

REFLEXIONES SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE EN EL
CONTEXTO DE LA MICROBIOLOGIA

PATRICIA ESCOBAR RIVERO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CEDEDUIS

BUCARAMANGA, Colombia

2004

REFLEXIONES SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE EN EL
CONTEXTO DE LA MICROBIOLOGIA

PATRICIA ESCOBAR RIVERO

Monografía presentada como requisito parcial para obtener el grado de Especialista
en Docencia Universitaria

Director de Monografía
Ruby Arbelaez de Moncaleano
Profesora CEDEUIS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
CEDEDUIS
BUCARAMANGA, Colombia
2004

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer muy especialmente a Ruby Arbelaez, mi directora de monografía, por su paciencia, su orientación tan acertada, por brindarme la oportunidad de explorar nuevas rutas y pensamientos acerca del proceso de aprendizaje y enseñanza de las ciencias, y por inducirme a la reflexión filosófica de las ciencias y del despertar del espíritu científico del estudiante de ciencias a partir de la docencia.

TITULO: REFLEXIONES SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE EN EL
CONTEXTO DE LA MICROBIOLOGIA*

ESCOBAR RIVERO, Patricia**

Palabras Claves: Espíritu científico, didáctica de las ciencias, aprendizaje significativo, constructivismo, microbiología

Reflexionar sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la microbiología conduce al planteamiento de preguntas sobre la manera como este se lleva a cabo a nivel universitario y a proponer estrategias favorecedoras a este. ¿Cómo se enseña y aprende? ¿Cuál es la didáctica de las ciencias? ¿Cuál es el método de la microbiología? ¿Cómo se puede despertar el espíritu científico en los estudiantes? ¿Es el aprendizaje basado en la solución de problemas (ABP) una estrategia en este proceso?

Los alumnos de ciencias deben aprender a aprender. Ser autónomos, independientes y autorreguladores guiados por un maestro que orienta su actividad constructiva y reflexiva. Deben lograr en su conjunto el desarrollo de aptitudes y destrezas tanto cognitivas, psicomotoras y actitudinales. Pero dado que, como dice la idea de Bachelard, en el futuro el conocimiento se basará en la negación del conocimiento actual, los estudiantes también deben participar en el cambio científico, reconociendo que existen obstáculos epistemológicos que deben ser superados para llegar al conocimiento verdadero.

La didáctica de las ciencias debe ser interdisciplinaria, además de lo científico requiere de la historia, la filosofía, la sociología de la ciencia o la psicología de la educación. Exige relacionar los conocimientos relativos tanto a la educación como a lo científico, integradamente y no por separado.

El enfoque del ABP en la enseñanza de las ciencias podría ser más adecuado que los métodos tradicionales. La búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas contribuirían al aprendizaje significativo e interrelacionaría la teoría y la aplicación práctica.

* Tesis

** UIS, Facultad de Salud, Escuela de Bacteriología y Laboratorio Clínico

TITLE: THE TEACHING AND LEARNING OF MICROBIOLOGY: SOME REFLECTIONS*

ESCOBAR RIVERO, Patricia**

Keywords: scientific spirit, didactic of the science, significative learning, constructivism, microbiology

There is important to analyse how is working the teaching and learning process on microbiology science at the high Scholl level. There are many questions to answer such as: How the students learn? What is the real meaning of the didactics of the sciences? What about the method used on microbiology? How can the students wake up the scientific spirit? Is the learning based on the solution of problems (ABP) an useful strategy in this process?

The students of sciences should learn how to learn. They must be autonomous, independent and self-regulating. The teacher will guide their constructive and reflexive activity. They should achieve cognitive, psychomotor and actitudinal aptitudes. But more, the students should participate in the scientific change, recognizing that epistemological obstacles exist and should be overcome to arrive to the true knowledge...following the Bachellard's idea "the knowledge at the present will be based on the negation of the current knowledge at the future",

The didactics of the sciences should be interdisciplinary. Besides the scientific topics, it requires of the history, the philosophy, the sociology of the science and the psychology of the education. It demands as much education strategies as a scientific knowledge.

The methodology used by ABP could be more appropriate than the traditional methods for learning and teaching sciences. Searching solutions to problematic situations would contribute to the significative learning on the students and a correlation between theory and practical or experience will be made possible.

