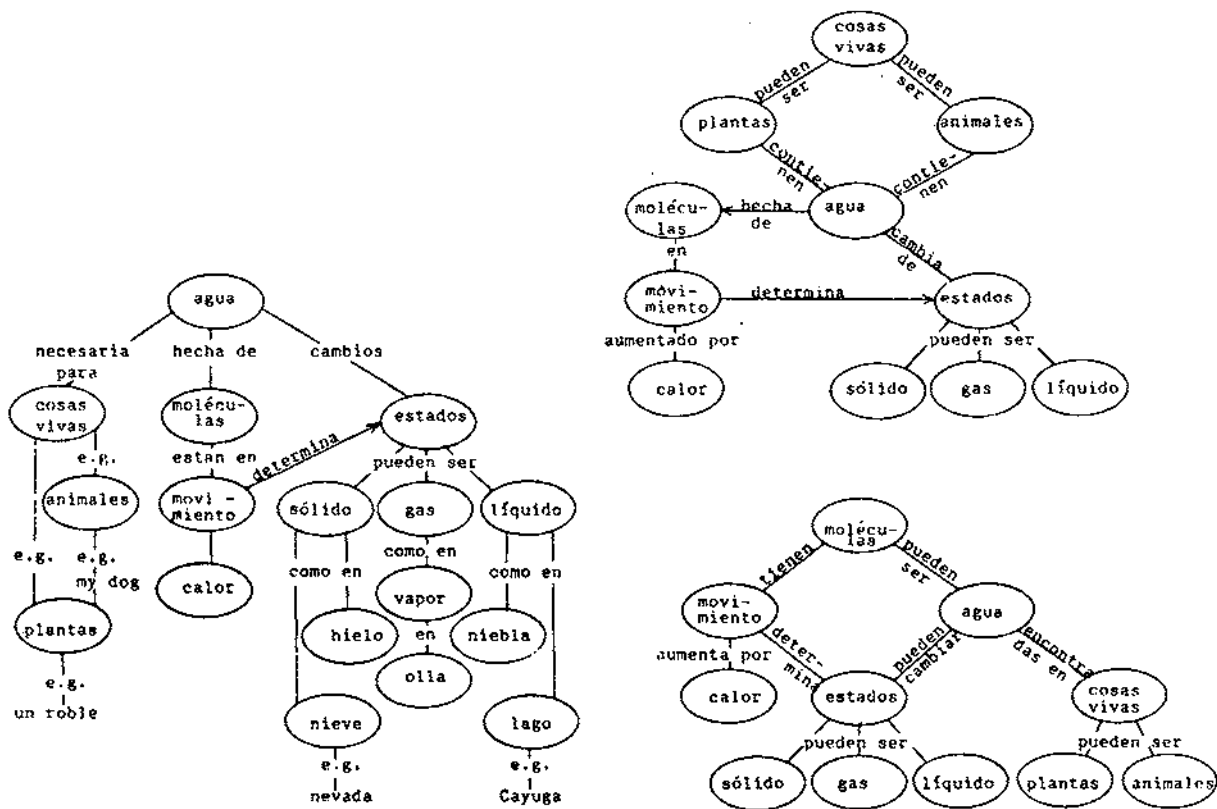
El Programa de Ciencias dirigirá un gran esfuerzo hacia el estudio de la representación del conocimiento. Se utilizará un amplio espectro de estrategias de evaluación, algunas de las cuales ya fueron discutidas en secciones anteriores de ese trabajo. En esta sección se abordará una descripción de los estudios diseñados para investigar principalmente cuestiones de evaluación.

Las teorías de asimilación del aprendizaje cognoscitivo tienen como principio central la idea de que los nuevos conocimientos son asimilados en sistemas de referencia cognoscitivos ya existentes. Hay dudas respecto a las propiedades estructurales de esos sistemas, pero en general se supone que existe alguna forma de jerarquía. La suposición es que las relaciones conceptuales y proposicionales son conjuntos de «árboles» o estructuras que van desde la superordenación hasta la subordinación y que el nuevo aprendizaje es más efectivo cuando la nueva información puede ser incluida («subsumed») bajo conceptos o proposiciones superordena-

dos ya existentes en la estructura cognoscitiva (Ausubel, 1963, 1968; Keil, 1979; Meyer, 1983). También se reconoce que cualesquiera que sean las redes neurobiológicas y los códigos neuronales de información, la estructura cognoscitiva funciona de forma *dependiente del contexto*. El mismo concepto o proposición puede funcionar tanto como subordinado como superordenado dependiente del contexto específico del nuevo aprendizaje o del uso del conocimiento. Esta propiedad de la organización cognoscitiva es conocida como «mapa de goma» (Novak y Gowin, 1984) toda vez que puede ser vista como lo que ocurriría si el mismo conjunto de conceptos y proposiciones fuese conectado de manera superordenada-subordinada cuando diferentes conceptos son «elevados a otro nivel» un «mapa conceptual de goma» con dos dimensiones. La estructura cognoscitiva N-dimensional sería entonces representada en distintas estructuras tridimensionales dependiendo del contexto. Un ejemplo de mapa «primario» y de dos configuraciones «mapa de goma» se presentan en la Figura 3.

figura 3

Tres mapas conceptuales indicando cómo los mismos conceptos asumen nuevas relaciones de significado cuando diferentes conceptos son «elevados» a un estado superordenado, ilustrando la naturaleza de «mapa de goma de la organización cognoscitiva».



