

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN FÍSICA Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.

(PRIMERA PARTE: REVISIÓN DE ESTUDIOS Y FUNDAMENTOS)

TESIS DOCTORAL: ZULMA GANGOSO⁽¹⁾

DIRECTOR DE TESIS: DR. MARCO ANTONIO MOREIRA⁽²⁾

⁽¹⁾ Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

⁽²⁾ Instituto de Física. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Brasil.

RESUMEN

Se presenta la primera parte de una síntesis de la tesis doctoral "Resolución de Problemas en Física y Aprendizaje significativo", estudio realizado para reunir dos procesos fundamentales en la enseñanza de la física: la resolución de problemas y el aprendizaje significativo.

El eje del trabajo está en diseñar estrategias de enseñanza en resolución de problemas que recojan resultados relevantes de investigación en el área. Implementadas y evaluadas, incorporarlas a un diseño curricular, de modo que la persona que aprende construya aprendizajes significativos.

La síntesis se ha organizado en dos partes pretendiendo recoger los aspectos relevantes de los fundamentos y de los desarrollos de experiencias respectivamente. En esta primera parte, que corresponde a la fundamentación se presenta:

A- Introducción y planteo del problema.

B- Revisión de investigaciones en resolución de problemas en física y un criterio para clasificarlas.

C- Definición de lineamientos teóricos y eje de la propuesta.

La segunda parte presentará la descripción de las experiencias desarrolladas, conclusiones y perspectivas.

ABSTRACT

This work is the first part of a research presented at the Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, to obtain the Doctor Degree in Physics.

The main idea presented here is to propose teaching strategies to solve problems that take into account the main results of research done in this area. These results, after implementation and evaluation, are to be incorporated to the curriculum in such a way that the students can construct meaningful learning.

A- INTRODUCCIÓN Y PLANTEO DEL PROBLEMA.

Los inicios de este trabajo, deben buscarse en la preocupación de un profesor de física que ve a la resolución de problemas como una actividad

de múltiples facetas. Por un lado es altamente valorada por sus pares y especialistas en física, por otro, una tarea que la mayoría de las veces es

fuertemente rechazada por los alumnos; pero que agrega una característica muy desalentadora para su propia labor de enseñante: en los casos de fracaso, no conoce cuáles son los caminos más idóneos para guiar a sus alumnos en la mejora de sus resultados.

¿Cómo se mejoran los resultados en la resolución de problemas en física? ¿Cuál es el rol de los conceptos en el proceso de resolución? ¿Cómo influye el aprendizaje de procedimientos? ¿Tienen las herramientas matemáticas, una importancia decisiva en la performance? ¿Cómo se ayuda a un alumno a mejorar sus producciones? ¿Es posible dar orientaciones al menos generales a los profesores? ¿Cómo se explica que una actividad en la que existen pocos avances, sea mayoritariamente usada como instrumento de evaluación? ¿Es la resolución de problemas, su manera de abordarla y sus resultados en la escuela media, una de las causas del rechazo de los alumnos hacia la física? ¿Cuál es el rol de los enunciados en la representación de los estudiantes? ¿Es posible fundamentar teóricamente las orientaciones didácticas en esta área para no actuar por ensayo y error? ¿Es el tipo de razonamiento favorecido en la resolución de problemas, transferible a la vida cotidiana o viceversa?

Estas son algunas de las preguntas generales que dieron origen a este estudio. Lamentablemente no daremos respuesta a la mayor parte de ellas, pero han sido enormemente útiles en el proceso de búsqueda para acotar y definir nuestra tarea.

A lo largo del trabajo pretendemos mostrar que las preguntas anteriores, son formuladas por miembros de un heterogéneo colectivo. Diferentes facetas del tema son objeto de preocupación por parte de profesores, epistemólogos, psicólogos, especialistas disciplinares, lingüistas, sociólogos, diseñadores de curriculum, investigadores en aprendizaje en diversas disciplinas, etc. Aún cuando en casi todos subyace la idea de obtener resultados que, en el mediano o largo plazo, mejoren el desempeño de sujetos ante problemas, con tan variado grupo abocado al asunto, resulta natural aceptar que cada uno de ellos se plantee preguntas diversas, y busque las respuestas desde marcos diferentes.

Otra categoría de preguntas que están también en la raíz de este estudio, se refieren al aprendizaje significativo. Así como ningún profesor de física, dejaría de destacar la resolución

de problemas como un componente importante del aprendizaje de su asignatura, ninguno de ellos dejaría de pretender que tal aprendizaje sea significativo.

Aprendizaje significativo, como sugiere el propio nombre, es aquél en el cual el alumno da significado a lo que aprende, en vez de almacenar arbitraria y literalmente el conocimiento, lo que sucede generalmente por un período apenas suficiente para "pasar la prueba".

En el aprendizaje significativo, el significado se da por la interacción entre el nuevo conocimiento y aquellos que ya existen, con estabilidad y claridad, en la estructura cognitiva del que aprende. En este proceso, la incorporación del nuevo conocimiento a la estructura cognitiva del aprendiz, no es arbitraria ni literal.

¿Cómo tener evidencia de que un aprendizaje ha sido significativo?

La resolución independiente de problemas es a menudo la única manera factible de probar si los estudiantes en realidad comprendieron significativamente. Ausubel, 1963, en Ausubel, Novak y Hanesian, 1991, pág. 137.

Juntamos entonces dos aspectos fundamentales en la enseñanza de la física, tanto desde el punto de vista de la propia disciplina como desde una perspectiva cognitiva del aprendizaje: resolución de problemas y aprendizaje significativo y viceversa.

Al unir esto la cantidad de preguntas aumenta en lugar de disminuir y una nueva cuestión aparece crucial:

- ¿Cómo conducir las actividades de resolución de problemas en física de modo que resulte un aprendizaje significativo y, al mismo tiempo, lo evidencien?

- ¿Qué ajustes son necesarios en el diseño curricular, cuando se pretende incorporar resultados de investigación a la estrategia de enseñanza en resolución de problemas a la vez que mantener el objetivo de aprendizaje significativo?

Precisamente éste es el foco de este trabajo: La resolución de problemas, por parte de alumnos de los últimos cursos de escuela media, en aulas de física, que incorpore resultados de investigación reciente y con vistas a un aprendizaje significativo.

B- REVISIÓN DE ESTUDIOS Y UN CRITERIO PARA CATEGORIZARLOS.

De modo general, si aceptamos que la resolución de un problema está estrechamente vinculada al proceso de pensamiento, resulta claro que la posición sea fuertemente dependiente de la corriente psicológica dominante. Se advierte también que los instrumentos usados en la investigación son, en general, fuertemente dependientes de las posiciones anteriores.

Para esta revisión, adoptamos una categorización que pretende recoger, de manera general, las principales diferencias entre supuestos básicos y métodos de investigación que hayan incidido en la concepción de problema y proceso de solución. No perdemos de vista que nuestro interés se centra especialmente en la solución de problemas en física, relacionados con la instrucción formal. En cada ítem propuesto se dan características muy generales de la corriente psicológica, resaltando sólo aspectos que puedan incidir en el tema que nos ocupa. Sobre esa base hemos separados los desarrollos según:

1. Psicologías conductistas.
2. Psicología de la Gestalt.
3. Psicologías Cognitivas: pragmáticos y constructivistas.

B.1. LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL MARCO DE PSICOLOGÍAS CONDUCTISTAS.

No se pretende establecer una definición del conductismo la que es asumida como difícil por los propios especialistas del área. De modo general y atendiendo los objetivos de este trabajo, se lo puede caracterizar como un movimiento generado en la segunda década de este siglo que surge como respuesta al subjetivismo y al abuso del método introspectivo. Un movimiento basado en los estudios de aprendizaje mediante condicionamiento que considera innecesario el estudio de los procesos mentales superiores para la comprensión de la conducta humana. Se puede hablar de un conductismo radical que niega la existencia de la conciencia y de un conductismo metodológico, que si bien no la niega, descrea que pueda estudiársela por métodos objetivos es decir, a través de índices conductuales.