* Tesis

** UIS, Facultad de Salud, Escuela de Bacteriología y Laboratorio Clínico

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. ENSEÑANZA DE LA MICROBIOLOGIA: VISION CRÍTICA DE LA SITUACION ACTUAL

2. EL APRENDIZAJE EN LA RELACION TEORIA-PRACTICA Y/O EXPERIENCIA: DESDE BLOOM, GAGNE Y BRUNER

17

<u>2.1 BENJAMIN BLOOM: TAXONOMÍA COGNITIVA</u>	18
<u>2.2 CONDICIONES DEL APRENDIZAJE SEGÚN ROBERT GAGNE</u>	20
<u>2.3 JEROME BRUNER Y EL CONSTRUIR CONOCIMIENTO</u>	22
<u>2.4 INTELIGENCIA NATURAL E INTELIGENCIA MÚLTIPLE</u>	24
<u>2.5 CONSTRUCTIVISMO Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO (AUSUBEL, PIAGET Y VYGOTSKY)</u>	27
<u>2.6 COMO HACER QUE SE APRENDA EN LA UNIVERSIDAD: SEGUN POZO</u>	34
<u>3. ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS (COMO SE HACE CIENCIA)</u>	
<u>3.1 LA MICROBIOLOGÍA: SU HISTORIA Y SU MÉTODO</u>	39
<u>3.1.1 Historia de la Microbiología.</u>	40
<u>3.1.2 El método en la Microbiología.</u>	42
<u>3.2 FORMACIÓN DEL ESPÍRITU CIENTÍFICO (SOBRE LA OBRA DE GASTÓN BACHELARD)</u>	46
<u>3.3 FRAGMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE LAS CIENCIAS (DESHUMANIZACIÓN DE LAS CIENCIAS)</u>	53

4. ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS (COMO SE ENSEÑA CIENCIA)

<u>4.1 RELACIÓN DE LA DIDÁCTICA CIENTÍFICA Y EL AVANCE CIENTÍFICO</u>	55
<u>4.2 EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP)</u>	61
<u>4.2.2 ¿Cuál es el papel de la resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias?</u>	65
<u>4.2.3 ¿Por qué existe un fracaso tan grande en la resolución de problemas por los alumnos?</u>	69

5. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN

Esta monografía es una reflexión sobre algunos componentes implicados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, específicamente en referencia a la microbiología. Se hace una revisión crítica sobre diversos autores forjadores de estos procesos llamando la atención un poco en su vida y obra. Esta basada estructuralmente en el análisis de lo que es el proceso de enseñanza y aprendizaje de una ciencia particular paralelo al avance científico de la microbiología.

En primera instancia se hizo un análisis sobre los programas académicos de enseñanza de la microbiología en la universidad llamando un poco la atención en la separación que existen en los contenidos teóricos y prácticos y/o experimentales en las diferentes áreas de la asignatura (i.e. parasitología, virología, micología, bacteriología, inmunología, etc.). Basados en la concepción filosófica del espíritu científico de Bachelard, se hace un paralelo entre lo que es la enseñanza de una ciencia y la manera como se “hace” la ciencia,

La segunda parte es una revisión crítica sobre algunas de teorías de aprendizaje y sobre la manera como se realiza el proceso de enseñanza para que se este aprendizaje sea “verdadero”. Explorando los nuevos paradigmas y las teorías de aprendizaje que existen sobre el proceso de aprender a aprender, se partió de algunos importantes psico-pedagogos como Bloom, Gagne, Bruner y Gardner. Se reflexionó sobre el nuevo paradigma del constructivismo y algunos aspectos sobresalientes de la obra de autores tan importantes como Ausubel, Piaget y Vygotsky fueron analizados. Enfocando más estas teorías al proceso de enseñanza y aprendizaje en la universidad se finalizó este capítulos con las recomendaciones de J.I. Pozo hechas en su disertación sobre el porque los estudiantes universitarios no aprenden.

En la tercera se analizan aspectos históricos de la microbiología y su método. Éste análisis muestra la manera como las diferentes concepciones de las épocas han influido en el desarrollo de esta ciencia, muestra sus más importantes avances y también la manera como el conocimiento de ésta se ha hecho a partir del método científico llevado a cabo con rigurosidades diversas. Posteriormente se hace un análisis más detallado sobre la obra de Bachelard teniendo en cuenta principalmente sus disertaciones acerca “del espíritu científico” y mostrando ejemplos sobre sus cuatro categorías epistemológicas: las rupturas, los obstáculos, los cortes y los hechos. Este capítulo finaliza dando una muy breve introducción sobre algunas consecuencias extremas de la ciencia, lo que se ha denominado la fragmentación de las ciencias o deshumanización, en donde la ciencia se eleva a niveles, muchas veces incomprensibles por los propios científicos.