Hasta el momento, el uso de mapas conceptuales, para representar tanto el contenido del currículum como el conocimiento de los alumnos, parece apoyar la idea de que en la mente humana se almacena el conocimiento de una manera jerárquica y que el aprendizaje se facilita cuando el currículum se estructura con el fin de estimular esa organización jerárquica en la estructura cognoscitiva. En un estudio reciente (Bascones y Novak, 1986), estudiantes de escuela secundaria que tuvieron clases de física dictadas según un currículum organizado para facilitar el aprendizaje significativo subordinado de conceptos clave, no solamente alcanzaron mejores resultados en pruebas de resolución de problemas sino que también continuaron aumentando su rendimiento a lo largo del curso, mientras que otros alumnos que tuvieron una instrucción tradicional obtuvieron resultados muy pobres y su rendimiento se estancó antes de fin de curso. En un estudio con estudiantes universitarios de física (Buchweitz, 1981), los resultados en experimentos de laboratorio eran bajos cuando los alumnos no tenían conceptos y principios de orden superior adecuados, pero se aproximaban a niveles de «dominio» cuando se les enseñaban los conceptos superordenados necesarios o cuando esos conceptos eran desarrollados en el transcurso del trabajo de laboratorio.

La mayor parte de los estudios realizados en los últimos diez años sobre la organización cognoscitiva y el rendimiento, se llevaron a cabo con estudiantes universitarios. Eso ocurrió así, en parte debido al fácil acceso a esos estudiantes, pero también ha sido más fácil probar nuevas estrategias de aprendizaje y de evaluación con estudiantes universitarios y después adaptar esas orientaciones a alumnos de escuela secundaria. Fue esta secuencia la que condujo al proyecto llevado a cabo en 1978-81 con alumnos de escuela intermedia (Novak y colaboradores, 1981). La principal cuestión investigada en ese estudio fue averiguar si los alumnos de escuela intermedia podían o no adquirir habilidades de diseño de mapas conceptuales y de diagramas V en un nivel suficiente como para garantizar su uso en la escuela intermedia. En resumen, la respuesta a esa cuestión fue «sí» y, en realidad, los estudiantes de séptimo grado sobrepasaron a los de octavo, probablemente debido a una mayor exposición a esas técnicas proporcionada por el maestro del séptimo grado (Novak, Gowin y Johansen, 1983).

Profesores con experiencia reconocen que es difícil construir pruebas que requieran análisis, síntesis y evaluación de conocimiento, en parte porque es muy difícil elaborar buenas pruebas de verdadero falso, de opción múltiple o de respuestas cortas para ese tipo de razonamiento. Sin embargo, los mapas conceptuales y diagramas V, por su propia naturaleza, requieren esos niveles más altos de funcionamiento cognoscitivo. Otro problema con pruebas más tradicionales de evaluación aplicadas para medir habilidades de orden más alto es que muchos alumnos alcanzan notas cerca del nivel del

azar de modo que la validez de las cuestiones es muchas veces dudosa (Novak, 1957). Este problema ha sido motivo de inquietud en el programa de investigación durante los tres últimos decenios; sin embargo, se piensa que el diseño de mapas conceptuales y diagramas V son dos respuestas prometedoras al dilema validez/fiabilidad con el que se enfrentan los educadores al intentar medir el funcionamiento cognoscitivo de orden superior.

En el Programa se trabajó también en el uso y refinamiento de la entrevista clínica piagetiana como un instrumento de evaluación. Muchos de los proyectos de investigación del PECM emplean la entrevista clínica como un método de evaluación y se han obtenido buenos éxitos con el uso de datos de entrevistas, relativos a sujetos desde preescolar hasta la edad adulta, resumidos a través de técnicas desarrolladas por el grupo de investigación (Pines et al., 1978; Pines y Novak, 1985). Más recientemente, se han utilizado mapas conceptuales y diagramas V para planificar entrevistas y resumir los datos de las mismas. (Novak y Gowin, 1984); Ault, Novak y Gowin, 1984).

El uso de estrategias de grabación en vídeo ya ha sido descrito anteriormente como un instrumento de evaluación de la eficacia en la enseñanza. A medida que se lleven a cabo nuevos estudios, especialmente en conexión con la formación inicial de profesores, se analizará y se «refinará» esa metodología de evaluación.

Por otra parte, es muy difícil medir cambios afectivos. La *Taxonomía* de Krathwohl, Bloom y Masia (1956) para el dominio afectivo nunca gozó de la popularidad de la *Taxonomía* de Bloom (1956) para el dominio cognoscitivo. Los conductistas evitaron la dificultad simplemente ignorando el afecto, y gran parte del trabajo actual en ciencia cognoscitiva e inteligencia artificial hace lo mismo. Es innegable que los humanos piensan, sienten y actúan; no se puede, pues, ignorar los problemas asociados con la evaluación de sentimientos si se requiere desarrollar un entendimiento completo del funcionamiento humano.