El núcleo central del programa conductista es su concepción *asociacionista* del conocimiento y del aprendizaje. Toda conducta por compleja que sea, es reducible a una serie de asociaciones

entre elementos simples. En esta visión, el conocimiento humano está constituido exclusivamente de impresiones e ideas. Las impresiones son los datos primitivos recibidos a través de los sentidos y las ideas son las copias que recoge la mente de esas impresiones.

Esta posición trae algunas consecuencias directas a la teoría psicológica. Entre ellas interesa destacar el *principio de correspondencia*. Según éste, cualquier variable que se defina para los procesos mentales ha de ser isomorfa con las variables observables. En los primeros tiempos los conductistas definieron *aprendizaje como cambio de conducta*. Otro rasgo coherente con la posición asociacionista es la *equipotencialidad*. Las leyes del aprendizaje son igualmente aplicables a todos los contextos, especies e individuos. Para mantener esto será necesario sostener la idea de la *tábula rasa*. Aprender es tomar algo del entorno e incorporarlo sin modificación alguna al depósito individual de saberes.

Se desprende casi naturalmente de lo anterior, que en este marco el proceso de resolución de problemas es la respuesta y su mecanismo de selección asociado. Los trabajos de esta época, son esencialmente instruccionales y están orientados a la búsqueda de pasos o etapas en la resolución que permitan el entrenamiento. El pensamiento es concebido en término de estímulos-respuestas.

En este marco, la instrucción consiste en la solución de un "problema tipo" el que se ejercita con problemas similares. La dificultad básica no está en transferir a situaciones diferentes sino que radica, en primer lugar, en el reconocimiento del "estímulo" por parte de quien resuelve, reconocimiento que muchas veces se identifica con el hallazgo de la expresión matemática a utilizar. Claramente cuanto más ejercicios refuerzan la asociación correcta mayor será la probabilidad de acierto.

La visión conductista se refleja no sólo en el tipo de actividad propuesta y su forma de abordarla sino también en la manera de evaluar su resolución. Una vez identificada correctamente (o no) la expresión matemática, es ésta la que guía la solución, de aquí que las dificultades algebraicas suelen determinar el fracaso.

Se han desarrollado diversos programas de instrucción en resolución de problemas, basados en su mayoría en la imitación y el entrenamiento.

B.2. LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL MARCO DE LA GESTALT.

A principios de siglo, el fracaso de estudios analíticos de la conciencia mediante introspección era claro tanto en América como en Europa, pero las respuestas fueron absolutamente diferentes. Mientras la psicología americana responde con una profundización de las ideas asociacionistas dando lugar al conductismo, en Alemania se opta por continuar estudiando procesos mentales superiores dejando de lado el asociacionismo. Se desarrolla así la escuela de la *Gestalt* que rechaza el atomismo conductista cambiando de este modo la unidad de análisis. Para esta escuela, la psicología debe estudiar el significado y éste no es pasible de divisiones en elementos más simples. Las unidades de análisis deben ser totalidades significativas. Estas ideas cambian la concepción de problema y de aprendizaje.

En buena medida, los psicólogos de la Gestalt son considerados pioneros en el estudio de la conducta de resolución de problemas. Son los primeros que relacionan esta actividad con aspectos creativos de reestructuración perceptiva que, llegado el momento, permiten una "comprensión súbita" al sujeto. Esta comprensión súbita o *insight*, supone que el sujeto sabe que ha encontrado la solución antes de ponerla en práctica, destacándose el carácter novedoso de la solución encontrada. Para la Gestalt el proceso de resolución de un problema es un intento de relacionar un aspecto de una situación problemática con otro, intento que tiene como resultado una *comprensión estructural*. Esto implica reorganizar los elementos de la situación problemática, de una forma tal que resuelvan el problema. (Mayer, pág. 55)

Un importante aporte a la solución de problemas dado por los gestaltistas consiste en la diferenciación entre lo que denominan *pensamiento reproductivo* y *pensamiento productivo*. Otros autores los mencionan como "insight" y "ensayo y error", "comprensión estructural" y "memoria mecánica" o "aprehensión con sentido de las relaciones" y "asociaciones arbitrarias".

El *pensamiento reproductivo* consiste en la aplicación de destrezas o conocimientos adquiridos con anterioridad. En el *pensamiento productivo* en cambio, hay una reorganización que da lugar a la creación de solución a un problema nuevo. La ventaja de la comprensión o solución productiva de un problema frente a un apren-

dizaje memorístico radica en la potencialidad de transferencia.

Otro aporte importante de la posición gestáltica, es la valoración de la experiencia previa, la cual se acepta pueda tener efectos positivos o negativos. Se admite que para la resolución de problemas, la experiencia anterior puede generar una "actitud" o "fijeza funcional", la que actúa como impedimento en la comprensión de problemas nuevos. (Duncker 1945, en Mayer 1983).

En esta corriente se desarrolla la "*técnica de pensamiento en voz alta*" para la recogida de la información. En particular los registros de Duncker sugirieron que la solución de un problema avanza por "estadios" que van desde las soluciones más generales a las más específicas.

Entre los programas de instrucción en resolución de problemas desarrollados en este marco, cabe mencionar un conjunto de estudios agrupados por Mayer bajo el título de *Enseñanza del pensamiento productivo a los escolares (1960-1970)*. Corresponden a un programa destinado a alumnos de escuela elemental, centrado en la enseñanza de procesos y que utiliza la imitación como técnica de adiestramiento. No fueron investigaciones teóricamente guiadas ni se estudió la eficacia de tal entrenamiento con problemas de formato diferente al dado en la instrucción.

B.3. LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL MARCO DE PSICOLOGÍAS COGNITIVAS.

Alrededor de 1960, sobreviene la crisis del conductismo, en la que se cuestionan sus presupuestos fundamentales, en particular: la insuficiencia del asociacionismo, la interpretación inadecuada del evolucionismo y la crisis de la noción de ciencia asumida por los conductistas que se apoyaba en el positivismo lógico. Empiezan a utilizarse conceptos mentalistas como *imagen mental*, *planes* y *estrategias*. Encontramos aquí un conjunto de intentos por desarrollar teorías de la cognición que abarcan un amplio abanico de posturas en su concepción de aprendizaje.

La sola afirmación de que el hombre es un procesador de información, no especifica cuáles son las representaciones básicas, cuál es la fortaleza de la analogía hombre-máquina (en caso que la suponga) y cuál es el rol y origen de

los significados. Es decir, no resulta sencillo mantener la categorización clásica de "psicología cognitiva" porque es el propio adjetivo *cognitivo* el que, en algún modo, ha perdido significado preciso.

Se incluyen como enfoques cognitivos tanto a los desarrollos clásicos de procesamiento de la información y a los actuales -integrados al marco de la ciencia cognitiva-, como a la psicología genética de Piaget, la psicolingüística de Chomsky, y las psicologías educativas de Vigotsky y Ausubel, por mencionar sólo algunos.

Vale la pena resaltar que entre los desarrollos de procesamiento de información (clásicos o actuales) y aquellos denominados constructivistas, las diferencias más sustanciales se encuentran en el plano de los principios. Piaget, asume un metapostulado constructivista según el cual el sujeto construye su conocimiento del mundo a partir de la acción. *El sujeto pretende comprender la realidad.*

Por el contrario, el procesamiento de la información, postula una relación inversa entre conocimiento y acción, pretende explicar cómo las representaciones mentales del individuo determinan su comportamiento. Es decir, *el sujeto desea controlar la realidad* alcanzando metas (tiene orientación pragmática). De este modo, cuando unos u otros estudian la resolución de problemas sus metas teóricas se alejan.

En los desarrollos que hemos denominados pragmáticos existe también una gran variedad de planteos. Quizá el único aspecto en común es que casi todos aceptan que en la mente existen representaciones estructuradas y procedimientos que operan sobre estas estructuras. La dispersión se produce acerca de cuál es la naturaleza de las representaciones. A lo largo del tiempo, enfoques esencialmente sintácticos han sido gradualmente superados por otros que incorporan el problema del significado.

B.3.I. Desarrollos pragmáticos.