El cuarto capítulo habla sobre la Didáctica de la Ciencia, mostrada con una visión constructivista para la enseñanza de las ciencias. Dada la diferencia de los métodos de la ciencia y los utilizados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de estas, la Didáctica de la Ciencia trata de analizar cada uno de ellos en el contexto actual y de explorar la manera de establecer un puente para reconciliar ambas metodologías. Por último se plantea el aprendizaje basado en la solución de problemas como una metodología la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Se discuten sus alcances, sus deficiencias y se dan algunas herramientas para que este sea aplicado a la práctica universitaria.

1. ENSEÑANZA DE LA MICROBIOLOGIA: VISION CRÍTICA DE LA SITUACION ACTUAL

De una manera tradicional el proceso de enseñanza aprendizaje en microbiología se realiza a partir de un plan de estudios que separa los componentes teóricos y prácticos, contando con programas y evaluaciones separadas, y docentes con diferente formación académica. La relación teoría-práctica y/o experiencia se concibe todavía por algunos como "ver la enfermedad en la teoría y después ir al laboratorio para reconocer, identificar y diagnosticar el agente causal".

El plan de estudios de la microbiología para los estudiantes universitarios del área de la Salud (estudiantes de medicina, bacteriología, enfermería, nutrición) generalmente orienta al estudio de una microbiología *aplicada* centrada en los microorganismos que producen enfermedad y en su proceso infeccioso consecuente en el ser humano y/o en una población. Esta connotación de microbiología aplicada (a diferencia de microbiología *básica*), dando la impresión de una microbiología *práctica*, es en gran parte, la generadora de la separación observada en sus componentes, creando una dicotomía entre ciencia y praxis en detrimento del proceso enseñanza aprendizaje de la microbiología en los estudiantes y del avance científico.

El objeto de estudio y la definición de los componentes teóricos y prácticos y/o experimentales en la microbiología básica son posiblemente diferentes a los de la microbiología aplicada. En la microbiología básica el objeto de estudio son los microorganismos, en cambio, el objeto de estudio en la microbiología aplicada es muy difícil de definir dado que esta se centra en el estudio de diversos problemas prácticos en medicina, agricultura e industria. Algunas de las enfermedades más

importantes de humanos, animales y plantas son causadas por microorganismos y en este caso estudia sus nichos ecológicos, sus modos de transmisión, sus interacciones con el hospedador, así como los métodos desarrollados para combatirlos y controlarlos. Por otro lado, dado que los microorganismos están implicados en procesos industriales y los procesos microbianos se relacionan con la obtención de materias primas, su modificación y producción.

La *teoría* de la microbiología en el ambiente universitario es considerada como la recopilación de los avances científicos que han contribuido a fundamentar esta ciencia desde sus orígenes hasta la actualidad, contextualizados o no a un entorno propio. Esta llega a los estudiantes principalmente en forma de clases magistrales realizadas por los expertos (docentes) o algunas veces por los mismos estudiantes previa revisión bibliográfica del tópico a tratar. A pesar de los nuevos paradigmas en educación aplicados al estudio de las ciencias, se podría decir que la enseñanza y aprendizaje del componente teórico de la microbiología está orientado para que el estudiante descubra una ciencia ya descubierta. Esto induce a una saturación de conceptos o *temas a enseñar* producto de los avances científicos, las comunicaciones *on-line* y a la gran cantidad de especializaciones que esta ciencia tiene, con la tendencia de abarcarlos todos en un curso o contrariamente a ignorar la mayoría.

La *práctica* de la microbiología es considerada por otro lado como: 1) una práctica en donde los estudiantes aprenden a identificar y clasificar los microorganismos; y 2) una práctica en donde los estudiantes relacionan los microorganismos con el hombre, las comunidades y su entorno. Las metodologías utilizadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje del componente práctico son diversas y van desde la observación macro y microscópica de los microorganismos, hasta talleres, seminarios, club de revistas, trabajo comunitario, casos clínicos y proyectos de investigación. Algunas de estas metodologías inducen a los estudiantes a elaborarse preguntas sobre un problema de investigación y le dan las herramientas para que a partir de la experiencia puedan dar respuestas a estos. Sin embargo esta experiencia

no se está dando en la mayoría de los casos. La *experiencia* que logran los estudiantes en el componente práctico de la microbiología esta restringida principalmente, e igual que la teoría, al experimentar pasivo de lo que ya es conocido. La experiencia realizada les ofrece ciertas destrezas manuales para que pueda ser repetitivo pero este no está diseñado para obtener un nuevo conocimiento.

Al hacer los anteriores planteamientos con respecto a la manera fragmentada como se enseña la microbiología, me surgen varias preguntas: 1) ¿es el fin de la enseñanza aprendizaje de una ciencia favorecer el proceso de aprendizaje (conocimiento escolar) en los estudiantes? o ¿es el de favorecer el avance científico (conocimiento científico) de dicha disciplina? 2) ¿que tipo de conocimiento se favorece cuando se relaciona la teoría y la práctica y/o la experiencia en la enseñanza de la microbiología?