En el transcurso de los años, el grupo de investigación usó varias formas de cuestionarios y escalas de Likert para evaluar los sentimientos de los alumnos en relación a los profesores, técnicas de enseñanza, materia de aprendizaje, intereses disciplinares, ciencias y el trabajo científico. Es posible obtener elevados coeficientes de fiabilidad para cuestionarios relacionados con sentimientos, pero frecuentemente emergen serias cuestiones de validez cuando se pregunta a los sujetos por qué escogieron una respuesta alternativa y no otra. Así ocurrió reiteradamente en el trabajo de investigación hecho en el Programa. En parte por esa razón, el grupo de investigación pasó a poner más énfasis en otras técnicas para la evaluación afectiva, como entrevistas clínicas modificadas con vistas a la expresión de sentimientos, grabaciones en vídeo etc., diagramas V con expresión de «aserciones de valor» esperándose ampliar

y refinar el uso de esos instrumentos como medidas potencialmente válidas de los sentimientos de las personas.

Los «Valores» es otra área de intereses del grupo de investigación. Gowin (1981, p. 43) define valor como «significancia sentida». Significancia sentida aparece cuando los sentimientos se funden con los *significados* adquiridos de una experiencia o de un conocimiento. Decisiones de valor son aquellas en que se escoge *a* como más significativo que *b*. Cuando un científico escoge crear un cierto evento (un experimento) o recoger cierto tipo de datos, él o ella no está solamente usando conocimiento sino que está también tomando decisiones de valor. La V heurística (Figura 2) intenta mostrar eso explícitamente bajo el rótulo «aserciones de valor».

Aserciones de valor son respuestas a cuestiones de valor (Gowin y Green, 1980; Gowin, 1981). Se encontró que existen cinco tipos de aserciones de valor. Aserciones de valor *instrumentales* tienen la forma ¿es X bueno para Y? Por ejemplo, ¿es la instrucción con mapas conceptuales buena para la adquisición y retención de conocimientos? Aserciones de valor *intrínsecas* toman la forma, ¿es X bueno? o ¿es X alguna cosa que tiene valor para la sociedad? Por ejemplo, ¿existe algún valor intrínseco en ayudar a los alumnos a «aprender a aprender»? Aserciones de valor *comparativas* tienen la forma, ¿es X mejor que Y? Por ejemplo, ¿está el tiempo utilizado en aprender a trazar mapas conceptuales mejor empleado que si lo dedicamos a aprender más contenidos. Aserciones de valor de *decisión* tienen la forma ¿es X correcto? o ¿se debe escoger X? Aquí se trata con juicios tales como, aunque se pueda demostrar empíricamente qué estrategias de meta-aprendizaje y de meta-conocimiento facilitan, por ejemplo, la transferencia de conocimiento a largo plazo en la resolución de problemas, ¿es correcto enseñar tales estrategias a los alumnos? Finalmente, aserciones de valor *idealizadas* toman la forma ¿es X tan bueno como puede ser, o puede ser mejorado? Por ejemplo ¿es el diagrama V, tal como es empleado hoy, una buena estrategia metacognitiva, o puede ser mejorado?

Los instrumentos y métodos de evaluación han sido un factor limitante en las ciencias sociales desde su comienzo. Sin embargo, las nuevas herramientas de evaluación actualmente en desarrollo pueden ser relevantes tanto para la investigación como para la práctica educativas.

ESTUDIOS SOBRE EL MEDIO SOCIAL

La educación no tiene lugar en un contexto puro de laboratorio; el alumno está siempre en algún contexto social en el espacio y en el tiempo, aún cuando esté leyendo o pensando en un sitio tranquilo. Los sucesos del día, el aula, la tempestad de nieve, los contratos

personales, el divorcio de los padres, las manifestaciones anti-racistas, etc., es decir todos los micro y macro ambientes sociales y físicos que envuelven e influyen los actos de aprendizaje de un determinado alumno en un cierto espacio y tiempo, constituyen el medio circundante que cambia continuamente en el curso del tiempo. (Tiempo medido en minutos, días, o meses y no en milenios).

Como las personas pueden optar por actuar o no actuar, la educación siempre tendrá menos poder de predicción que las «ciencias exactas». Sin embargo, los seres humanos son entidades biológicas y parte de su pensar, sentir y actuar tiene sus raíces en la biología del cerebro, sistema nervioso autónomo y músculos. Se puede, entonces, esperar alguna predictibilidad sobre cómo los humanos piensan, sienten y actúan y es probable que esa predictibilidad aumente a medida que se preste mayor atención a ciertas variables del medio social, o contexto, de los alumnos y del profesor.

El trabajo de Bloom (1968, 1976) sobre aprendizaje para el dominio («mastery learning») y otros estudios relacionados son ejemplos de investigaciones educativas que se plantearon de manera específica el cómo influyen estructuras organizativas alternativas en el éxito o fracaso de los alumnos. Otros trabajos anteriores en «enseñanza por contrato», «enseñanza en equipo» y otras «innovaciones» se dirigieron en gran parte hacia la reconstrucción del medio social para el aprendizaje. Con profesores inspirados y con el apoyo de comunidades, todos esos métodos tuvieron algún grado de éxito, pero ninguno de ellos se usa hoy en la mayoría de las escuelas (Goodlad, 1984). Si se han logrado tan pequeños cambios en la escolarización en los últimos cien años ¿qué razón hay para pensar que el Programa de Ciencias logrará alguna diferencia? Una de las razones para el optimismo es que el programa de investigación está *basado en una teoría*, se guía por una teoría relativamente completa de educación que toma en consideración sistemáticamente los cinco «lugares comunes». Esa teoría emergente y en desarrollo condujo a nuevos programas instruccionales y esos programas a su vez han sido fuente de datos que han llevado a la modificación y mejora de la teoría (Novak y Gowin, 1984, cap. 8).