La crisis del conductismo, empieza por cuestionamientos internos que socavan presupuestos fundamentales. Pero esta crisis, se ve profundizada por lo que de Vega denomina *factores ajenos a la psicología*. Entre ellos menciona los desarrollos de la teoría de la comunicación, la psicolingüística y las ciencias del ordenador. Sin

duda estas últimas, favorecen la similitud funcional entre mente y ordenador y tienen una influencia determinante en el nuevo paradigma. Esta analogía consiste en concebir a ambos como sistemas de procesamiento de propósito general, ambos codifican, retienen y operan con símbolos y representaciones internas.

Este ha sido el marco teórico dominante de la mayor parte de las investigaciones recientes en resolución de problemas. En él se estudia cómo un procesador de información, humano o máquina, toma un problema establecido en "lenguaje natural", lo convierte en una *representación interna* sobre la cual él puede operar, lleva a cabo las operaciones apropiadas necesarias y luego responde ("outputs") el resultado. Las investigaciones mayormente buscan conocer cuál es el rol del conocimiento personal aportado a la tarea y cómo se usa con relación a la información dada en el problema. Obtener esta información detallada lleva a que los estudios son posibles con pocos individuos.

Los trabajos de mayor trascendencia, han estudiado diferencias entre expertos resolutores (habitualmente colegas de los investigadores) y novicios (habitualmente estudiantes). Esto ha dado lugar a una de las más importantes líneas de investigación en resolución de problemas en áreas específicas, conocida como "*diferencias entre expertos y novatos*".

Mencionamos el estudio conducido por Simon H. (1978) el que tiene gran trascendencia para lo que en adelante será la determinación de variables independientes. En este trabajo, pionero en el área de la física, se establecen tres componentes principales a estudiar:

- el que resuelve el problema, al que denomina "sistema de procesamiento de información"
- el problema denominado "entorno de la tarea"
- la representación del problema denominado "espacio del problema".

De estas tres componentes resulta especialmente útil la noción de *espacio del problema* que definen como la *representación interna* de quien resuelve el problema y que va desde un *estado inicial* (condiciones dadas o iniciales) hasta el *estado final* pasando por *estados intermedios del problema* por la aplicación de *operadores*.

Casi simultáneamente, la preocupación por

un enfoque semántico, da lugar a otro conjunto de teorías denominadas teorías de los esquemas. Pozo (1989), pág. 138, menciona a Rumelhart (1984) como uno de los autores prototípicos de las teorías de los esquemas, para quien los esquemas son: *paquetes de conocimiento en los que, además del propio conocimiento, hay información sobre cómo debe usarse ese conocimiento*. Es decir los esquemas son tanto declarativos como procedurales.

Existen otros desarrollos actuales que, en el marco de la ciencia cognitiva, pretenden recoger las bondades de los enfoques sintáctico y semántico. Tal es el caso de desarrollos que proponen la representación del conocimiento mediante *modelos mentales*. Este concepto surge bajo la idea que los sistemas cognitivos construyen modelos de las situaciones con las que interactúan que les permiten no sólo interpretarlas sino también hacer predicciones a partir de ellas. La diferencia esencial con los esquemas es que además de estar dotados de sintaxis, los modelos mentales se construyen en ocasión de cada interacción.

Johnson Laird (1983), elaboró una teoría general del razonamiento humano en la que están ausentes las reglas de inferencia de las teorías racionalistas. La resolución de tareas se basa en la construcción de modelos mentales dotados de recursividad. Esta teoría es capaz de interpretar tanto las respuestas racionales como los errores más frecuentes en el razonamiento humano. Otra ventaja radica en que estos modelos incorporan cuantificadores del lenguaje natural tales como *la mayoría, muchos, varios, pocos*. Johnson Laird, dedica especial atención al problema del significado enunciando una teoría de la comprensión.

Está claro que en caso de poder desarrollar una teoría de aprendizaje en este marco, ésta sería realmente fructífera para la resolución de problemas ya que finalmente se podría hablar de modelos que den cuenta de la performance de individuos ante determinadas situaciones que involucren el *saber qué y saber cómo*.

B.3.II. Desarrollos constructivistas

Mientras se producían importantes avances en las teorías computacionales, el camino seguido paralelamente por otro conjunto de psicólogos difería notablemente. La preocupación estaba centrada en los significados y, a pesar de diferencias entre ellos, coincidían en rechazar

las asociaciones como mecanismos causalmente eficientes. Consideraron al sistema como un organismo y no como un mecanismo. Aparece aquí el concepto de *aprendizaje significativo*.

En este apartado nos referiremos a aquellos desarrollos que, denominados clásicamente cognitivos, conciben el aprendizaje como reestructuración de conocimientos. Prevalece en ellos una negación al principio de correspondencia proporcionando una concepción "*constructivista*".

De los muchos aportes nos referiremos solamente a los de Piaget y Ausubel. El primero porque traduce con claridad la influencia de las concepciones biológicas, así el sujeto es ante todo un ser vivo que por su propia naturaleza es cambiante. De este modo, si bien Piaget se ocupó en muy pocas ocasiones explícitamente del aprendizaje, admite el cambio continuo de conocimientos y destrezas aceptando de este modo que el aprendizaje es intrínseco a los seres vivos.

La elección de Ausubel se justifica por ser uno de los desarrollos que, con una posición constructivista, está claramente orientado hacia la enseñanza, con referencia explícita a otras variables instruccionales. Por otro lado, según mostraremos es el marco interpretativo elegido en esta investigación.

B.3.II.a. Desarrollos piagetianos.

No sería posible intentar resumir ni dar lineamientos generales de la teoría de Piaget en estas pocas líneas. Mencionaremos sólo algunos de los aspectos más salientes que, a nuestro criterio, puedan estar más relacionados con el tema que nos ocupa y permita marcar similitudes y diferencias con los desarrollos mencionados anteriormente.

Piaget utiliza el lenguaje de la lógica simbólica, para lo cual asume un isomorfismo entre las estructuras mentales y las reglas lógicas.

Consecuente con la búsqueda de procesos y estructuras, Piaget propone un modelo evolutivo basado en el cambio, de modo que a cada estado de desarrollo le corresponderían estructuras y formas de pensar cualitativamente diferentes. Interesa valorar las características funcionales de estas estructuras, que serían las que determinan el abordaje y solución de problemas científicos. Piaget distingue entre operaciones concretas y

operaciones formales.

Otro de los aspectos de la teoría piagetiana, relacionado al aprendizaje de las ciencias que interesa destacar, es lo que ha sido denominado la Teoría de la Causalidad de Piaget. Los desarrollos piagetianos dan lugar a numerosas investigaciones sobre causalidad. La importancia de la causalidad se acrecienta en sus últimos trabajos en los que pasa a ocupar un lugar relevante en el proceso de *equilibración*. El aprendizaje se produciría sólo cuando antes ha tenido lugar un desequilibrio o *conflicto cognitivo*. Esto es un aspecto central en la resolución de problemas. La *equilibración* se da entre los procesos de *asimilación y acomodación*.

La asimilación es el proceso por el cual el individuo "*interpreta la información que proviene del medio, en función de sus esquemas o estructuras conceptuales disponibles*". (Pozo, 1989, pág. 178). La acomodación es la modificación de un esquema asimilador o una estructura. Esta modificación es causada por los elementos que se asimilan. Ambos procesos, asimilación y acomodación, se implican necesariamente. Sólo de los desequilibrios entre estos procesos surge el aprendizaje, para lo cual la *toma de conciencia* del conflicto por parte del sujeto es condición necesaria. Esta circunstancia es sumamente importante en la solución de problemas.

Otro aporte significativo a los estudios en resolución de problemas, dentro de este enfoque, lo constituyen las investigaciones sobre covariaciones (reglas de inferencia), en particular los desarrollos en estudios de control de variables.

Desde lo metodológico, interesa mencionar, el desarrollo de la *entrevista clínica* lo que representa un aporte significativo para las investigaciones en resolución de problemas. Este instrumento, de carácter psicoanalítico ha completado las tradicionales pruebas de lápiz y papel.

B.3.II.b. Desarrollos ausubelianos.

La teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel, se define a sí misma como una *psicología educacional*, que manifiesta desde su primera página una seria preocupación por los aprendizajes ocurridos en las aulas. Mencionamos brevemente algunas características, que serán ampliadas al exponer el marco

interpretativo de este trabajo.