Para contestar estas preguntas partiré de la hipótesis que el proceso de enseñanza y aprendizaje de una ciencia debe favorecer al avance científico y que la ciencia sólo es posible cuando se integran sus componentes. Inicialmente basaré esta hipótesis en la idea de Gaston Bachelard* cuando dice que en el futuro el conocimiento se basará en la negación del conocimiento actual. Para Bachelard, la razón es mejor conocida por la reflexión sobre la ciencia, y, la ciencia es mejor conocida por la reflexión sobre su historia. Las normas de la racionalidad se constituyen al aplicar nuestros pensamientos a problemas en particular, y han sido las ciencias el principal campo de logros exitosos en estas aplicaciones. La historia ha mostrado que los *a priori* ideales filosóficos han sido repetidamente refutados por los desarrollos científicos históricos. Descartes, por ejemplo, sostenía que las ciencias tienen que estar fundamentadas claramente y diferenciadas de las intuiciones de las propiedades esenciales de la

* BACHELARD, Gaston (1884–1962), Filósofo y ensayista francés. Tras sus estudios de matemáticas y física, se doctoró en filosofía con la tesis *Essai sur la connaissance approchée* (1927). Hasta 1938, puede hablarse de una etapa centrada en los estudios de filosofía de la ciencia. En 1940 se hace cargo de la cátedra de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Facultad de Letras de la Sorbona de París. En 1938 había iniciado su ciclo sobre los cuatro elementos. Junto a él, pueden destacarse también *La filosofía del no* (1940), *Lautréamont* (1939), *La poética del espacio* (1957), *La poética de la*

materia. Ésta opinión es refutada por el hecho de que la materia, como fue descrita por la física y la química del siglo veinte, simplemente no estuvo al alcance de nuestra intuición intelectual.

Nosotros sabemos esto únicamente por medio de las indirectas inferencias hipotético-deductivas de información que son por sí mismas mediatizadas por complejos instrumentos. Similarmente, la formulación Kantiana de un trascendental *a priori* analítico de los principios que regulan todos los usos de la razón colapsaron con el triunfo de las teorías (la relatividad y la mecánica cuántica) basadas sobre la negación de tales principios kantianos como la permanencia de la sustancia, la cual requiere de una constante de energía, inconsistente con la cuantificación (*La philosophie du non*). Lo que inicialmente parecía ser un *a priori* imperante sobre el pensamiento como tal, resultó ser una condición contingente derivada de la incapacidad de los filósofos para pensar más allá de las estructuras de las ciencias del presente¹

La enseñanza y aprendizaje de la microbiología separando *la teoría y la práctica y/o experiencia* difiere con el método científico de la microbiología el cual relaciona íntimamente estos componentes generando teorías científicas o hipótesis a partir de las cuales se deducen enunciados comprobables mediante las observaciones experimentales que refutan o aceptan dichas hipótesis. Ninguna teoría científica, sin embargo, es establecida de una forma concluyente. El problema de la enseñanza y del aprendizaje de la microbiología fragmentado sus componentes pudiera radicar en la no generación de un *conocimiento escolar científico*. La ciencia pierde su función integradora manifestada en la frase de Bertrand Russell en donde “La ciencia, desde

ensoñación (1960); y *El materialismo racional (Le matérialisme rationnel*, 1953) y póstumamente *Epistemología* (1971).

¹ BACHELARD, Gaston. (1938). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI. Trad. cast., 1948, 14a. ed., 1987.

el tiempo de los árabes, ha tenido dos funciones; la primera capacitarnos para conocer cosas y, la segunda, capacitarnos para hacer cosas”².

La enseñanza escolar de la microbiología (u otra ciencia) como disciplina científica no está claramente definida. El *conocimiento científico* se caracteriza por tener una evolución histórica determinada, resolver determinado tipo de problemas, tener métodos y procedimientos específicos, estar basado en un determinado tipo de contenidos, formar parte dentro de una estructura específica de trabajo., etc. Lo que se enseña en las universidades tiene un valor y sentido alejado muchas veces de lo cotidiano y científico. Las relaciones entre ciencia y escuela son conflictivas. Se cree que uno de los mayores inconvenientes en la enseñanza de las disciplinas científicas es en el momento en que el estudiante debe adoptar un marco interpretativo científico en el análisis de la realidad. Las propuestas de cambio conceptual, han intentado cambiar los marcos de referencia de los conceptos cotidianos por conceptos científicos, con pocos resultados debido a la poca importancia que se da al conocimiento cotidiano. También se tiende a desconocer la naturaleza del conocimiento científico y de disfrazar su extensión y complejidad en su versión escolar. Aún está por definir cual es el papel del conocimiento científico en la escuela y decidir en adoptar la posición de transmitir información científica, formar futuros científicos, propiciar consumidores de ciencia, formar personas críticas frente al desarrollo científico y tecnológico, etc. Dependiendo de la opción que tomemos, los caminos a seguir en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia pueden variar sustancialmente.

