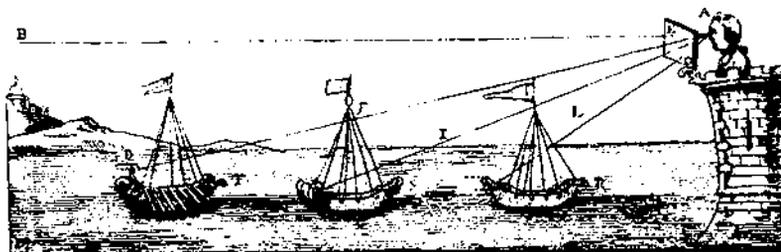


INVESTIGACION



Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

TENDENCIAS EN LA INVESTIGACION SOBRE LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA BIOLOGIA

LUCAS, A.M.

Science Education Unit, Centre for Educational Studies, Kings College (KQC) University of London

(Versión castellana de Maria Claskson)

Trabajo preparado para el 1er. Congreso Internacional de la investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas. Barcelona, 1985.

SUMMARY

In this paper, rather than attempting to review the literature of biological education in an exhaustive way, we try to give a map of the field, to suggest different ways of conceiving biological education research, and to refer to particular studies as illustration.

INTRODUCCION

Es siempre difícil resumir las tendencias observadas en cualquier área de investigación. Existe siempre la tentación de dar más énfasis a los aspectos donde uno o varios colegas trabajan, y denigrar, como sin importancia o de estar meramente de moda, aquellos en que uno no está directamente interesado. Tópicos tan am-

plios como la investigación en la educación biológica son mucho más difíciles de tratar en un corto estudio como el que intento aquí. La biología de por sí, se basa en gran parte en otras ciencias, para su sistema explicativo, para sus técnicas de investigación y aún para su propia formulación de problemas. Cuando un

profesor enseña biología necesita tener en cuenta el entendimiento que los alumnos tienen de conceptos de la física, la química, paleontología y estadística, quienes son fundamentales para explicar los conceptos de la biología. Por ejemplo, es difícil dar un recuento rudimentario de las adaptaciones en los animales del desierto, sin tener conocimiento de la química en el metabolismo de los carbohidratos, de la física en la evaporación y de la estadística en la curva normal. Similarmente, la enseñanza básica de la fotosíntesis requiere un conocimiento de la física, en la absorción y transmisión de la luz, idea de estequiometría y la posibilidad de hacer un test químico para detectar la presencia de productos metabólicos. La investigación en la educación biológica requiere notas cuidadosas del desarrollo en la investigación en la enseñanza de la física y química. Sin embargo, debido al carácter de este encuentro, donde colegas comentan sobre las tendencias en la investigación en la enseñanza de la física y la química, yo me concentraré en la investigación que concierne primariamente con tópicos, quienes la mayoría de investigadores reconocerán estrictamente, como de educación biológica. Pero debe tenerse en cuenta que éste es un subconjunto de la investigación que es necesario leer, si queremos entender el campo de investigación relevante a la educación biológica.

Al discutir este tópico no intentaré revisar de forma exhaustiva los estudios en la educación biológica. Este no es el momento o el lugar para hacerlo. Quiero dar un mapa del campo y sugerir diferentes maneras de concebir la investigación en educación biológica y sólo utilizaré ciertos estudios al ilustrar los puntos a tratar.

1. UN MODELO HEURISTICO

Para empezar, consideramos un modelo sencillo, que pueda guiar la investigación en cualquier disciplina que forme parte del curriculum. Ultimamente, estamos interesados en la relación que hay entre el conocimiento existente en la disciplina, dentro de la comunidad de investigación, y el conocimiento que el estudiante adquiere de la disciplina. Para la biología podemos representar esta relación esquemáticamente así:



Noten que he representado la disciplina de investigación en biología como una dualidad: los métodos (en este caso las técnicas y las fundamentaciones metodológicas de estas técnicas) junto con los conceptos de la disciplina son componentes importantes. Igualmente, yo he incluido conceptos, habilidades (la de usar las técnicas y la de aplicar los conceptos a situaciones nuevas) y actitudes (hacia la materia como área de investigación y hacia el uso de parte de los estudiantes de los conceptos, y habilidades que ellos han obtenido del estudio de la biología) como componentes que debemos incluir en cualquier estudio de la parte del estudiante en esta relación.

La pregunta de «¿Cuál es la relación entre la disciplina de investigación y la experiencia del estudiante?» produce cuestiones viables de investigación que se pueden tratar de varias maneras. Por ejemplo, aspectos importantes pueden salir al comparar la perspectiva implícita de la disciplina en algunos materiales del plan de estudios, con la perspectiva de la disciplina dada por filósofos y sociólogos de la ciencia, método que usé en el estudio del curso de biología australiano, *Web of Life*, (Lucas, 1977). Igualmente, Schwab (1963) comparó textos de biología, y mostró que la materia ofrecida a los alumnos era anticuada.