Investigación y práctica, teóricamente fundamentadas, llevan a acciones que parecen desafiar el sentido común pero, con el tiempo, esas acciones cambian los puntos de vista de las personas sobre cómo funciona el mundo. Los proyectos de investigación del Programa en los últimos años han mostrado reiteradamente que cuando se usan estrategias de «aprender a aprender» para estimular el aprendizaje *significativo*, los promedios de las notas de los alumnos decrecen durante varias semanas, hasta que adquieren suficientes habilidades con las nuevas estrategias; entonces, sus promedios empiezan a exceder los promedios de los estudiantes que tienen instrucción convencional (Novak,

1984). En el clima de hoy en la escuela con una tendencia hacia pruebas semanales o mensuales, es necesario un profesor animoso para insistir en enfoques que estimule el aprendizaje significativo cuando el rendimiento promedio de la clase parece inicialmente declinar.

Un sinnúmero de preguntas relativas a la organización de la escuela y a la asignación de recursos surgen cuando uno se enfrenta con las cuestiones prácticas resultantes de los cambios teóricos. (Ver Apéndice 1). A este respecto, una cuestión de capital importancia para el grupo de investigación es cómo aproximarse a los profesores, administradores y padres para introducir nuevas estrategias de «aprender a aprender» en un momento en que los puntos de vista «vuelta a lo básico» («back to basics») enfatizan la enseñanza (i.e., la memorización) de hechos básicos (como las reglas gramaticales o las tablas de multiplicación). Se están realizando extensas entrevistas de seguimiento con profesores participantes en talleres, exalumnos en clases en donde se primaron estrategias de «aprender a aprender», y administradores de programas educacionales (incluyendo programas de ampliación). Este tipo de investigación evaluativa debe, con el tiempo, proveer la información necesaria para aumentar la tasa de éxito de los esfuerzos para introducir nuevas prácticas en los centros de enseñanza.

El aula es un micromundo cuya sociología es muy poco comprendida. En este momento, dos nuevos profesores del PECM tienen como tema principal de investigación el estudio del contexto del aula, especialmente la interacción entre profesor y alumnos y entre alumnos y alumnos. La investigación hecha por esos dos profesores debe contribuir de manera importante para el esfuerzo de investigación total del PECM.

CONCLUSION

Tal como se dijo al principio, el programa de enseñanza de las ciencias en Cornell es uno de los programas del Departamento de Educación. En realidad, el programa de enseñanza de las ciencias es parte de un programa mayor llamado Programa de Educación en Ciencias y Matemáticas (PECM). Sin embargo, este trabajo ha tratado únicamente el plan de investigación en enseñanza de las ciencias, es decir cuestiones de investigación, sistemas de referencia teóricos y procedimientos metodológicos concernientes sólo a la parte de investigación en enseñanza de las ciencias del PECM. Como tal, este trabajo no es una descripción completa del PECM sino de una parte de ese programa.

A pesar de que toda cuestión de investigación educativa está relacionada en general con otras cuestiones educativas, el concepto de «lugar común» de Schwab fue utilizado como un sistema de referencia para hablar del plan de investigación del Programa de Ciencias. Los cuatro «lugares comunes» de Schwab —alumno, profesor, materia de enseñanza y medio social—, más un quinto «lugar común» —evaluación—, fueron usados como encabezamiento para categorizar las cuestiones y proyectos de investigación referidos en ese trabajo.

Sin embargo, además de tener significado e importancia para más de un «lugar común», todos los proyectos de investigación del PECM comparten una característica básica: están teóricamente fundamentados. Esta es la principal característica de la investigación en enseñanza de las ciencias en Cornell. Al resaltar esta característica los autores intentan que sea valorada como el mensaje principal de este trabajo. Si se quiere hacer un progreso significativo en la enseñanza de las ciencias es necesario mucha más investigación basada en la teoría.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AULT, C., NOVAK, J. Jr. and GOWIN, D.B., 1984, Constructing Vee Maps for Clinical Interviews on Molecule Concepts. *Science Education* 68 (4): 441-462.
 AUSUBEL, D., 1963, *The Psychology of Meaningful Verbal Learnig.* (New York: Grune and Stratton).
 AUSUBEL, D., 1968, *Educational Psychology: A Cognitive View.* (New York: Holt, Rinehart, and Winston).
 AUSUBEL, D., NOVAK, J. and HANESIAN, H., 1981, *Educational Psychology: A Cognitive View* (Second Edition). (New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978. Reprinted by Werbel & Peck, New York, 1986. Published in Spanish by Editorial Trillas, Mexico).

BASCONES, J., y NOVAK, J., 1986, Alternative Instructional Systems and the Development of Cognitive Skills for Physics Problem Solving at the Secondary School Level: A Case Study. *European Journal of Science Education*, 7 (3): 253-261.
 BLOOM, B. (Ed.), 1956, *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain.* (New York: David Mckay Company, Inc.).
 BLOOM, B., 1968, Learning for Mastery. *UCLA Evaluation Comment* 1 (2): 1.