[...] si las sociedades necesitan científicos, necesitan personas que quieran llegar a ser científicos; y esto significa que grandes cantidades de estas personas deben adquirir una imagen más o menos resisa y positiva del trabajo científico, así como los

² RODRIGO, Maria José y ARNAY, José. La construcción del conocimiento escolar. Reflexiones para un debate sobre la construcción del conocimiento en la escuela: hacia una cultura científica escolar. Barcelona. PAIDOS, 1977. p. 36.

principios de alguna comprensión científica, cuando son jóvenes. Se les debe dar una idea de lo que implica la investigación científica y de los distintos tipos de ciencia que hay –desde vivir con gorilas en las montañas africanas hasta sintetizar nuevos tipos de concertantes alimentarios- para que les pueda gustar ganarse la vida con ella. Necesitaran saborear de alguna manera cuales son las recompensas y las satisfacciones, así como algunos problemas éticos y prácticos que comporta la ocupación real de hacer ciencia

2. EL APRENDIZAJE EN LA RELACION TEORIA-PRACTICA Y/O EXPERIENCIA: DESDE BLOOM, GAGNE Y BRUNER

Este capítulo lo he dividido en tres partes: La primera analiza y describe las teorías de aprendizaje expuestas por tres importantes psicopedagogos norteamericanos los cuales observan el aprendizaje como un proceso que involucra lo cognitivo, lo psicomotor y lo afectivo. El aspecto cognitivo es el más estudiado y lo ven como un proceso por etapas, desde lo simple a lo complejo. Benjamín Bloom con su taxonomía cognitiva, dice que se llega al conocimiento a partir del conocer, comprender, analizar, aplicar, sintetizar, y evaluar. Para Robert Gagne este se obtiene a partir del reconocimiento del estímulo, la generación de la respuesta, el procedimiento siguiente, el uso de la terminología, las discriminaciones, la formación del concepto y la solución del problema. Y para Jerome Bruner el aprendizaje es un proceso en donde los estudiantes construyen nuevas ideas o conceptos basados en su propio conocimiento actual y/o pasado. En esta primera parte también haré un análisis sobre el aprendizaje basado en el cerebro con las teorías de la inteligencia natural y la de la inteligencia múltiple de Howard Gardner. En la segunda parte hace un análisis sobre lo que es el constructivismo desde las teorías cognitivas de Ausubel, Piaget y Vygotsky. En la tercera parte describiré el modelo de aprendizaje de Juan Ignacio Pozo aplicado a la enseñanza universitaria.

2.1 BENJAMIN BLOOM*: TAXONOMÍA COGNITIVA

En 1956, Benjamín Bloom lideró un grupo de psicólogos educativos que desarrollaron por primera vez, una clasificación de los niveles importantes en el proceso de aprendizaje. Las taxonomías están estrechamente relacionadas con el uso de objetivos instruccionales y el diseño de programas instructivos descritos por Gagne (ver *item 2.2*). La taxonomía de Bloom incluía tres *dominios* en el aprendizaje, traslapados entre si: el cognitivo, el psicomotor y el afectivo³.

El dominio *cognitivo* es el encargado del conocimiento y del desarrollo de las habilidades intelectuales y es el predominante en la mayoría de los cursos. Dentro de este dominio existen seis niveles o jerarquías en los objetivos cognitivos que van del simple comportamiento al más complejo. Esta taxonomía provee una estructura útil para categorizar las preguntas en las pruebas, ya que el profesor preguntara aspectos sobre un determinado nivel. Además cada nivel no sólo demandará de más habilidades de pensamiento sino que incluirá los niveles previos e introducción de los niveles próximos. En conjunto da al educador una estructura útil para la elaboración del material del currículo e introduce a los estudiantes a profundizar en las áreas de estudio. Los niveles son:

Conocer: recordar, memorizar, reconocer, identificar, describir -quien, que cuando, donde.

Comprender: interpretar, traducir de un medio a otro, describir en nuestras propias palabras, organizar y seleccionar en hechos e ideas.

* BLOOM, Benjamín: nació en USA en 1913 y murió en 1999. Hizo su PhD en Educación en la Universidad de Chicago 1942. Fue instructor del departamento de educación de la U. de Chicago. Fue consejero educacional para el gobierno de Israel, India y otras naciones. Fue un maestro, alumno e investigador en el campo de la educación.