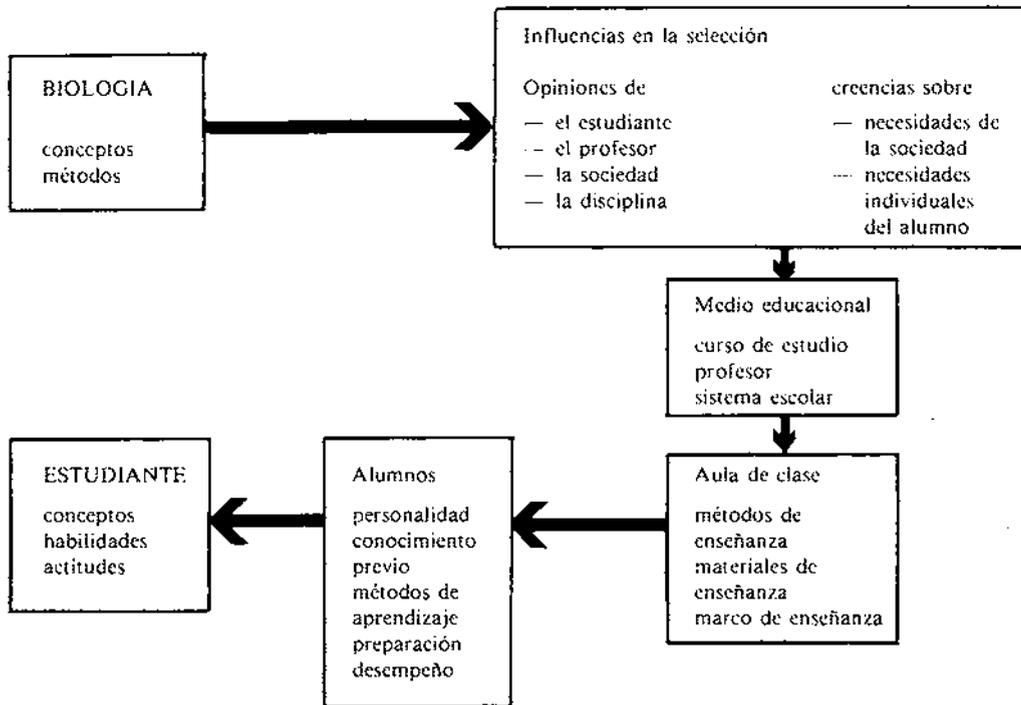
La noción de investigación dentro de la enseñanza de una disciplina, es más que simples comparaciones. Debemos considerar la estructura completa del sistema a través de la cual las ideas de la biología son transmitidas a los estudiantes. Un modelo sencillo de este sistema nos ayudará a identificar otras cuestiones de investigación posibles. Yo describo este modelo en la figura 1. Tomaremos cada casilla en turno y discutiremos sus implicaciones al incluirla en este esquema.

En muchos países el curriculum es implementado por profesores quienes trabajan dentro de un sistema escolar, usando un curso de estudio particular. Las características de los profesores, de un sistema escolar y de un curso de estudio pueden influir en la relación que se desarrolla entre la «biología» de los científicos y la perspectiva que el estudiante tiene. De esta forma el investigador, en educación biológica puede investigar el medio educacional mirando cómo esta relación se ha desarrollado.

Al pensar en posibles investigaciones del medio educacional es importante desmenuzar el sistema de instrucción en dos componentes, las influencias en la selección del contenido que ocurren antes de que el profesor interactúe con sus alumnos y la del aula donde la instrucción toma lugar, aquí yo incluyo cursos de campo, visitas a museos y actividades similares fuera de la escuela.

La biología como disciplina científica contiene muchos más conceptos y especialmente «realidades» que los que cualquier biólogo conoce, y ciertamente más de lo que es razonable para un no-biólogo de tratar de aprender.

figura 1



Debe procederse a una cierta selección, pero no existe un criterio evidente que permita a todos estar de acuerdo sobre los tópicos a incluir en el plan de estudios. La gente toma decisiones basadas en diferentes criterios.

1. La opinión que ellos tengan del estudiante, influirá en lo que se incluye en cada etapa del curso escolar. Si su opinión es que el estudiante se desarrolla conforme a como indica Piaget, entonces se dirá que ciertos tópicos no pueden ser incluidos en el curriculum hasta cuando el estudiante haya llegado a una etapa particular del desarrollo. Shayer y Adey (1981) sugieren, por ejemplo, que es irrealista incluir genética hasta cuando el estudiante haya alcanzado la etapa del pensamiento formal. Si la gente toma otra opinión del estudiante, por ejemplo, basada en Gagné, ellos probablemente considerarán la estructura de una jerarquía de aprendizaje y determinarán qué es lo que el estudiante ya sabe, antes de decidir qué es apropiado para enseñar.

2. Si ellos creen que el profesor es un profesional completamente autónomo, cuya responsabilidad es el de decidir el contenido y el método de los cursos de biología, ellos, como biólogos o teóricos del curriculum tendrán una respuesta diferente que la que darían si creyeran que el deber del profesor es solamente transmitir, usando métodos predeterminados y un contenido aceptado por los expertos. Para una discusión de las implicaciones de un «curriculum a prueba de profesores» vea Zoller y Watson (1974).

res» vea Zoller y Watson (1974).

3. Igualmente, el material que se decida incluir en el curriculum estará influido por el modo como vean la sociedad en la cual ellos viven y trabajan, como una que estimula al individuo a cuestionar y ser responsable, o una que valora la conformidad y aceptación de autoridad. Si creen en la primera, ellos pueden incluir tópicos que son activamente investigados y para los cuales no hay respuestas definitivas. Si creen en la última, ellos tendrán menor inclinación a incluir tópicos en estado incierto y enseñarán de una forma dogmática.