Ausubel define *aprendizaje significativo*, uno de los conceptos más corrientemente mencionados en la actualidad en la investigación y práctica educativa. Si bien lo considera opuesto al *aprendizaje mecánico o memorístico*, establece que no son dicotómicos, sino que existiría un continuo entre uno y otro. Revaloriza el *aprendizaje por recepción*, por esa época enfrentado al *aprendizaje por descubrimiento autónomo*, proponiendo también un continuo entre ellos, pero en una dimensión diferente a la de significatividad. Hace referencia explícita a la solución de problemas, a los que pone como ejemplo cumbre de significatividad y autonomía.

La concepción de problema mantenida por Ausubel, se infiere claramente de su crítica a los denominados "*problema-tipo*" y lo que denomina "*una proeza*" de los estudiantes: *poder memorizar un conjunto de expresiones algebraicas que sin entender aplican para llegar a la solución*. (pág. 38). Pone a estos problemas tipo, en el mismo nivel de aprendizaje mecánico que a las experiencias de laboratorio a la manera de "*receta de cocina*".

Para Ausubel, las variables más importantes que influyen en los resultados de la resolución de problemas son:

- *La disponibilidad de conceptos y principios en la estructura cognitiva, pertinentes con las demandas del problema particular.*

- *Características cognitivas y de personalidad como la agudeza, capacidad de integración, estilo cognitivo, entre otros.*

Puede verse que existe una similitud entre los factores apuntados por Ausubel y los conceptos de "conocimiento declarativo" y "conocimiento procedural" desarrollados por las teorías de procesamiento de la información.

Plantea que existen diferencias individuales en el tipo de abordaje a los problemas, de los que reconoce dos en particular y que denomina: "por ensayo y error" y "por discernimiento". El enfoque por discernimiento, supone una disposición hacia el descubrimiento de una relación significativa de medios-fines que fundamente la resolución. En este último, la solución "parece" surgir súbitamente, pero está acompañada invariablemente cuando menos, de una comprensión implícita del principio que fundamenta la solución, aún cuando no pueda expresarse

verbalmente.

El aprendizaje significativo de conceptos o proposiciones, se pone en evidencia en la resolución de problemas que los involucra, y a su vez la resolución de problemas puede ser un tipo de aprendizaje significativo de los conceptos que lo sostienen. De este modo, la actividad de resolver problemas, *se facilita* por la comprensión de los conceptos o principios. Advertimos que utilizamos el término *facilita*, toda vez que hemos analizado la complejidad de la actividad de resolver problemas. En todo caso estamos diciendo que *el aprendizaje significativo de conceptos y principios es condición necesaria para la resolución de problemas en física. (nos referimos a una resolución como la que Ausubel categoriza por discernimiento)*. Establecemos asimismo, que como se desprende de la teoría, tal aprendizaje significativo no es el resultado de una enseñanza incidental sino que toda la instrucción debe estar diseñada e implementada coherentemente a tal fin.

Con esta brevísima descripción es posible comprender que la mayor parte de las investigaciones en resolución de problemas en el marco de desarrollos ausubelianos, han estado hechas para analizar efectos de intervenciones instruccionales o al menos se han llevado a cabo en contextos de aula.

CATEGORIZACIÓN DE INVESTIGACIONES EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

La revisión anterior ha pretendido mostrar la diversidad de enfoques no sólo teóricos y metodológicos, a lo largo del tiempo, sino también la variedad de factores que inciden en la resolución de problemas en física.

En las últimas décadas, sin embargo, aparece una tendencia más organizada en las investigaciones, lo que permite intentar una categorización. Existen varias publicaciones, que con diferentes criterios pretenden agrupar distintos estudios (Steward, 1982; Mayer, 1983; Perales Palacios, 1993; Ault, 1994; Barr, 1994, Gabel y Bunce, 1994; Helgeson, 1994; Maloney, 1994; Steward y Hafner, 1994).

Entendemos que en general (independientemente del enfoque teórico al que adhiera), en toda investigación están presentes: una descripción del problema que se plantea (las preguntas que se intenta responder), los factores o variables que se utilizan para intentar explicar a

aquellas (que suelen denominarse "variables independientes"), algún modelo o enunciados teóricos en el que cobran sentido las variables y alguna referencia a los procesos de recolección de información.

Hemos visto que, por la propia complejidad del objeto en estudio, la pretensión de agrupar los trabajos por lineamientos teóricos, no es fructífera. Proponemos entonces clasificar las investigaciones en torno a los factores explicativos, es decir aquellos que han sido seleccionados como variables independientes por los investigadores. Del conjunto de factores posibles, adaptamos una selección hecha por Lester (1983) para la resolución de problemas en matemática. Este criterio, para los estudios en física, aún sin ser exhaustivo da una idea bastante representativa de los avances de los últimos tiempos.

Debe quedar establecido que, tratándose de un área esencialmente aplicada, interdisciplinaria y aún ateórica, no existen trabajos "puros", es decir esta clasificación no significa una partición de los estudios. Un trabajo puede intentar explicar más de una variable o no estar todas ellas perfectamente definidas. Para cada factor, daremos un conjunto de referencias y luego explicitaremos algunos de los trabajos con objeto de ejemplificar la clasificación.

Los factores explicativos y mención a estudios que hemos agrupado son:

- **La tarea.** Investigaciones que estudian el efecto de la tarea propuesta como problema, se interesan por el contenido, la estructura del problema, la sintaxis, problemas académicos, problemas de la vida cotidiana, problemas con enfoque tecnológico, etc. Gil Pérez y Martínez Torregrosa, 1983; Anzai y Yokoyama*, 1984; Sweller, 1988; Reusser*, 1988; Bassok*, 1990; Garret, Satterly, Gil Pérez y Martínez Torregrosa, 1990; Ward y Sweller, 1990; Hegarty*, 1991; Lesgold y Lajoie*, 1991; Van Heuvelen*, 1991; Johsua y Dupin, 1991; Heller, Keith y Anderson, 1992; Heller y Hollabaugh, 1992; Maloney y Siegler*, 1993; son algunos de los trabajos que estudian características de problemas de ciencias, vinculadas a alguna otra variable que puede ser la performance, la posibilidad de transferencia o procesos entre otras.

- **La persona que resuelve.** Estudios que intentan explicar el efecto de lo que la persona "trae" al problema. Características del individuo: experiencia previa, conceptos previos,

edad, reacción bajo estrés, tolerancia al fracaso, independencia de campo, etc. Thorsland y Novak, 1974; Shavelson y Stanton*, 1975; Larkin, Mc Dermott, Simon y Simon, 1980; Chi, Feltovich, y Glaser, 1981; Peduzzi y Moreira, 1981; Reif**, 1982; Larkin*, 1983; Perales y Cervantes**, 1984; Eylon y Reif*, 1984; Larkin*, 1985; Veldhuis*, 1986; de Jong y Ferguson-Hesler*, 1986; Walker, 1987; Hardiman, Dufresne y Mestre**, 1988; Chi, Bassock, Lewis, Reimann y Glaser, 1989; Robertson, 1990; Veldhuis, 1990; Ferguson-Hesler y de Jong, 1990; Rozier y Viennot, 1991; Lang da Silveira, Moreira y Axt** 1992; Reif y Allen, 1992; Zajchowski y Martin**, 1993; Chambers y Andre, 1997; son estudios que ubicamos en esta clase.

- **El proceso puesto en juego.** Trabajos que investigan acerca de las actividades físicas o mentales del sujeto que resuelve problemas y que generalmente se estudian junto a las categorías anteriores. Reif, Larkin y Bracket, 1976; Bhaskar y Simon*, 1977; Simon y Simon*, 1978; Larkin, 1979**; Larkin y Reif, 1979*; Larkin, 1980; Larkin, Mc Dermott, Simon y Simon, 1980; Larkin y Rainard**, 1984; Heller y Reif, 1984; Larkin, Reif, Carbonell y Gugliotta*, 1988, Dufresne**, 1988; Krajcik, Simmons y Lunetta**, 1988; Elio y Scharf, 1990; Mc Millan y Swadener, 1991; VanLehn, 1991; Rosa, Moreira y Buchweiz**, 1992; son estudios que particularmente obtienen resultados en los procesos, si bien como dijimos generalmente estudiados con relación a la persona, al problema, a la efectividad en la resolución o al contexto entre otros.