³ BLOOM, Benjamin and KRATHWOH, David. *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain. New York: Longman, Green, 1956

Aplicar: solucionar el problema, aplicar la información para producir un resultado, usar los hechos, reglas y principios.

Analizar; subdividir algo y mostrar como es cuando se coloca junto, identificar los motivos, separa el todo de sus componentes, clasificar de acuerdo con algo, diagramar.

Sintetizar: crear un único y original producto que pueda tener una forma verbal o pueda ser un objeto físico. Combinar las ideas para formar una nueva, que se puede predecir, que se puede inferir, que ideas se pueden adicionar, que soluciones se pudrían sugerir.

Evaluar: dar un juicio de valor a las decisiones acerca de los tópicos, resolver las controversias o diferencias de opinión, esta usted de acuerdo?, que piensa usted acerca de esto?, colocar las cosas en orden de prioridad, como usted decidiría acerca de esto.

El *aprendizaje afectivo*: es demostrado por el comportamiento, indicando actitudes de sorpresa, interés, atención, preocupación y responsabilidad. Habilidad de escuchar y responder en las interacciones con otros, habilidad de demostrar estas características actitudinales o valores los cuales son apropiados para la situación y el campo de estudio. Está relacionado con las emociones, apreciaciones, actitudes, valores, disfrutar, conservar, respetar y soportar.

El *aprendizaje psicomotor*: es demostrado por las habilidades físicas; coordinación, destrezas manipulación, gracia, velocidad, acciones que demuestran las habilidades motoras finas como el uso de los instrumentos con precisión, o las habilidades motoras gruesas como el uso del cuerpo en la danza o el trabajo atlético.

2.2 CONDICIONES DEL APRENDIZAJE SEGÚN ROBERT GAGNE*

“Aprender es algo que se realiza dentro de la cabeza de la persona – en el cerebro ”

Para él existen diferentes dominios o niveles de aprendizaje los cuales requieren diferente tipo de instrucción. Gagne identifica cinco categorías mayores de aprendizaje: 1) información verbal (aprender a enunciar o a contar un hecho), 2) técnicas intelectuales (interactuar con el medio utilizando símbolos), 3) estrategias cognitivas (conducir su propio aprendizaje, memorización y pensamiento), 4) habilidades motoras (habilidades sicomotoras) y 5) actitudes (dominio afectivo). Diferentes condiciones internas y externas son necesarias para cada tipo de aprendizaje. Por ejemplo, para que las estrategias cognitivas sean aprendidas deberá tener la oportunidad de practicar desarrollando nuevas soluciones a los problemas; para aprender las aptitudes, el aprendiz deberá exponerse a un modelo creíble y/o argumentos persuasivos.

Con respecto a las herramientas para lograr las habilidades intelectuales Gagne sugiere que éstas se organizan en jerarquías originadas de la premisa de que toda habilidad intelectual o tarea pueden ser divididas en simples habilidades, las cuales a su vez se pueden dividir en otras simples. Las jerarquías reflejan los prerrequisitos que deberán ser completados para facilitar el aprendizaje a cada nivel siendo las habilidades de bajo nivel obtenidas primero que las habilidades de mayor nivel. Las jerarquías cuentan con diferentes etapas como: reconocimiento del estímulo, generación de la respuesta, procedimiento siguiente, uso de la terminología, discriminaciones, formación del concepto, regla de aplicación y solución del problema.

Gagne identifica nueve *eventos intruccionales* lógicos de un curso de enseñanza⁴.

* GAGNE, Robert: nació en 1916 en Estados Unidos. Realizo su PhD en Psicología en la Universidad de Brown. Fue director del laboratorio de habilidades motoras y preceptuales de la fuerza aérea USA donde empezó a desarrollar su teoría llamada “Condiciones de Aprendizaje”. Actualmente es profesor del Departamento de Investigación Educativa de la Universidad estatal de Florida en Tallahassee.