4. Sus opiniones de la filosofía y estructura de la disciplina influenciará cómo y qué se enseña. Si ellos creen que la biología es una ciencia que cabe dentro de la opinión de Sir Karl Popper (ver por ejemplo Popper, (1951)), entonces, describirán, estructurarán la enseñanza y seleccionarán los ejemplos que usan de una manera diferente de la que sería si vieran la biología como una ciencia inductiva, consistente con el recuento ofrecido por Carnap (1962).

Un análisis parecido podrá hacerse del efecto en los cursos que ofrecemos, de nuestras opiniones sobre las necesidades en nuestra sociedad, de lo que los alumnos individualmente necesitan y requieren, de nuestra opinión sobre la importancia relativa de las necesidades presentes y futuras de nuestros alumnos. Estos aspectos no los explicaré con más detalle aquí, ya que el

ejemplo dado anteriormente sobre el efecto de nuestras opiniones de los estudiantes, de los profesores, de la sociedad y de la disciplina misma ilustran la manera en que el análisis va a continuar.

2. INVESTIGACION EN LA EDUCACION BIOLOGICA EN LA ESCUELA

Al usar este modelo para guiar nuestras ideas, podemos resumir los tipos de cuestiones de investigación que pueden informar nuestro entendimiento de la enseñanza y aprendizaje de biología dentro de los sistemas escolares. En la tabla 1, yo enumero, algunas preguntas amplias que podrían haberse derivado de este análisis, su-

giero los métodos de investigación apropiados y doy ejemplos de investigaciones relevantes. No implico ningún juicio sobre la calidad de la investigación citada, me he interesado más en dar un ejemplo que en dar el mejor ejemplo.

La tabla intenta ilustrar la gama de cuestiones investigativas que pueden aparecer al considerar el modelo. Un punto importante a notar es que el enfatizar diferentes aspectos del modelo conduce a diferentes cuestiones investigativas que requieren métodos de investigación específicos.

Cada cuestión y método de investigación merecen comentarse, porque tienen diferentes implicaciones y varían en la generalización de sus resultados. Compara-

Tabla 1

Ejemplos de temas de investigación sobre la educación biológica en escuelas.

Cuestión	Métodos de investigación	Ejemplos
¿Qué efectivos son diferentes -cursos? -métodos de enseñar?	"Experimentos"	Leonard (1983) Holliday (1983)
¿Qué opinión de la biología se encuentra en los materiales de curso?	Filosófico y de análisis de contenido	Lucas (1977) Skoog (1984)
¿Qué fuerzas influncian el curriculum?	Estudios históricos y sociológicos	Waring (1979) Lucas (1980)
En las clases de biología ¿Qué pasa? ¿Cómo responden los alumnos a los estilos de enseñanza? ¿Qué afecta el desempeño de los alumnos?	Observaciones Catálogos y Códigos Cuestionarios Tests Encuestas Experimentos	Ogunniyi (1984) Haukoos y Penick (1983) Otto y Schuck (1983) Tamir (1983) Burkman et al (1982)
¿Qué efecto tiene el parrear el profesor con la personalidad del alumno?	Correlacional Experimental Encuestas y Tests	Jolly y Strawitz (1984)
¿Cómo procesan información los alumnos?	Entrevistas Observaciones Tests	Jungwirth (1983) Dunn et al (1982)
¿Que comprensión tienen los alumnos de conceptos biológicos?	Entrevistas exploratorias Tests de respuesta abierta	Mintzes (1984) Clement et al (1983)
¿Cómo las ideas existentes interactuan con la enseñanza escolar?	Observación medidas discretas entrevistas	Bell y Barker (1982) Simpson y Arnold (1982)

ciones de cursos particulares, profesores y hasta cierto punto, de estilos de enseñanza son considerados más como estudios de evaluación, que estrictamente de investigación. Las respuestas que ofrecen son dependientes del contexto, hasta el punto que hay muy poco que se pueda generalizar de sus resultados. Un estudio que realicé hace ya bastante tiempo (Lucas, 1969) cae dentro de esta categoría. La cuestión específica era de si los alumnos que estudiaron el nuevo curso *Web of life* podrían generalizar la habilidad analítica más allá del contexto en el que fueron enseñados. Se sugirió que la enseñanza de estos objetivos «libres de contenido» ha sido exitosa, pero no se puede decir más que este curso en particular hizo algún progreso en esta área; las características del curso responsable del éxito no han sido aisladas y examinadas a través de otros contextos. Pero, por otra parte, resultados como éstos pueden conducir a acción en el curso en particular. Por ejemplo, en este estudio se mostró que los alumnos minusvaloraban resultados conseguidos por los biólogos, prefiriendo confiar únicamente en los que ellos obtuvieron. En la segunda edición del texto, teniendo en cuenta lo anterior, se aseguró que los alumnos conocieran el papel de la literatura científica en el desarrollo de la ciencia.

Igualmente, estudios analíticos de cursos tienen una validez de tiempo. Claramente un análisis del tipo que Schwab hizo al empezar el *Biological Sciences Curriculum Study*, no hubiera mostrado la disparidad que él encontró si éste hubiera sido hecho 25 años antes. La disparidad hubiera sido diferente si hubiera sido hecho ahora, trabajos recientes en biología molecular no estarían representados.