- BLOOM, B., 1976, *Human Characteristics and School Learning*. (New York: McGraw Hill).
- BUCHWEITZ, B., 1981, An Epistemological Analysis of Curriculum and an Assessment of Concept Learning in Physics Laboratory. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- CHEN, H., 1980, Relevance of Gowin's Structure of Knowledge and Ausubel's Learning Theory to a Method of Improving Physics Laboratory Instruction. Unpublished M.S. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- COLLING, K., 1983, Educating for Conceptual Learning: A Curriculum for Educationally Disadvantaged Baccalaureate Pre-Nursing Students. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- CONFREY, J., 1983 Implications for Teaching From the Research on Misconceptions. *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics, June 1983*, edited by H. Helm and J. Novak. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- CONFREY, J., 1984a, Towards a Framework for Constructivist Instruction. Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Madison, WI.
- CONFREY, J., 1984, An Examination of the Conceptions of Mathematics of Young Women in High School. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.
- CONFREY, J., 1985b, A Constructivist View of Mathematics Instruction: A Theoretical Perspective. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- CULLEN, J.F., Jr., 1983, Concept Learning and Problem Solving: The Use of the Entropy Concept in College Teaching. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- DOYLE, W., 1979, The Tasks of Teaching and Learning in Classrooms. Invited address American Educational Research Association, San Francisco. CA.
- DONN, S. (in progress). PH. D. thesis. (Ithaca, N.Y.: Cornell University, Department of Education).
- EDMONDSON, K. (in progress). PH. D. thesis. (Ithaca, N.Y.: Cornell University, Department of Education).
- ERICKSON, G., 1983, Student Framework and Classroom Instruction. In H. Helm and J. Novak (Eds), *Proceedings of the International Seminar of Misconceptions in Science and Mathematics, June 20-22, 1983*. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- FELDSINE, J., Jr., 1983, Teaching and Learning Strategies: Concept Maps - A Learning Strategy. *2YC Distillate*, 1 (1), Summer/Fall.
- FELDSINE, J., Jr. (in progress). A Research Investigation into the Effect of Concept Mapping and Instructor-Student Interviewing on the Students Meaningful Learning of General College Chemistry. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- GOODLAD, J., 1984, *A Place Called School*. (New York: McGraw-Hill).
- GOWIN, D.B., 1970, The Structure of Knowledge. *Educational Theory* 20 (4): 319-329, Fall.
- GOWIN, D.B., 1981, *Educating*. (Ithaca, NY: Cornell University Press).
- GOWIN, D.B. and GREEN, T., 1980, *The Evaluation Document: Philosophic Structure*. (Portland, Oregon: Northwest Regional Educational Laboratory, Publication No. 30).
- GOWIN, D.B. y WOOD, D., 1984 *Educating in Sports*. Unpublished manuscript. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- GURLEY, E.I., 1982, Use of Gowin's Vee and Concept Mapping Strategies to Teach Students Responsibility for Learning in High School Biological Sciences. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- HALLOWELL, A.C., 1985, Learning Theory Applied to The Development and Evaluation of an Educational Program About Seabirds. Unpublished M.S. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- HARVARD COMMITTEE of TEN., 1893, *Report of the Committee of Ten on Secondary School Studies*. (Washington, D.C.: National Education Association).
- HELM, H. y NOVAK, J.D., (Eds.), 1983, *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics, June 20-22, 1983*. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- HIBBARD, K.M. and NOVAK, J.D., 1975, Audio-tutorial Elementary School Science Instruction as a Method for Study of Children's Concept Learning: Particulate Nature of Matter. *Science Education* 59 (4): 559-590.
- HOPP, D., 1983, Educating in Literature: An Ongoing Dialogue Between Readers and Books. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- KAGAN, N., 1975, *Interpersonal Process Recall: A Method of Influencing Human Interactions*. (East Lansing, MI: Michigan State Department of Counseling, Personal Services and Educational Psychology).
- KEIL, F.C., 1979, *Semantic and Conceptual Development: An Ontological Perspective*. (Cambridge, MA: Harvard University Press).
- KRATHWOHL, D., BLOOM, B. and MASIA, B., 1956, *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook II: Affective Domain*. (New York: David McKay Company).
- LEVANDOWSKI, C.E., 1981, Epistemology of a Physics Laboratory on Electricity and Magnetism. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- LOEHR, R.C., JEWELL, W.J., NOVAK, J.D., CLARKSON, W.W. and FRIEDMAN, G.S., 1979, *Land Application of Wastes*, Vol. I & II. (New York: Van Nostrand Reinhold).
- MARDINEY, R.L., 1985, The Development and Evaluation of a Conceptually Based Environmental Education Program on Wildflower Ecology for Cornell Plantations and Elementary School. Unpublished M.S. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).