1. *Ganar la atención*: presentar un problema interesante, una nueva situación, uso de multimedia (recepción)
2. *Informar los objetivos*: describir el objetivo de la lección, decir que se espera de los estudiantes, como ellos podría utilizar el conocimiento generado, dar demostraciones si es necesario (expectación)
3. *Llamar al conocimiento previo*: los hechos, reglas, procedimientos, habilidades de cada estudiante. Mostrar como el conocimiento esta conectado, orientar al aprender y recordar. Pruebas pueden ser incluidas (retrospección)
4. *Presentar el material de aprendizaje*: representado en textos, graficas, simulaciones, figuras, pinturas sonidos etc., o siguiendo un estilo de presentación consistente (percepción selectiva)
5. *Proveer una guía de aprendizaje*: presentación de contenidos de una manera simple y fácil (código semántico)
6. *Activación de lo realizado "práctica"*: dejar que el estudiante realice una actividad que demuestre el comportamiento adquirido, tareas prácticas o aplicación del conocimiento, (respuesta)
7. *Retroalimentar*: analizar el comportamiento nuevo adquirido, presentar una solución ideal etapa por etapa del problema (reforzamiento)
8. *Probar las habilidades*: determinar si la lección ha sido aprendida (retrospección)
9. *Reforzar la retención y transferencia*: informar al estudiante acerca de situaciones y problemas similares dando una práctica adicional. Colocar al estudiante en una situación de transferencia (generalización).

⁴ GAGNE, R. and DRISCOLL, M. Essentials of Learning for Instruction (2nd Ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice, 1988.

El diseño de instrucción de Gagne plantea que un estímulo ambiental facilita la retención de una memoria de largo plazo. La información de la memoria a largo plazo se relaciona con la información existente y trabaja en un esquema preexistente. La instrucción entonces mide la respuesta del estudiante, el cual refleja la manipulación de su cerebro por la información. La próxima etapa de instrucción necesita analizar la respuesta del estudiante y proveer de una nueva información significativa al estudiante

2.3 JEROME BRUNER* Y EL CONSTRUIR CONOCIMIENTO

El conocimiento es un proceso no un producto. Instruir no es conseguir que el estudiante coloque los resultados en la mente para hacer pequeñas librerías, es enseñarle al estudiante que piense matemáticamente por él mismo, que considere los problemas como hace un historiador...que participe en el proceso del conocimiento

La teoría de Bruner representa una perspectiva particular del Constructivismo (ver *item 2.5*). Para él, el aprendizaje es un proceso activo en donde los estudiantes construyen nuevas ideas o conceptos basados en su conocimiento actual y/o previo. El estudiante selecciona y transforma la información, construye hipótesis y toma decisiones basados en una estructura cognitiva. Esta estructura cognitiva (i.e. esquemas, modelos mentales) da significado y organización de la experiencia y deja que el individuo organice la información recibida^{5 6}

* BRUNER, Jerome. (1915-) nació en New York. Realizó su PhD en Harvard en 1947 y es uno de los psicólogos más conocidos del siglo XX. Fue una de las figuras claves de la llamada “revolución cognitiva” y escribió libros importantes como “Hacia una Teoría de Instrucción” y “El proceso de la educación” en 1960, el cual enfatiza una innovación en el currículo agrupando teorías cognitivas de desarrollo. Fue profesor de psicología en la universidad de Harvard y Oxford y actualmente en la universidad de New York. Formó parte del proyecto: Man: A Course of Study (MACOS) atacado por los conservadores y difícil de implementar porque requería profesores muy sofisticados y especializados y habilidades y gran motivación por parte de los estudiantes.

⁵ BRUNER, J. The Process of Education. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1960.

El instructor en este proceso, motivará a los estudiantes para que ellos descubran por sí mismos los principios. Se relacionará con los estudiantes a partir de un dialogo activo (i.e. aprendizaje socrático). Deberá trasladar la información que necesita ser aprendida a un formato apropiado al estado actual de entendimiento del estudiante. El currículo deberá estar organizado en espiral para que el estudiante edifique continuamente lo que necesita aprender.

La instrucción afecta el modelo mental del mundo que los estudiantes construyen, elaboran y transforman. Esta deberá estar orientada a cuatro grandes aspectos: 1) hacia la *predisposición* del aprendizaje, 2) hacia las vías por las cuales un cuerpo de conocimiento puede ser *estructurado* para que este pueda ser rápidamente tomado por el estudiante, 3) hacia las *secuencias* más efectivas de presentar el material y 4) hacia la naturaleza y periodicidad de las recompensas o castigos. Los nuevos métodos de estructurar el conocimiento deberán resultar en simplificación, en generación de nuevas proposiciones y en un incremento en la manipulación de la información.

La estructura del enseñar y del aprender más que hechos y técnicas es el centro del problema clásico de transferencia. Si un aprendizaje inicial favorece un aprendizaje tardío, este debe darse a partir de una visión general del asunto para que las relaciones entre las cosas encontradas temprano y tardíamente puedan relacionarse tan claramente como sea posible. Las escuelas han gastado gran parte del tiempo de la gente posponiendo la enseñanza de importantes áreas porque son consideradas muy difíciles. Parte de la hipótesis que cualquier sujeto puede aprender efectivamente de una forma intelectualmente honesta en cualquier edad y en cualquier estado de desarrollo. De aquí se desarrolla la idea de su currículo en espiral el cual hará una revisión repetitiva de las ideas básicas, construyendo sobre ellas hasta que el estudiante obtenga un aparato formal completo que vaya sobre ellas.