Estudios como el de Waring (1975, 1979), que exploran las fuerzas que influyeron en el desarrollo de los cursos Nuffield en Gran Bretaña, ayudan bastante a explicar lo enigmático de las características de un curriculum en particular, pero no es claro si tal comprensión puede usarse para ayudar a planear otros cursos en circunstancias diferentes. Aunque estos estudios son explicativos, se puede predecir poco de ellos.

Si nos dirigimos a estudios de procesos en el aula, entraremos en un área donde se pueden hacer pronósticos. Hacker (1984) ha podido extender casi como pronóstico los estudios empezados por Eggleston, Galton, y Jones (1976) los cuales mostraban diferencias estables entre los estilos de enseñanza de profesores de biología y profesores de otras ciencias. El estudio de Hacker ha mostrado que este patrón ocurre en las aulas en Gran Bretaña, Canadá y Australia. Es sin embargo difícil aislar variables de interés y cuando un estudio detallado de las aulas escolares se hace (incluyendo variables como estilo de enseñar, personalidad del alumno y preferencia cognoscitiva, como también observaciones en el aula), nosotros encontramos los resultados tan complejos, que es casi imposible ponerlos en acción. Theobald (1977, 1978), por ejemplo, midió va-

rios atributos en su estudio de regresión múltiple de una gama de resultados en clase de biología en Australia. El resume sus resultados de la manera siguiente:

Una habilidad general, una disposición intelectual y mentalidad abierta, contribuyó a «Opiniones acerca de aprender biología» favorables. Habilidad general y una disposición intelectual contribuyó a favorables «Opiniones sobre la biología como un proceso» y en base a este criterio la enseñanza centrada en el individuo era mejor para estudiantes dogmáticos con preferencia cognoscitiva por la teoría. La diferencia de resultados en «Opiniones sobre científicos» parece ser básicamente una función de un punto de vista prudente y convergente y, una disposición intelectual. Una habilidad general y disposición intelectual produjo altas puntuaciones en tareas de memorizar en biología, según este criterio la enseñanza centrada en el aula es mucho mejor para estudiantes de mentalidad abierta y con preferencia cognoscitiva por aprender de memoria, y la enseñanza centrada en el individuo es mejor para estudiantes dogmáticos y aquellos de preferencia cognoscitiva por principios. En un test que evalúa el conocimiento alcanzado, que muestra altos procesos cognoscitivos, una alta habilidad general, mentalidad abierta y una personalidad prudente, son ventajosas y, la enseñanza centrada en el individuo es mejor que la enseñanza de clase, para todos menos para aquellos estudiantes con una alta disposición intelectual. (1977; vii).

¿Qué puede hacer el profesor de una clase grande de alumnos con combinaciones únicas, de personalidad, habilidad, y preferencias cognoscitivas, cuando se trata de lograr diferentes objetivos? Los resultados son probablemente demasiado complejos para poder servir de guía al profesor, sin embargo se estaría simplificando indebidamente si no se toman estos factores en cuenta.

Aunque fuera posible producir una simplificación adecuada de los estudios sobre los efectos de las variables de personalidad en la enseñanza, los resultados de tales estudios serían difíciles de usar, usarlos implicaría que nosotros seleccionamos nuestros alumnos por características de personalidad, o que nosotros cambiamos sus personalidades de tal manera que ellos aprenderán mejor la biología. Esto no sería ético, práctico, e imposible por definición! Sin embargo tales estudios aún se llevan a cabo. (ver referencias en la tabla 1).

Hasta el momento ninguna de las cuestiones que he considerado concierne a cómo el estudiante procesa la información en el aula de clase. Estudios tales podrían dar información muy útil de maneras lucrativas de presentar la información a los alumnos. Hay pocos estudios de este tipo, que yo conozca, si bien algunas de las cuestiones consideradas por el Assessment of Performance Unit en Inglaterra se le aproximan. Por ejemplo, en los estudios de cómo los alumnos planean y desarrollan sus investigaciones, usando preguntas que requieren que el alumno investigue los efectos de la luz

y la humedad en el comportamiento de la cochinilla (*Armadillidium ssp.*) se toman notas de cómo el alumno enfoca el problema y es posible formarse una idea de los medios como ellos procesan la información que se les da (ver Gran Bretaña, Department of Education and Science, 1983).