- **El entorno.** Características ajenas a la persona y a la tarea. Uno de los más estudiados es sin duda la instrucción. Aquí también encontramos un amplio conjunto de investigaciones. Son pocas las que estudian directamente factores ajenos a la enseñanza, aunque algunos, indirectamente sacan conclusiones. Mencionamos: Polya, 1945; Larkin*, 1979; Larkin y Reif**, 1979; Greeno**, 1980; Rubinstein, 1980; Reif**, 1981; Reif y Heller, **1981; Mettes, Pilot y Roossink*, 1981; Richardson*, 1981; Arons**, 1983; Driver y Erickson**, 1983; Gil Pérez y Martínez Torregrosa, 1983, Novak, Gowin y Johansen, 1983; Peduzzi**, 1984; Bascones y Novak, 1985; Wright y Williams, 1986; Driver**, 1986; Reif**, 1987; Gil Pérez, Martínez Torregrosa y Senent-Pérez, 1988; Reusser*, 1988; Mestre y Touger**, 1989; Ward y Sweller, 1990; Palumbo, 1990; Pankratius, 1990; Watts, 1991; Peduzzi, Moreira

y Zilberstajn**, 1992; Dufresne**, 1992; Heller, Keith y Anderson (1992); Mestre, Dufresne, Gerace, Touger y Hardiman**, 1993; Halloun, 1996. Hemos incluido aquí una interesante línea que aborda la dicotomía entre: *aprendizaje para resolver problemas de física y resolución de problemas para aprender física*. Maloney (1994) refiere algunos estudios que muestran que suponer la equivalencia entre ambas proposiciones es cuanto menos "demasiado optimista". Esta línea, en general, aborda la instrucción con relación al tipo de problemas, pretendiendo obtener conclusiones relativas a la estructura conceptual.

(* en Maloney, 1994; ** en da Costa, 1997)

Describimos con alguna atención el desarrollo de Gil Pérez y colaboradores, iniciado en 1983, ya que a él nos referiremos en el desarrollo de nuestro estudio.

El Modelo de Resolución de Problemas por Investigación.

En la Universidad de Valencia (España), alrededor de 1983, se ha desarrollado una estrategia de resolución de problemas en ciencias denominada por sus autores Modelo de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI) el cual basa su desarrollo en dos aspectos fundamentales:

- "la necesidad de diseñar estrategias de enseñanza (entre otras la RP) de modo que incorporen una insistencia explícita y fundada en las actividades creativas del trabajo científico".

- "la puesta en cuestión de la didáctica habitual de RP y la elaboración fundamentada de propuestas más efectivas".

En la clasificación mencionada, el trabajo de Valencia podría ubicarse dentro del grupo que estudia particularmente los factores del entorno, en este caso concretamente los relativos a la instrucción. El Modelo de Resolución de Problemas por Investigación, plantea a manera de guía para una resolución, algunas etapas que enunciamos brevemente:

- discusión del interés de la situación planteada.
- estudio cualitativo de la situación.
- emisión de hipótesis fundadas, discusión de casos límites.
- elaboración y explicación de posibles estrategias de resolución.

- realización de la resolución.
- análisis de resultados, a la luz de las hipótesis.
- discusión de nuevos problemas.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE INSTRUMENTOS.

Si bien no corresponde a un factor explicativo, es necesario referir que la metodología de investigación y el consiguiente desarrollo de instrumentos para recoger información, son un fiel reflejo de la diversidad de enfoques teóricos. La primera dificultad, surge en la falta de acuerdo respecto de si interesa medir "capacidades" (*competence*) -entendidas como conjunto de habilidades generales o específicas que un individuo debe poseer para resolver problemas- o "desempeño" (*performance*) entendida como la puesta en juego de las capacidades.

Los primeros trabajos son de naturaleza estadística y emplean, en general, alguna categorización de las pruebas llamadas de lápiz y papel. En el grupo de estudios surgidos a la luz de modelos de procesamiento de la información, se visualiza un cierto consenso en el uso de los denominados "protocolos verbales" construidos a partir de cintas o vídeo grabados del pensamiento "en voz alta" de los sujetos involucrados.

A partir de los desarrollos piagetianos comienza a utilizarse la entrevista clínica, generalmente como complemento de otros instrumentos. Esta presenta dos problemas importantes: la necesidad de una formación especial por parte del investigador y la dificultad para su transcripción. Hay también estudios que proponen los mapas conceptuales, pero el entrenamiento previo que necesita su trazado podría afectar sensiblemente los resultados. La mayor dispersión se observa en el grupo de investigaciones que estudian el efecto de los factores de la instrucción. Entre éstos, en general, son pocos los trabajos que informan de estudios de validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados. Esto, sin duda, genera un conflicto importante a la hora de comparar resultados.

A MODO DE SÍNTESIS.

Si bien se advierte que en los últimos veinte años hay esfuerzos más coordinados en la inves-

tigación, quedan todavía muchos aspectos abiertos a la discusión. Uno de ellos es el de las características de las tareas propuestas como problema, el que está fuertemente ligado a los objetivos propuestos. La investigación hasta ahora, muestra que no son los mismos los recursos cognitivos necesarios ni la posibilidad de transferencia si los problemas se corresponden con tareas académicas, tareas prácticas o tareas del mundo real.

Si bien existen avances en el conocimiento de las capacidades o habilidades específicas, la mayor parte de los estudios son descriptivos. Estos trabajos han tendido a identificar características de los resolutores exitosos, pero se conoce muy poco acerca del tipo de representaciones internas que forman en el momento de la resolución. Dicho de otro modo se ha avanzado en desarrollar "modelos de capacidades". Estos trabajos, si bien pueden categorizar habilidades y procesos en resolutores exitosos, no pueden *explicar* porqué *actúa* de tal manera, cuándo adquirió las habilidades (o la habilidad para aprender el proceso), qué procesos individuales pueden enseñarse en determinados estados de desarrollo. Una aproximación a las respuestas, sería poder desarrollar "modelos de actuación" (*competence models*). Una primera aproximación son los estudios de Larkin (1983) ya referidos, sería útil avanzar en el conocimiento del tipo de representaciones que forma un sujeto cuando resuelve problemas.

Además de la insuficiencia para *explicar*, los modelos de capacidades deben afrontar la crítica que, llevarían implícito el supuesto de que los resolutores menos capaces podrían mejorar su desempeño si se les enseña las habilidades y procesos que usan los expertos. A este punto la pregunta es ¿se puede enseñar a *ver* un problema?

Otro de los aspectos en que sigue habiendo lagunas de conocimiento, es el referido al profesor. Como dijimos, los estudios orientados a buscar relaciones entre el entorno de instrucción y el desempeño de estudiantes, están dedicados en su mayoría a poner a prueba diferentes estrategias. Sería necesario conocer acerca de la influencia que, sobre el curriculum, puedan tener otras variables del entorno en el proceso de resolución de problemas de los alumnos.

En cuanto a la estrategia instruccional denominada Modelo de Resolución de Problemas por Investigación interesa destacar que, a pesar de las bondades demostradas por el mode-

lo, medidas en término de resultados obtenidos en diversos cursos, entendemos que es posible mejorarlo incorporando resultados de investigación en el área, en particular los referidos al cuerpo de conocimientos.

Se advierte asimismo, que sería necesario incrementar los estudios guiados por la teoría por sobre aquellos guiados por el método. (Novak y Gowin, 1988). La compleja naturaleza del evento educativo, requiere flexibilidad y creatividad para decidir cómo construir e interpretar los fenómenos educativos. Pero esto en modo alguno significa resignar lo que consideramos aspectos básicos tales como la consistencia, la claridad en los razonamientos, la honradez y la responsabilidad, que integrados a la tarea de investigar se conviertan en virtudes cotidianas.

C- DEFINICIÓN DE LINEAMIENTOS TEÓRICOS Y EJE DE LA PROPUESTA.

Abordamos en este apartado uno de los aspectos que entendemos más críticos de nuestro trabajo: poder exponer con claridad cuáles han sido los lineamientos teóricos desde los cuales hemos planificado y conducido la investigación. Sólo así el lector podrá elaborar juicios, para acordar o discrepar con las interpretaciones de las distintas situaciones sobre las que hemos trabajado.