- MAYER, R., 1983, *Thinking, Problem Solving, Cognition*. (New York: W.H. Freeman).
- MONK, D., STRIKE, K. and STUTZ, F., 1981, Potencial Effects of the overburden Argument on the Funding of Rural Schools. Final Report to the New York State Special Task Force on Equity and Excellence in Education.
- MOREIRA, M., 1977, An Ausubelian Approach to Physics Instruction: An Experiment in an Introductory College Course in Electromagnetism. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- NABORNE, B., (in progress), The Use of Concept Mapping to Aid in Coaching Basketball. Unpublished M.S. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- NOVAK, J.D., 1957, A Comparison of Two Methods of Teaching a College General Botany Course. Unpublished Ph. D. thesis. (Minneapolis, MN: University of Minnesota).
- NOVAK, J.D., 1964, Importance of Conceptual Schemes for Science Teaching. *The Science Teacher* 31 (6): 10, October.
- NOVAK, J.D., 1966, The Role of Concepts in Science Teaching. In H.J. Klausmeier and C.W. Harris, *Analysis of Concept Learning*. (New York: Academic Press).
- NOVAK, J.D., 1970, *The Improvement of Biology Teaching*. (Indianapolis and New York: Bobbs-Merrill).
- NOVAK, J.D., 1972, *Facilities for Secondary Science Teaching: Evolving Patterns in Facilities and Programs*. (Washington, D.C.: National Science Teachers Association).
- NOVAK, J.D., 1977a *A Theory of Education*. (Ithaca, NY: Cornell University Press).
- NOVAK, J.D., 1977b, An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education. *Science Education* 64 (4): 453-477.
- NOVAK, J.D., 1985, Learning Science and the Science of Learning. Paper presented at the American Educational Research Association Meetings, April 1984; American Association for Advancement of Science Meeting, May 1984; International Seminar on the Scientists Thinking Tools, University of East Anglia, March.
- NOVAK, J.D. y BROOKS, M.E., 1959, College Preparation of Science Teachers. *The Science Teacher* 26 (7): 473-477, November.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B., 1984, *Learning How to Learn*. (New York: Cambridge University Press, Forthcoming in Spanish by Martinez Roca).
- NOVAK, J.D., GOWIN, D.B., JOHANSEN, G., 1983, The Use of Concept Mapping and Knowledge Vee Mapping with Junior High School Science Students. *Science Education* 67 (5): 625-645.
- NOVAK, J.D. y STAFF., 1981 *The Use of Concept Mapping and Gowin's «V» Mapping Instructional Strategies in Junior High School Science*. Unpublished report of NSF Project (SED 78-16762). (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- NUSSBAUM, J. y NOVAK, J., 1976, An Assessment of Children's Concepts of Earth Utilizing Structured Interviews. *Science Education* 60 (4): 535-550.
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S., 1983, Creating Cognitive Dissonance Between Students' Preconceptions to Encourage Individual Cognitive Accommodations and a Group Cooperative Construction of a Scientific Model. *Science Education*.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J., 1978 Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study. *Science Education*, 12 (3): 273-281.
- PEPI, D., 1984, Regularities in Exemplar Cases of Environmental Appreciating. Unpublished Ph. D. thesis. Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education, 1982; *Thoreau's Method*. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.).
- PINES, A.L. y NOVAK, J.D., 1985, The Interaction of Audio-Tutorial Instruction with Student Prior Knowledge: A Proposed Qualitative Case-Study Methodology. *Science Education* 69 (2): 213-228, April.
- PINES, A., NOVAK, J., POSNER, G., VANKIRK, J., 1978, The Clinical Interview: A Method for Evaluating Cognitive Structure. Research Report 6. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- POSNER, G., 1983, A Model of Conceptual Change: Present Status and Prospect. In *Proceedings on the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics June 1983*, edited by H. Helm and J. Novak. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- POSNER, G., 1982, A Cognitive Science Conception of Curriculum and Instruction, *Journal of Curriculum Studies*, 14 (4).
- POSNER, G., 1985, *Field Experience: A Guide to Reflective Teaching*. (New York: Longman).
- POSNER, G., 1985, Compilation of Research on Misconceptions in Science and Mathematics Education. A Hatch Proposal. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- POSNER, G. y GERTZOG, W., 1982, The Clinical Interview and the Measurement of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2).
- POSNER, G. y RUDNITSKY, A., 1981, *Course Design*, Second Edition. (New York: Longman).
- POSNER, G., 1981, *The Cornell Assessment of Scientific Beliefs (CASB): A Report on Questionnaire Development*. Curriculum Series Research Report, N° 10. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P. y GERTZOG, W., 1982, Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education* 66 (2): 211-217, April.
- POSTLETHWAIT, S.N., NOVAK, J. y MURRAY, H.J., 1972, *The Audio-Tutorial Approach to Learning*, Third Edition. (Minneapolis, MN: Burgess).
- PRESNELL, R., 1971, The Development and Evaluation of an Audio-Taped Program of Instruction in Learning Concepts of Ecology and Conservation. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education, 1971).
- RANDORF, G., 1971, Extending the Use of Natural Areas for Environmental Education Through Audio-Tutorial Orientation Prior to Outdoor Field Trips. Unpublished M.S. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).