En comparación con la física y la química, es sorprendente que tan pocos conceptos biológicos hayan sido investigados desde el punto de vista de la comprensión que los alumnos traen al estudio de la biología. Los contribuidores a una colección reciente editada por Driver, Guesne y Tiberghien (1985) reseñan una publicación extensa de ideas sobre la luz, electricidad en circuitos simples, calor, temperatura, fuerza y movimiento, el estado gaseoso, particularmente la naturaleza de la materia, la conservación de la materia y la Tierra como un cuerpo cósmico. Si ellos hubieran tratado de incluir tópicos biológicos, ellos hubieran encontrado pocos estudios sobre la naturaleza de la vida, por ejemplo, Lucas, Linke, y Sedgwick (1979), Brumby, (1982); sobre genética (Stewart, (1983), Stuart (1985); sobre nutrición de las plantas (Bell y Brook, (1984). En la mayoría de estas áreas no hay suficiente material publicado para justificar una reseña como la preparada para las ciencias físicas. Esto es posible porque es mucho más difícil preparar una situación biológica que se pueda investigar: un circuito eléctrico es más fácil de organizar que un cruce genético. También puede ser porque las explicaciones de la mayoría de estos fenómenos requieren recurrir a contextos físicos o químicos, de forma que los investigadores están primeramente concentrados en entender estos simples conceptos. Cualquiera que sea la causa, la gran falta de información biológica en un «marco alternativo» de publicaciones hechas desde este trabajo pueden ser aplicadas demasiado pronto a conceptos biológicos. Existe la posibilidad de que ideas de sistemas complejos como «ecosistemas», «nutrición humana», «evolución», «genética» y «mutación» no sigan el mismo patrón sugerido por las ciencias físicas. Debemos ser cautelosos al extrapolar. Pero el trabajo de las ciencias físicas sugiere que tenemos mucho que ganar de esos estudios. Los profesores nunca más podrán tratar a sus alumnos como recipientes vacíos para ser llenados con la ideas correctas y tendrán que plantearse que sus métodos de enseñanza pueden estar reforzando ideas erradas.

3. FUENTES INFORMALES DE APRENDIZAJE

El modelo mostrado en la figura 1 es claramente incompleto. Ignora las fuentes de aprendizaje que tienen lugar fuera del control de la escuela, durante los años en que los niños están en la escuela como de antes y después de esta etapa de sus vidas. Yo he propuesto (Lucas, 1983) que es importante recordar que en materias como las ciencias, con continuo aumento de «hechos» y la formulación e invención de ideas, la escuela no puede proveer todo el conocimiento al que cada ciu-

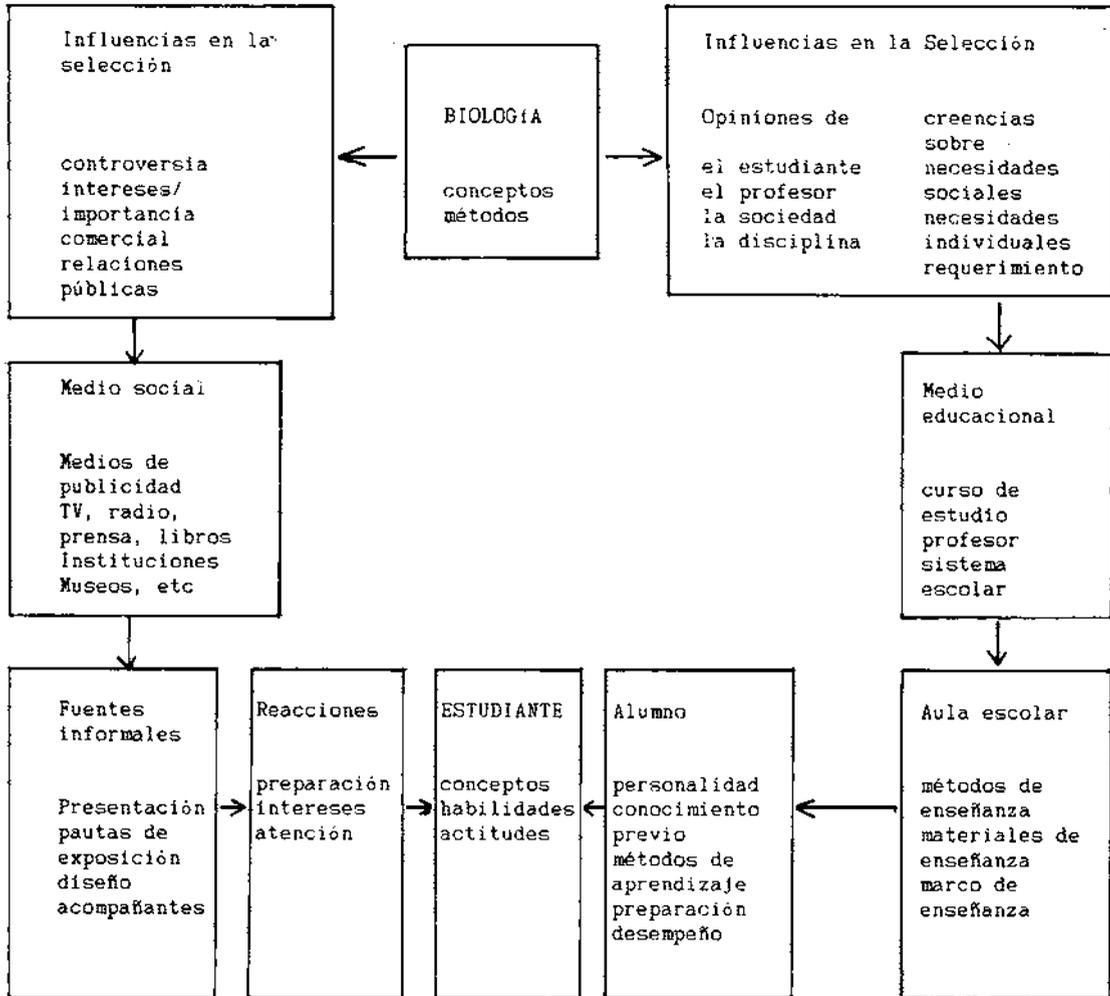
dadano debe tener acceso en el curso de su vida. Un ejemplo trivial puede ilustrar este punto: cuando yo estaba en la escuela, los humanos teníamos 48 cromosomas, ahora tenemos solo 46! Seriamente, si una de nuestras razones para que los ciudadanos estudien ciencias es para que tomen parte en las decisiones importantes en los programas de ciencias, es importante que aquellos que participan estén bien informados. Para estar bien informados ellos se fían necesariamente de fuentes informales de aprendizaje de la ciencia. El modelo usado para obtener el tipo de cuestiones de investigación posibles en la investigación de la enseñanza de biología, en el contexto de enseñanza formal, puede ser desarrollado en una forma paralela que incluya fuentes informales de aprendizaje. La figura 2 añade las fuentes informales de aprendizaje a mi modelo heurístico.