Varios son los aspectos tenidos en cuenta antes asumir una posición teórica y pretendemos mostrar el compromiso crucial entre los aspectos conceptuales y los metodológicos del proceso de investigación. Un factor determinante ha sido nuestro compromiso con la acción, el que nos llevó a desarrollar la investigación tratando de obtener algún resultado concreto para la práctica. Este hecho condicionó la definición del evento a investigar. Si se pretende obtener resultados para la práctica educativa, tales eventos deben desarrollarse en aulas reales. De este modo, la búsqueda de lineamientos teóricos se orientó hacia marcos que pudieran satisfacer una relación de compromiso entre ser suficientemente precisos para guiar la interpretación de procesos en la resolución de problemas, y a su vez abarcativos de una situación compleja como el aula.

La revisión presentada da cuenta que el tópico "investigación en resolución de problemas" enunciado de manera general es de tal complejidad que resulta ateorico ya que, al momento, no

es posible disponer de teorías general de educación ni de la cognición capaces de abrazar y dar respuesta a tan diferentes aspectos del pensamiento y de la actividad humana.

Los desarrollos en procesamiento de la información se presentan como los más capaces de dar cuenta de los procesos individuales, pero no ofrecen ninguna orientación para desarrollos en el aula. Se puede comprobar que la mayor parte de los estudios se han hecho en lo que denominamos situaciones de laboratorio: pocos individuos en situaciones generadas ad-hoc.

Según pretendemos mostrar, la Teoría del Aprendizaje Verbal Significativo desarrollada por Ausubel, ofrece una base capaz de orientar una interpretación razonable de los procesos además de tener un fuerte compromiso con la instrucción formal.

La Teoría de la Educación de Novak (1990), que tiene por base psicológica a la teoría de Ausubel, ha orientado la visión general de este trabajo. En particular interesa destacar: su posición frente a la educación, su visión constructivista del aprendizaje, su posición frente a la investigación en educación, su compromiso con la acción y con los profesores.

La idea central de la Teoría de la Educación de Novak es que "*el aprendizaje significativo, subyace a la integración constructiva de pensamientos, sentimientos y acciones que conducen al engrandecimiento humano*" (Novak, 1990)

TEORÍA DEL APRENDIZAJE VERBAL SIGNIFICATIVO.

En este capítulo intentamos poner de manifiesto cuáles son los compromisos que se asumen cuando se desarrolla una investigación orientada por el concepto de aprendizaje significativo. Nos proponemos mostrar que no es un concepto más, invocado casualmente, en la teoría desarrollada por Ausubel, sino que es exactamente el *concepto clave*. Podríamos decir que "*La Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*", está orientada desde sus primeras páginas a facilitar un aprendizaje significativo del concepto de aprendizaje significativo. Encontramos esta advertencia necesaria en tanto, cada vez con mayor asiduidad, este vocablo se encuentra en la literatura o práctica educativa asociado a desarrollos que, como única fundamentación exponen una "visión construc-

tivista del aprendizaje y la enseñanza”.

El aprendizaje significativo, definido por Ausubel, no es un concepto que se desprenda “naturalmente” de una posición constructivista, aún suponiendo que fuera sólo una. (Pozo, 1996b). Adoptar este concepto en el marco de una investigación educativa supone, como mínimo, una manera particular de orientar los procesos, implementarlos y evaluarlos. De ello dependerán las tareas y el material seleccionado en la instrucción, el tipo de relaciones entre el que aprende y el objeto de conocimiento, la atención a los factores que influyen en el aprendizaje, el tipo de evaluación, el clima generado en el aula y el rol del profesor por mencionar sólo algunos. Abordamos explícitamente el significado que Ausubel da a: distintos tipos de aprendizaje, factores que influyen en el aprendizaje, la resolución de problemas y la evaluación. Interpretar y compartir estos significados en un diseño curricular ha sido el desafío de este trabajo

TIPOS DE APRENDIZAJE.

El primer aspecto abordado por Ausubel, es el del aprendizaje considerando dos dimensiones independientes. La dimensión *repetición -aprendizaje significativo* y la dimensión *recepción-descubrimiento*. A pesar de que ha transcurrido tanto tiempo desde la publi-

cación de la primera edición, persiste todavía una cierta confusión que identifica recepción con repetición. Es posible encontrar publicaciones que utilizan la expresión “*transmisión de conocimientos ya elaborados*” como una manera de poner en duda el carácter constructivista de la teoría ausubeliana. Sin embargo, la diferencia es esencial entre ambas dimensiones y radica en que la primera toma en cuenta el tipo de proceso en el que se implica el que aprende. La segunda, recepción-descubrimiento, tiene en cuenta el tipo de estrategia instruccional que se está utilizando. Reproducimos en la *Figura C.1.*, la ilustración con que Ausubel ejemplifica esta idea.(pág. 35)

Tanto el aprendizaje por recepción como por descubrimiento, pueden ser significativos si se dan las siguientes condiciones.

1. El que aprende decide relacionar el material a ser aprendido, de manera sustancial y no arbitraria, con aspectos ya existentes en su estructura cognitiva.

2. El material (conceptos, proposiciones, problema) es potencialmente significativo, esto significa que la organización y contenido son lógicos y contienen elementos que quien aprende, puede relacionar de manera sustancial y no arbitraria con aspectos relevantes de su estructura cognitiva.

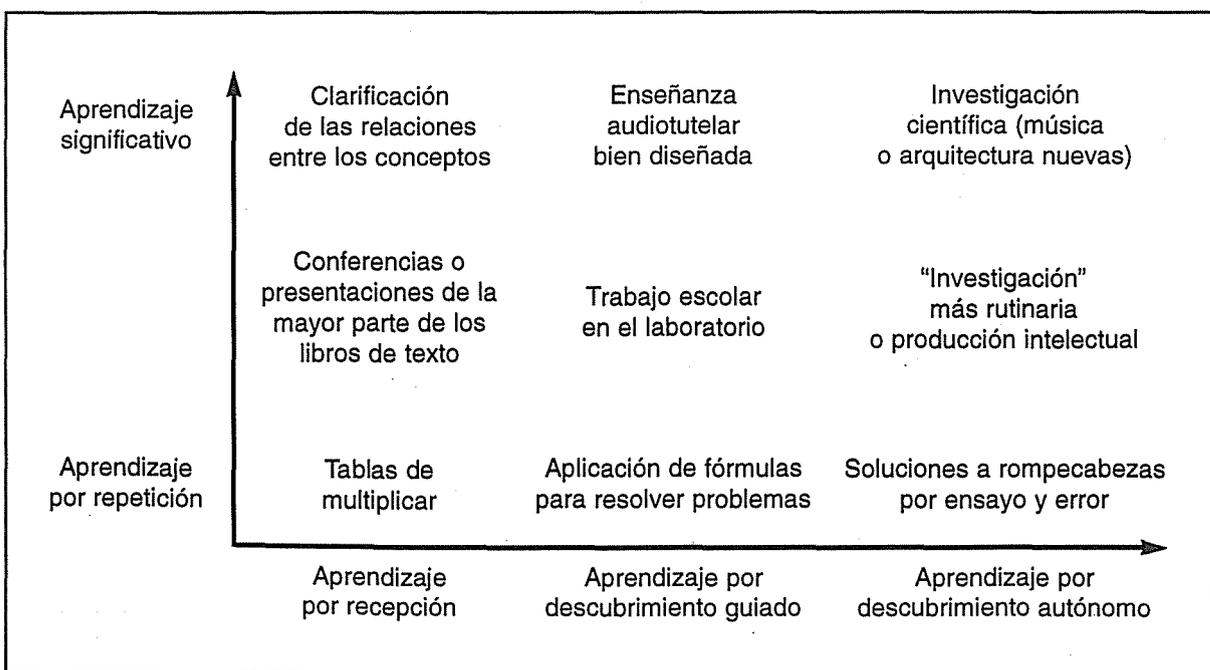


Figura C.1.