- RIDLEY, D. y NOVAK, J., 1983, Sex-Related Differences in High School Science and Mathematics Enrollments: Do They Give Males a Critical Headstart Toward Science and Math Related Careers? *The Alberta Journal of Educational Research* Vol. XXIX, No. 4: 306-318, December.
- ROBERTSON, M., 1984, Use of Videotape-Stimulated Recall Interviews to Study the Thoughts and Feelings of Students in an Introductory Biology Laboratory Course. Unpublished M.S. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- ROCKCASTLE, V., 1982, Personal communications. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- RORTY, R., 1979, *Philosophy and the Mirror of Nature*. (Princeton, NJ: Princeton University Press).
- SCHWAB, J., 1973, The Practical B: Translation into Curriculum. *School Review*, 81 (4): 501-522.
- SCHWAB, J. y BRANDWEIN, P., 1962, *The Teaching of Science*. (Cambridge, MA: Harvard University Press).
- SMITH, E. y LOTT, G., 1983, Teaching for Conceptual Change: Some Ways of Going Wrong. In H. Helm and J. Novak. *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics, June 20-23, 1983*. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- STRIKE, K., 1985, Observations on Technology and Scale: Or How Not to Save the Rural Schools. *Proceedings, 1983 Rural School Summer Conference*. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- STRIKE, K., 1982, Epistemological Assumptions of College Students: An Initial Report. A paper presented to the 13th Annual Convocation of the Northeastern Education Research Association, Ellenville, NY.
- STRIKE, K. y POSNER, G., 1982, Conceptual Change and Science Teaching. *European Journal of Science Education*, 4 (3).
- TAN, S. A., 1986, Study of the Learning and Teaching of Physics Concepts in Various Types of Classroom Situations. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- TAYLOR, M., 1985, Changing the Meaning of Experience: Empowering Learners Through the Use of Concept Maps, Vee Diagrams, and Principles of Education in a Biology Lab Course. Unpublished Ph. D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- TAYLOR-WAY, D., 1981, Adaptation of Interpersonal Process Recall and a Theory of Educating for the Conceptualization of College Instruction. Unpublished Ph D. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- VON GLASERFELD, E., 1984, Reconstructing the Concept of Knowledge. Paper presented at the Seminar on Constructivism, Archives of Jean Piaget. Geneva.
- WANDERSEE, J., 1983, Students Misconceptions About Photosynthesis: A Cross-Age Study. In H. Helm and J. NOVAK. *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics, June 20-23, 1983*. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).
- WANDERSEE, J., 1985, How Students Extract Meaning From Textbooks. Unpublished manuscript. (New Ulm, MN: Dr. Martin Luther College).
- WATERMAN, M. and RISSLER, J., 1982, Systematic Study of Scientific Literature Emphasizing Higher Cognitive Skills. *Journal of College Science Teaching*, May: 336-340.
- WORTH, J., 1987, Using Concept Maps to Evaluate Achievement in Environmental Studies. Unpublished M.S. thesis. (Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education).

APENDICE 1

CUESTIONES QUE SERAN INVESTIGADAS POR EL PROGRAMA DE CIENCIAS

(Referencias de investigaciones anteriores entre paréntesis).

ESTUDIANTE

1. Desarrollo Cognoscitivo:

- ¿Cómo progresa el desarrollo conceptual de un individuo con el tiempo? (Refs. 1,2,4,51).
- ¿Cuál es el origen de los conceptos contextualmente erróneos? (Refs. 31,63,65,88).
- ¿Cómo pueden ser modificados o eliminados los conceptos contextualmente erróneos? (Refs. 20,31,62,65,68,87).
- ¿Cómo influyen las variables afectivas en el desarrollo cognoscitivo? (Refs. 49,74,82).
- ¿Cómo se relacionan los compromisos epistemológicos con el desarrollo cognoscitivo? (Refs. 14,81,82,18,19).
- ¿Qué diferencias de género tienen lugar en los patrones de desarrollo cognoscitivo? (Refs. 14,73,74).

- ¿Cómo difieren los estudiantes pertenecientes a minorías y mayorías en los patrones de desarrollo cognoscitivo? (Refs. 11,73).

2. Estilos de Aprendizaje:

- ¿Qué factores llevan al alumno a adoptar métodos mecánicos de aprendizaje? (Refs. 49).
- ¿Cómo se relacionan género y estilos de aprendizaje? (Refs. 53, 73, 82, 83).
- ¿Cómo difieren las minorías de las mayorías en términos de estilos de aprendizaje? (Refs. 11, 88).

3. Adquisición de Conocimiento:

- El papel del conocimiento previo/conceptos contextualmente erróneos. (Refs. 1, 2, 3, 16, 61, 62, 63, 87).

- b. Variables relativas a edad y género (Refs. 54,73,82).
- c. Formas de representación del conocimiento y adquisición comparativa. (Refs. 1, 53, 66).
- d. Influencia de estrategias para «aprender a aprender». (Refs. 28, 43, 54).
- e. Efecto de secuencias curriculares alternativas. (Refs. 32, 37).
- f. Variables relacionadas; e.g. QI, actuación previa actitudes. (Refs. 50, 54, 81).

4. Integración de Pensar, Sentir y Actuar:

- a. Actuación comparativa y grados de integración. (Refs. 28, 74, 83).
- b. Estrategias de «aprender a aprender» y facilitación de la integración. (Refs. 33, 43, 53, 74, 83).
- c. Posición epistemológica del aprendiz y grado de integración. (Refs. 66, 74, 82, 83).

5. Adquisición de Valores:

- a. Integración cognoscitiva/afectiva y cambio de valores. (Refs. 25, 49, 74; 83).
- b. Efecto de enfoques alternativos de aprendizaje en el cambio de valores. (Refs. 28).
- c. Cuestiones de valor en la selección del conocimiento. (Refs. 1, 25).