En esta sección no entraré a explicar las cuestiones con el detalle dado en la sección previa. No porque sea de menor importancia sino porque las he obtenido de forma similar al método usado en la sección previa. Igualmente, no discutiré detalladamente el método de investigación empleado.

Los aspectos concernientes con las influencias en seleccionar son similares a aquellos en el curriculum formal y toman la forma de ¿Qué factores determinarán los tópicos biológicos a ser presentados en los periódicos, discutidos en la televisión, los programas de radio, presentados en exhibiciones, y fondo de la narrativa de ficción? Silverstone (1985) discute asuntos como éstos en su estudio de la elaboración del programa de la BBC *Horizon* sobre las consecuencias sociales de la «revolución verde» emanada de la aplicación de genética e investigación agrícola.

Si miramos a los factores que intervienen entre la presentación que hacen los medios de información públicos y la comprensión del estudiante, es necesario incluir cosas tales como los factores que afectan la selección de temas a seguir, la percepción de la información contenida en exhibición o en otras fuentes, y la forma en que las personas interactúan con esas fuentes, que de alguna manera le llaman su atención. Nosotros necesitamos entender ambos niveles, a un nivel académico y a un nivel práctico, —de interés para quienes toman las decisiones de política educativa y quienes imparten la educación informal de las ciencias— qué aspectos de la exhibición son recordados, qué papel juegan los acompañantes en interpretar el mensaje y en seleccionar los detalles a investigar y tal vez de manera más importante, cómo la educación formal puede contribuir a desarrollar habilidades para usar las fuentes de educación informal que están en toda sociedad. Hay pocos estudios para citar en esta etapa, pero nosotros hemos empezado a recoger información de museos biológicos (por ejemplo, Griggs, 1983; McManus, 1985) y también de fuentes en la comunidad (John Falk, Smithsonian Institution, Office of Educational Research, Washington, personal comuni-

figura 2



cation, 1985) que complementarán estudios del impacto de la televisión y la prensa reseñados por Lucas (1983) y Grunig (1980).

Hay libros preocupados con la presentación informal de la ciencia que toman en cuenta lo que ya nosotros sabemos sobre el impacto de las características del diseño, composición, el entendimiento que los lectores tienen de las pautas de exposición, como también la experiencia acumulada de profesionales. Miles et al hicieron este trabajo para museos y Gastel (1983) aconseja a los científicos cómo presentar sus trabajos en la prensa, radio y la televisión. Pero esto es sólo un comienzo ya que todavía existe mucho folklore y sabiduría convencional en estas áreas, aun comparadas con la enseñanza formal donde estamos bastante lejos de entender la complejidad de las interacciones que se dan en las aulas de clase.

4. TENDENCIAS EN LOS TEMAS DE INVESTIGACION

Hasta este momento no me he dirigido directamente a la pregunta que se me pidió considerar: ¿Cuáles son las tendencias dadas en la investigación de la enseñanza de la biología? Para hacerlo se requiere analizar períodos históricos, comparando los temas cubiertos en la literatura de investigación con una muestra de algunos años. Para hacer esto yo he usado una fuente secundaria de datos, el *Current Index to Journals in Education* serie de índices y resúmenes preparado por el Educational Resources Information Centre (ERIC) en los Estados Unidos. Hay un sesgo en esta información, ya que es dominada por trabajos norteamericanos, aunque incluye la mayoría de publicaciones en inglés, pero no cubre publicaciones de Europa oriental o de Asia.

Es sin embargo una fuente que usa una terminología constante desde 1966, cuando se publicó por primera vez, conozco sus idiosincrasias, ya que pasé casi tres años como analista de información preparando resúmenes a incluir en su colección de datos. Para obtener la bibliografía a usar en diferenciar las tendencias dadas, organicé un registro por computador de los datos en el CIJE. El segundo sesgo fue introducido en esta etapa. Como uno de los términos a buscar yo usé *biología* no un agregado de términos estrictos como *genética, ecología o botánica*. Al clasificar se usaba un término amplio y uno estricto, este sesgo da como resultado que gran parte, pero no todos de los temas relevantes son seleccionados de los datos. Hubo solo 144 artículos de revistas clasificados ambos como *biología e investigación en la enseñanza de las ciencias* entre 1966 y Junio de 1985. Esta cifra no es suficiente para hacer un estudio serio de las tendencias presentadas, ya que hay solo un promedio de 7 artículos por año para considerar.