En este marco, solucionar algunos problemas podría resultar un aprendizaje repetitivo y por descubrimiento; si la tarea del alumno es descubrir la relación entre variables que no tienen ningún significado porque no pueden referirse a aspectos relevantes de su estructura cognitiva. En este caso el que aprende "no ve" relaciones sino más bien asociaciones arbitrarias. En cambio la investigación científica no rutinaria, la que produce nuevos significados, es un ejemplo de aprendizaje significativo y descubrimiento autónomo.

El aprendizaje significativo es un proceso que comprende la adquisición de nuevos significados, de este modo, el significado es un producto del aprendizaje significativo que se da bajo las condiciones ya explicitadas. El resultado de la interacción, entre el significado potencial del material y la estructura cognitiva del que aprende, es un contenido cognitivo nuevo dentro del individuo, diferenciado e idiosincrásico. A éste Ausubel le llama "significado real, psicológico o fenomenológico".

El significado psicológico es siempre una construcción idiosincrásica, pero esto no descarta la posibilidad de significados sociales compartidos. Los diversos significados reales que construyen las personas de una comunidad, se parecen lo suficiente, tienen entre ellos una

intersección tal, que la comunicación y por ende la educación es posible.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL APRENDIZAJE.

Dado que Ausubel estudia *la naturaleza, condiciones y resultado* de aprendizajes ocurridos en el aula, presta especial atención a los factores de la enseñanza que los influyen. Éste es quizá, uno de los aspectos menos tenido en cuenta en investigaciones o prácticas educativas que se plantean como meta el aprendizaje significativo. La mayor parte de las veces, se presta sólo atención parcial a la estructura cognitiva de los estudiantes -asociada vagamente a los "conocimientos previos"- sin tener en cuenta que, si bien el más importante, es sólo uno de los factores estudiados.

Las variables mencionadas, las presenta en principio categorizadas como *factores interpersonales e intrapersonales*. Si bien, posteriormente, reorganiza la clasificación en torno a *factores cognoscitivos y afectivo sociales*, hemos preferido mantener la primera por encontrarla más consistente con la categorización de variables que inciden en la resolución de problemas. Los factores de referencia se encuentra en la siguiente tabla.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL APRENDIZAJE	
I - Factores intrapersonales	II - Factores interpersonales
Estructura cognitiva	La práctica
Desarrollo cognitivo y disposición	Materiales de enseñanza
Capacidad Inteléctual	Factores sociales y de grupo
Motivaciones, actitudes y personalidad	Características del profesor

Damos una caracterización general de cada variable, aunque en nuestro trabajo algunas han sido más orientadoras que otras. A éstas nos referimos con más detalle.

I. Factores intrapersonales: categoriza aquí los factores internos de la persona que aprende.

I.1. Estructura cognitiva.

En esta variable se refiere a las propiedades

esenciales y a la organización de los conocimientos en una cierta área, que son relevantes para la asimilación de otra tarea en el mismo campo.

Atendiendo el proceso de asimilación, la estructura cognitiva existente, tanto en su contenido sustancial, como en sus propiedades principales de organización, dentro de un campo específico, es el principal factor que influye en el aprendizaje y retención significativos dentro del mismo campo. El material potencialmente significativo, se aprende siempre en relación a

conceptos, principios e información ya aprendidos. El grado de claridad, estabilidad y organización en la estructura cognitiva afectan decisivamente las cualidades de los nuevos significados que surgen, así como su recuperabilidad a corto y largo plazo.

De este modo, la estructura cognitiva es para Ausubel, la variable dependiente más importante en el proceso de aprendizaje, ya que el proceso tiende a cambiarla. Pero a su vez, es la variable independiente más relevante para futuros aprendizajes en el área.

Ausubel distingue tres factores que influyen en la estructura cognitiva:

1. *Disponibilidad* de ideas en la estructura cognitiva del que aprende que sirvan de anclaje a la nueva información. En este sentido los materiales de aprendizaje deben estar diseñados para que tal interacción sea posible.

2. El grado en que estas ideas sean *discriminables* tanto de otras similares como diferentes. Quien aprende debe ser capaz de discriminar las nuevas ideas de aquéllas ya existentes en su estructura cognitiva, de poder separarlas por semejanzas y diferencias.

3. *La estabilidad y claridad* de las ideas que servirán de afianzamiento. Obviamente si las ideas existentes en la estructura cognitiva son inestables o confusas, el afianzamiento será débil y puede que la relación sea inapropiada.

El profesor al planificar su tarea debiera conocer estos aspectos de la estructura cognitiva, tanto para la preparación de materiales, como para poder valorar los efectos de su enseñanza.

Sugiere que en el diseño debieran tenerse en cuenta los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora, así como una etapa de consolidación.

Respecto a la resolución de problemas, valora la experiencia con "problemas similares" en tanto ciertas destrezas generales puedan ser percibidas por los sujetos como semejantes y relacionadas con los principios que determinaron su elección.

Define el concepto de "*estilo cognitivo*" al que relaciona con "*la tendencia mostrada por los individuos a ser generalizadores o particularizadores, o a encontrarse en algún sitio de estos dos extremos de un continuo*" pág. 185.

A pesar de lo sintético de esta exposición, puede verse que la estructura cognitiva definida por Ausubel y los factores que la influyen, dista bastante de la vaga referencia a "conocimientos previos" con que se suele comparar.

I.2. Desarrollo cognitivo y disposición.

Factores relativos al nivel de desarrollo en que se encuentra la persona que aprende. El tipo de disposición, las capacidades y modalidades de razonamiento considerando que no son las mismas en diferentes edades.

I.3. Capacidad intelectual.

Estudia el grado relativo de aptitud escolar general (*inteligencia general o nivel de agudeza* pág. 39) y su posición relativa respecto a capacidades cognitivas específicas, más diferenciadas o especializadas.

I.4. Factores motivacionales, actitudinales y personalidad.

Analiza el deseo de saber, necesidad de logro y su interés en un campo determinado. Estas variables están relacionadas con el nivel de esfuerzo, atención, estado de alerta y concentración. Las diferencias individuales en el nivel y tipo de motivación, nivel de ansiedad son estudiados como factores subjetivos que tienen efectos tanto cualitativos como cuantitativos en el aprendizaje.

II. Factores situacionales o interpersonales

incluye aquí los factores que, siendo externos a la persona que aprende, influyen en su aprendizaje.

II.1. La práctica.

Analiza la práctica, revisión o ejercitación de tareas de aprendizaje en relación a la frecuencia, distribución en el tiempo y condiciones generales.

Ausubel aborda el tema de la práctica, revisión o ejercitación saliendo al paso de la concepción que existe en muchos círculos educativos acerca de que "practicar" o "ejercitar" sean sinónimo de aprendizajes repetitivo y retrotraigan a una psicología conductista. Sin

embargo, advierte que el "desprestigio" de la ejercitación repetitiva es más bien teórico que práctico.

Al respecto establece que si bien las ideas más simples pueden ser aprendidas significativamente asegurando su retención a largo plazo, las ideas más complejas requieren de un número suficiente de revisiones apropiadamente espaciadas.

La práctica, junto a los materiales de enseñanza, es uno de los factores más importantes con los que se puede influir sobre la estructura cognitiva, pero para ello debe estar programada. Establece la diferencia entre una ejercitación incidental, espontánea y no estructurada y la práctica organizada en su número, frecuencia y secuencia.

Discute también el tema de la homogeneidad o no de las tareas de ejercitación, indicando que debe encontrarse un equilibrio entre sobreaprendizaje de casos particulares y una adecuada diversidad. Tal equilibrio depende de las tareas de aprendizaje.

II.2. Materiales de enseñanza.

Estudia efectos de los materiales de enseñanza vinculados al currículo. Cantidad, dificultad, lógica interna, secuencia y uso.

El valor más importante de los materiales didácticos para Ausubel es el grado en que éstos sean facilitadores del aprendizaje significativo. Presenta a los materiales como "auxiliares didácticos" que son de utilidad para aclarar conceptos o principios proporcionando una variedad de ejemplos que faciliten el proceso de aprendizaje. Si bien considera que son complementos de una enseñanza bien planeada, no representan medios primordiales en la instrucción.