PROFESOR

1. Características:

- a. Reconocimiento y compromiso con aprendizaje significativo en vez de mecánico. (Refs. 11,62,64).
- b. Postura constructivista o positivista tal como relacionada con: (1a) arriba, (2) el trabajo de laboratorios, (3) enfoques, (4) aceptación del alumno. (Refs. 12,13,15,35,62,63).
- c. Afectividad/sensibilidad emocional tal como relacionada con: 1b (1-4) arriba. (Refs. 47,63).
- d. Variables de fondo y actuación del alumno, e.g. Conocimientos previos en ciencias, experiencia, género, minoría/mayoría. (Refs. 11,12,28,73).
- e. Habilidades: e.g. «tiempo de espera», manejo de la computadora, utilización de audiovisuales, manejo de instrucción individualizada. (Refs. 42,48,57).

2. Preparación:

- a. Determinación de factores de formación inicial; e.g. duración de la práctica dirigida de enseñanza; experiencia en investigación en ciencias o en enseñanza de las ciencias. (Refs. 52,58,84).
- b. Determinación de factores de formación permanente; e.g., cursos cortos, talleres, formación mediada por IAC. (Refs. 38,52).

3. Cuestiones Demográficas:

- a. Edad/Tiempo de servicio.
- b. Movilidad/Retención/Compensación económica.
- c. Características administrativas/organizativas. (Refs. 48,52).

MATERIA DE ENSEÑANZA

1. Estructura del conocimiento

- a. Naturaleza del conocimiento —conceptos y evolución conceptual. (Refs. 1,13,62,81,82).
- b. Estructuras semánticas y estructuras del mundo real. (Refs. 23,35,53).
- c. Estructura del conocimiento y significados: conceptos, proposiciones, jerarquías. (Refs. 1,9,25,86,89).
- d. Conocimiento académico/conocimiento innato? (Refs. 25,53,88).
- e. Relaciones entre conocimiento y habilidades. (Refs. 8,9,27,43).

2. Construcción del Conocimiento:

- a. Estrategias para enseñar puntos de vista constructivistas. (Refs. 14,25,53).
- b. Interacción entre cuestiones, registros, conceptos, principios, teorías, filosofías y modos de ver el mundo. (Refs. 1,2,5,86).

- c. Conocimiento de la disciplina tal como relacionado con la evolución de las conceptualizaciones del estudiante (e.g., paralelos entre historia de las ciencias y conceptos contextualmente erróneos. (Refs. 16,82,87).

- d. Interacción entre conocimientos y métodos en la producción de nuevo conocimiento. (Refs. 25,49,53).

3. Organización del conocimiento:

- a. Estrategias alternativas para traducir el conocimiento disciplina. (Refs. 1,37,82).
- b. Heurísticas para organizar el conocimiento. (Refs. 1,25,53).
- c. Cuestiones de valor en la selección del conocimiento. (Refs. 25,26,59).

EVALUACIÓN

1. Evaluación del Conocimiento:

- a. ¿Cómo pueden modelos alternativos de representación del conocimiento mejorar los procedimientos de evaluación? (Refs. 1,16,42).
- b. ¿Qué métodos de evaluación de cambios cognoscitivos tienen validez y fiabilidad relativamente mayores? (Refs. 44,49,61).
- c. ¿Cómo puede el uso de instrumentos heurísticos de aprendizaje enriquecer/mejorar los métodos de evaluación? (Refs. 21,37,53,19).
- d. ¿Qué combinación de tiempo de estudio/evaluación es más eficiente para (1) mejorar de «orden inferior» y (2) de «orden superior»? (Refs. 10,42).

2. Evaluación Afectiva:

- a. ¿Cuál es la relativa eficiencia de cuestiones, entrevistas clínicas y estrategias de audio o vídeo revisión para producir cambios afectivos? (Refs. 11,85).
- b. ¿Qué estrategias instruccionales conducen a mejorar a largo plazo? (Refs. 11,28,53,83).
- c. ¿Cómo pueden las estrategias de interacción alumno/profesor llevar a mejorar a largo plazo? (Refs. 28,29,83).

3. Evaluación de valores:

- a. ¿Qué criterios definen medidas efectivas de cambios de valor? (Refs. 26,33,53,59).
- b. ¿Qué combinación de elementos cognoscitivos y afectivos es mejor para indicar los valores corrientes o los valores en cambio? (Refs. 11,39).
- c. ¿Cómo se relacionan compromisos epistemológicos y valores? (Refs. 25,53,59,18,19).

MEDIO SOCIAL

1. Organización de la escuela:

- a. ¿Cómo afectaría al aprendizaje cognoscitivo y afectivo en ciencias el «seguimiento del flujo» (streaming)?
- b. ¿Qué contribuciones pueden los profesores hacer en formación o en ejercicio para la planificación de la escuela y del curriculum?
- c. ¿Cómo pueden ser usadas las computadoras para facilitar métodos instruccionales dirigidos hacia el dominio? (Refs. 53).
- d. ¿Cómo se pueden mejorar las comunicaciones verticales entre estudiantes, maestros, directores, administradores y consejos superiores para intensificar el crecimiento cognoscitivo y afectivo de todos (Ref. 48).

2. Asignación

- a. ¿Cuáles son los costes/beneficios resultantes de diferentes distribuciones de recursos personales/instruccionales? (Refs. 8,41).
- b. ¿Cuáles son los resultados costes beneficio del aumento de experimentos de laboratorio, de excursiones y/o experiencias de campo? (Refs. 47,72).
- c. ¿Qué razón entre taller y estudio resulta en mayores ganancias?
- d. ¿Qué prácticas de socialización pueden disminuir el sexismo en las escuelas? (Refs. 53,83).