En lugar de un análisis de las tendencias presentadas a través del tiempo, la tabla 2 presenta una clasifica-

ción de los 81 estudios que son estrictamente de investigación en la enseñanza de biología, son seleccionados de los 100 artículos más recientes incluidos en la bibliografía preparada del CIJE. Los artículos excluidos incluyen aquellos donde estudiantes de biología han sido usados para estudios que normalmente no tienen la rúbrica de «investigación de la enseñanza de la biología». Por ejemplo, en un estudio una clase de biología fue usada para el estudio de reacciones a la ciencia ficción, pero «biología» sólo sirvió para identificar la población usada en el estudio.

La tabla indica un predominio de comparaciones entre métodos de enseñar y características de los profesores. De acuerdo con mi análisis anterior esto quiere decir que casi 40% de los estudios están concentrados en una área relativamente pequeña de mi modelo. Yo creo que este tipo de estudio, especialmente la comparación experimental entre dos métodos de enseñanza no es un área productiva para continuar concentrando nuestro esfuerzo investigativo. «Los métodos de enseñar» son raramente puros, y como ha mostrado el estudio de Theobald, los resultados son afectados por

Tabla II
Categorización de estudios de investigación recientes

Tipo de estudio	Método de investigación					Total	(1) Observación/descripción (2) Análisis de textos (3) Entrevistas y encuestas (4) Experimentos (5) Estudios de evaluación
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
Conceptos específicos (comprensión de los estudiantes)	4	1		1		6	
Métodos de enseñanza	3		2	10	2	17	
Comparaciones de cursos	4	2		1		7	
nivel general de éxito			2			2	
Características del alumno	5		2			7	
Características del profesor	3	1	10			14	
Eventos en el aula de clase	4			2		6	
Métodos de examinar	1	1			5	7	
Actitudes	4					4	
Fuera de la escuela	1			1		2	
Total	34	5	20	15	7	81	

la valoración de las conclusiones y la interacción entre la personalidad del profesor y la de los alumnos. Aunque aun produjeran resultados útiles yo no creo que tal concentración de esfuerzo es deseable.

Yo creo que se le debe dar más atención a la esfera del estudiante, describiendo las ideas que los alumnos traen a su trabajo escolar de otras fuentes, la forma en que ellos usan ideas en contextos diferentes (por ejemplo, ¿Es lo sugerido por Solomón (1983) que los alumnos operen en dos campos, aplicable a conceptos en biología, o es restringido a «energía» en un contexto de la física?), la fuente de esas ideas (por ejemplo ¿cuál es la influencia de los comerciales de televisión o de la ciencia ficción?), y la manera en que los estudiantes manejan los complejos conceptos de segundo orden que caracterizan en gran parte la biología. Debemos investigar estrategias para ayudar a los alumnos a ser responsables de su propio aprendizaje, en ambos sistemas, en el formal de la escuela y en sus vidas por fuera de la escuela. Para ayudar necesitamos explorar simultáneamente materiales alternativos de enseñanza, estrategias en el aula y la presentación de la ciencia fuera del aula de clase.

Finalmente, hay que recordar que en la introducción de este trabajo comenté que la biología requiere un en-

tendimiento de los conceptos de la física y la química, antes de poder entender los propios de la biología. Por consiguiente yo creo que la investigación en la enseñanza de biología requiere estar unida a la investigación en otras disciplinas científicas. Necesitamos saber cómo los conceptos de energía, de óptica, de unión química, son entendidos y usados en contexto biológico de recolección de energía, via fotosíntesis, la fisiología del ojo y la respiración celular. Igualmente, debe ser lo mismo, para otros tópicos importantes de biología que se enseñan en nuestras escuelas. Resumiendo, no debemos permitir la investigación en la enseñanza de la biología desarrollarse aisladamente de los estudios en la enseñanza de la física y la química, no solamente debemos usar sus resultados: existe la necesidad de colaboración en la investigación en la enseñanza de las ciencias.

Agradecimientos

Deseo agradecer a Mrs Maria Claskson la traducción de este trabajo y al profesor V. Gavidia por su ayuda en la preparación de las figuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BELL B. and BARKER M., 1982. Towards a scientific concept of «animal». *Journal of Biological Education*, 16, 197-200.
- BELL B. and BROOK A., 1984. *Aspects of secondary students' understanding of plant nutrition*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- BRUMBY M.N., 1982. Students' perception of the concept of life, *Science Education*, 66, 613-622.
- BRUMBY M.N., 1984. Misconceptions about the nature of natural selection by medical students. *Science Education* 68, 493-503.
- BURKMAN E., BREZIN M. and GRIFFIN P., 1982. Simultaneous effects of allowed time, teaching method, ability and student assessment of treatment on achievement in a high school biology course (ISIS). *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 775-87.
- CARNAP R., 1962. The aim of inductive logic. In E. Nagel, P. Suppes, and A. Tarski (eds.) *Logic, methodology and philosophy of science*. Stanford University Press, Stanford, 303-318.
- CLEMENT P., SERVERIN J.L. and LUCIANI A., 1983. Les representations en biologie et les objectifs de la pédagogie: digerer ou regurgiter? In A. Giordan and J.L. Martinand (eds) *Quels types de recherche pour renover l'education en sciences experimentales?* (5^o Journée Internationales sur l'education scientifique. Centre Jean Franco, Chamonix), 461-469.
- DEADMAN J.A. and KELLY P.J., 1978. What do secondary schoolboys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12, 7-15.
- DRIVER R., GUESNE E. and TIBERGHEIN A., (Eds.). 1985. *Children's ideas in science* Open University Press, Milton Keynes.
- DUNN R., CAVANAUGH D.P., EBERLE B.M. and ZENHAUSER R., 1982. Hemispheric preference: the newest element of learning style. *American Biology Teacher*, 44, 291-94.
- EGGLESTON J.F., GALTON M.J. and JONES M.E., 1976. *Processes and products of science teaching*. Macmillan Education, London.
- GASTEL B., 1983. *Presenting science to the public*. ISI Press, Philadelphia.
- GREAT BRITAIN, DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE, ASSESSMENT OF PERFORMANCE UNIT, 1983. *Science in schools*. Age 11: Report N° 2, HMSO, London.
- GRIGGS S.A., 1983. Orienting visitors within a thematic display. *International Journal of Museum Management and*