El diseño de materiales debiera contemplar los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora de conceptos y principios, ya que de este modo las estrategias de aprendizaje de conocimiento son más efectivas. Plantea, que cualquier planificación debe tomar en cuenta que el factor más importante que influye en el aprendizaje, es lo que el alumno ya sabe. De ahí que la secuenciación de contenidos debiera ser objeto de detallado análisis antes de decidir. Propone iniciar la instrucción con conceptos generales e inclusivos. Considera

importante la inclusión de temas que denomina "penetrantes", definidos como aquellos que pueden integrar o relacionar diversos temas o ideas generales.

II.3. Factores sociales y de grupo.

El clima del aula, cooperación y la competencia en grupos, estratificación social y marginamiento cultural son algunos de los factores sociales de los que analiza su incidencia.

Ausubel considera que los factores de grupo y sociales, a través de las variables motivacionales inciden en los aprendizajes de las materias de estudio. También ejercen su influencia sobre los valores y actitudes.

Entiende que el clima del aula está fuertemente modulado por la posición que asuma el profesor. Aborda el tema de competencia vs. cooperación en el trabajo en grupo, indicando que a su criterio, no son mutuamente excluyentes. Asume que la competencia (a menos que sea en grado extremo), estimula el esfuerzo individual y prepara a los estudiantes para una cultura competitiva. La competencia excesiva, sin embargo, reemplaza el deseo de poseer conocimientos, por símbolos banales como las altas calificaciones.

También entre estos factores, aborda la interacción entre alumnos, en particular durante la resolución de problemas. Presenta una serie de referencia a estudios que mostrarían la superioridad del trabajo en grupo frente a desempeños individuales, si bien con análisis más refinados indicarían que sólo algunos aspectos se ven beneficiados.

II.4. Características del profesor.

Analiza de qué manera y en qué medida, la capacidad cognitiva, conocimiento de la materia que enseña y formación profesional para la enseñanza del docente, influyen en el aprendizaje de sus alumnos. En particular propone modelos de actuación es decir, más que por las capacidades se interesa por el desempeño del profesor en el aula.

Establece que el profesor es la vía a través de la cual se ponen en juego las variables de enseñanza. Considera que su rol en el aula es el de "*director de las actividades de enseñanza*" pág. 432.

Expone lo que considera "un modelo más prometedor" para valorar a los profesores el que, lo que interesa es la actuación del profesor en el aula.

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE VERBAL SIGNIFICATIVO.

En el apartado B, hemos hecho una breve referencia a la posición ausubeliana respecto de la resolución de problemas. Allí mencionamos que esta actividad está asociada al aprendizaje por descubrimiento y es el ejemplo cumbre de significatividad y autonomía.

Ausubel hace expresa mención a la emisión de hipótesis durante el proceso de solución de problemas. Establece que ésta es condición necesaria, pero no asegura una resolución por discernimiento. "*Formular hipótesis es condición necesaria pero no suficiente para resolver problemas comprensivamente, y de ninguna manera asegura que se esté adoptando un enfoque perspicaz al resolver un problema particular. A menos que las hipótesis incorporen relaciones de medios-fines, representarán simplemente la eliminación sistemática por ensayo y error de las opciones existentes*". pág. 487. De este modo deja claro, que el discernimiento surge de la disposición para emitir hipótesis con objeto de entender las relaciones que existen entre los medios y los fines de un problema.

Es obvio entonces, que la estructura cognitiva juega en este proceso, un rol decisivo. Si los conocimientos existentes en la estructura cognitiva son claros, estables y discernibles, facilitan la resolución de problemas. Sin tales conocimientos la resolución de problemas es imposible, en principio porque la persona no podría ni siquiera entender la naturaleza del problema que enfrenta.

LA EVALUACIÓN.

Ausubel considera a la evaluación esencialmente como un diagnóstico y la destaca como un momento de aprendizaje. Según la posición ausubeliana, evaluar es hacer un juicio de mérito para apreciar si se están cumpliendo o no las metas de valor educativo. Consecuentemente considera que los resultados educativos no son buenos o malos de manera absoluta, sino que deben estar relacionados con los propósitos planteados para la educación. Así como las pun-

tuaciones no pueden ser un fin en sí mismas, porque si así fuera (y muchas veces lo es), una vez conocida "la nota" el alumno pierde interés.

La evaluación es considerada una instancia de aprendizaje por cuanto es una oportunidad para que el estudiante revise, consolide, aclare e integre la materia de estudio. Pero también debe producir realimentación. El alumno necesita "comprender" los criterios con que ha sido evaluado, para así poder identificar diferenciadamente las áreas que le exigen más reflexión y estudio posterior. Cuando esto no sucede, y simplemente se le informa de la nota sin ningún comentario, se alienta "*el hartazgo intelectual*" y se le induce a que tan pronto como "alcance el promedio" se aleje de la tarea. pág. 521

La evaluación debe ser pensada como un medio que permita explicar no sólo los progresos, sino también los resultados insatisfactorios. Para ello es necesario que los estudiantes conozcan cuáles son las expectativas del profesor, las que deben quedar reflejadas en los exámenes. La evaluación de aprendizajes, si es pensada como diagnóstico e instancia de aprendizaje, no puede ser nunca un juicio terminal.

CONCLUSIONES.

En esta primera parte hemos abordado el planteo del problema, la revisión de investigaciones a la luz de corrientes psicológicas, lo que ha orientado la definición de lineamientos teóricos.

De la revisión es posible advertir dos líneas que realizan importantes aportes al área. Una de ellas de carácter instruccional, denominada por sus autores "Modelo de Resolución de Problemas por Investigación" (Gil Pérez et al, 1983), la otra denominada estudios de "diferencias entre expertos y novicios" con desarrollos prácticamente de laboratorio que han dado lugar a los denominados "modelos de capacidades" (por ej.: Larkin et al., 1980). El MRPI, recoge resultados de la investigación en el área, en particular desde el punto de vista epistemológico pero en su transferencia al aula, visto desde lo disciplinar, presenta puntos débiles en la parte conceptual.

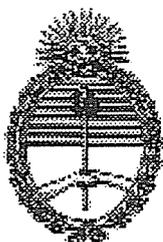
Entendemos que es posible armonizar los resultados de ambas líneas incorporando al MRPI, una etapa que dé cuenta de una de las características de los resolvedores exitosos, como

es la reflexión acerca de la estructura conceptual asociada al problema. De este modo ambos desarrollos pueden ser complementarios y no alternativos. Tal etapa puede lograrse, por ejemplo, mediante la incorporación de mapas conceptuales.

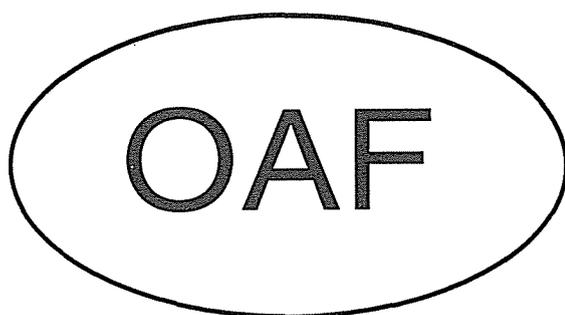
Los fundamentos teóricos para tal conjunción se obtienen de la Teoría del Aprendizaje Verbal Significativo (Ausubel), compatible tanto con la "visión constructivista de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias" reconocida por los autores del MRPI, como con los desarrollos cognitivos de la línea "expertos y novicios". Es de admitir que el desarrollo de

Ausubel no constituye una teoría psicológica y presenta limitaciones para explicar la resolución de problemas como proceso de "alto nivel", en particular, en los aspectos procedimentales. Pero, al mismo tiempo, su carácter de psicología educativa, centrada en la problemática del aula le permite fundamentar indicaciones concretas para guiar una instrucción orientada al aprendizaje significativo.

En la segunda parte, se expondrá un conjunto de diseños, implementación y evaluación de intervención en el aula en los que se intenta recoger los aspectos mencionados. También se incorporará la bibliografía completa del trabajo.



Ministerio de Cultura y Educación
Secretaría de Programación y Evaluación Educativa



OLIMPIADA ARGENTINA DE FÍSICA

Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Colaboran:

Asociación Física Argentina
Asociación de Profesores de Física de la Argentina

Secretaría OAF:

Telefax: (0351) 469-9342
Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Ciudad Universitaria
5000 - Córdoba
Fax: (0351) 433-4054