- Curatorship 2, 119-134.
- GRUNIG J.E., 1980. Communication of scientific information to non-scientists. In B. Dervin and M.J. Voigt, (eds). *Progress in communication sciences*, (Ablex Publishing, Norwood, N.J.). 167-214.
- JOLLY P.E. and STRAWITZ B.M., 1984. Teacher-student cognitive style and achievement in biology. *Science Education*, 6, 153-167.
- HACKER, R.G., 1984. A typology of approaches to science teaching in schools. *European Journal of Science Education*, 6: 153-167.
- HAUKOOS G.D. and PENICK J.E., 1983. The influence of classroom climate on science process and content achievement of community college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 629-637.
- HOLLIDAY W.G., 1983. Overprompting science students using adjunct study questions. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 195-201.
- JUNGWIRTH E., 1983. Consistency across methods of observation—an in-depth study of the cognitive preference test. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 511-519.
- LEONARD W.H., 1983. An experimental study of a BSCS-style laboratory approach for university general biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 807-813.
- LUCAS A.M., 1969. The effect of teaching for content free objectives in BSCS biology. *Australian Science Teachers Journal*, 15 (1): 51-57.
- LUCAS A.M., 1977. Should «science» be studied in science courses? *Australian Science Teachers Journal*, 23 (2): 31-37.
- LUCAS A.M., 1980. The development of a curriculum monopoly in Australian schools: *Biological science: the web of life*. 1. Origins and spread. *Journal of Biological Education*, 14, 15-28.
- LUCAS A.M., 1983. Scientific literacy and informal learning. *Studies in Science Education*, 10, 1-36.
- LUCAS A.M., LINKE R.D. and SEDGWICK P.P., 1979. Schoolchildren's criteria for «alive»: a content analysis approach. *Journal of Psychology*, 103, 103-112.
- MCMANUS P.A., 1985. Worksheet induced behaviour in the British Museum (Natural History). *Journal of Biological Education*, 19, 237-242.
- MILES R.S., (compiler), 1982. *The design of educational exhibits*. Allen and Unwin, London.
- MINTZES J.L., 1984. Naive theories in biology: children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84, 548-555.
- OGUNNIYI M.B., 1984. An investigation on the nature of verbal behaviors in science lessons. *Science Education*, 68, 595-601.
- OTTO P.B. and SCHUCK R.F., 1983. The effect of a teacher questioning strategy training program on teaching behaviour, student achievement, and retention. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 521-528.
- POPPER K.R., 1959. *The logic of scientific discovery*. Hutchinson, London.
- SCHWAB J.J., (supervisor), 1963. *Biology teachers' handbook*. John Wiley and Sons, New York.
- SHAYER M. and ADEY P., 1981. *Towards a science of science teaching*. Heinemann Educational, London.
- SILVERSTONE R., 1985. *Framing science: the making of a BBC documentary*. British Film Institute, London.
- SIMPSON M. and ARNOLD B., 1982. Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of Biological Education*, 16, 65-72.
- SKOOG G., 1984. The coverage of evolution in high school biology textbooks published in the 1980s. *Science Education*, 68, 117-128.
- SOLOMON J., 1983. Learning about energy; how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5, 49-59.
- STEWART J.H., 1982. Difficulties experienced by high school students when learning basic Mendelian genetics. *American Biology Teacher*, 44, 80-84.
- STUART H.A., 1985. Should concept maps be scored numerically? *European Journal of Science Education*, 7, 73-82.
- TAMIR P., 1983. A comparison of biology teaching in junior and senior high schools in Israel. *Journal of Biological Education*, 17, 65-71.
- THEOBALD J.H., 1977. Attitudes and achievement in biology: an investigation of the effects of students attributes and teaching styles on attitudes and achievement in secondary biology, PhD Thesis, Monash University.
- THEOBALD J.H., 1978. Individualization—a complex problem often over—simplified. *Australian Science Teachers Journal*, 24 (3), 55-60.
- WARING M., 1975. Aspects of the dynamics of curriculum reform in secondary school science. PhD thesis, Chelsea College, University of London.
- WARING M., 1979. *Social pressures and curriculum innovation*. Methuen, London.
- ZOLLER V. and WATSON F.G., 1974. Teacher training for the «second generation» of science curricula: the curriculum proof teacher. *Science Education*, 58, 93-103.