⁶ BRUNER, J. Toward a Theory of Instruction. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966.

Bruner, también señala a la intuición como un rango esencial del pensamiento productivo y al interés en el material de aprendizaje como el mejor estímulo para el aprendizaje más que los premios, menciones o grados (Smith, 2002).

2.4 INTELIGENCIA NATURAL E INTELIGENCIA MÚLTIPLE

El aprendizaje basado en el *cerebro* está soportado en las investigaciones en neurociencias y sugiere que el cerebro aprende naturalmente. Esta teoría está basada en el conocimiento de la estructura y función del cerebro en los diversos estados de desarrollo, manejando una franja de trabajo biológica para crear una instrucción efectiva.

La manera como se realiza el aprendizaje en los seres humanos ha evolucionado. Inicialmente el hombre aprendía haciendo y experimentando con los sentidos, las emociones, el cuerpo y la mente, aprendiendo según el contexto. Sin embargo, desde que apareció la escritura hace 5000 años y desde que la revolución tecnológica e industrial empezó, la educación se ha venido haciendo descontextualizada. A pesar de que las vías su aprendizaje natural en que los humanos aprenden y los mecanismos biológicos no cambian porque la evolución genética no ocurre tan rápido, se aprende de las cosas fuera del contexto a partir de libros, charlas de profesor, tableros, siendo más abstractas y menos concretas. En este contexto un buen maestro tratará de enseñar de acuerdo a la manera en que el cerebro naturalmente aprende.

El pensamiento, aprendizaje y memoria se realiza cuando las moléculas químicas de información se unen a receptores proteicos de las células nerviosas formando una red neuronal o circuitos los cuales contienen pensamientos, memorias, conocimiento y

destrezas⁷. El procesamiento de la información y las habilidades de aprendizaje del cerebro son las que hacen que el organismo interactúe exitosamente en ambientes físicos y sociales para sobrevivir y reproducirse. El cerebro escanea la información a través de los sentidos, la procesa, y la guarda o la rechaza cuando sea necesario. El cerebro puede detectar patrones y tiene la necesidad natural de descubrir significados a través de varios tipos de memoria, lo cual nos permite corregirnos y aprender de la experiencia. La mente humana se vuelve una fábrica instalada con todos los rasgos que ella necesita. No es un tablero en blanco ni un procesador de contenidos generales.

Nosotros aprendemos mal cuando somos presionados y nos sentimos desmotivados. El sentimiento de presión y desmotivación causa estrés y la secreción de hormonas como el cortisol que reduce la habilidad del cerebro de percibir y pensar claramente y formar la memoria a corto plazo. Sentirse motivado, retados, produce hormonas como la adrenalina y noradrenalina las cuales ayudan a aprender. Siendo exitosos y confidentes también se aumentan los niveles de serotonina y nos coloca de buen estado de ánimo. El aprendizaje facilita la construcción de redes neuronales que contienen la memoria de nuestras experiencias, del conocimiento información y de nuestros físicos y mentales procedimientos de destreza. Ambientes ricos y retadores producen más conexiones neuronales que aburridos y estériles. El aprendizaje siempre está embebido en una cascada de estímulos ambientales externos y neurológicos internos y proceso fisiológicos y psicológicos, igualmente en un contexto particular espacial y contexto social del momento.

En conclusión, el objetivo de la enseñanza basada en el cerebro es activar el proceso de enseñanza natural del cerebro, hacer conexiones entre lo existente y los nuevos conocimientos y destrezas, y ayudar al estudiante a construir significados y memorias duraderas. La enseñanza debe inducir el desarrollo de la inteligencia natural. Estas

⁷ The Biology of Learning and Implications for Teaching: <http://www.comfsm.fm/socscie/biolearn.html>

son biológicamente basadas e independientes de los mecanismos cognitivos (procesamiento de la información). El sistema nervioso de los humanos selectivamente procesa ciertos tipos de información acerca de su ambiente físico y social y selectivamente ignora otros y se predispone hacia ciertos tipos de pensamientos emociones y comportamientos y no hacia otros.

Howard Gardner* dice que hay 8 tipos de inteligencias: la lingüística-verbal; la lógico-matemática; la espacial; cuerpo humano- quinesia, la musical, la interpersonal (social), la intrapersonal y naturalística. Para él, el proceso de enseñanza y aprendizaje debe enfocarse a la inteligencia particular de cada persona. Por ejemplo, si un individuo tiene fuertemente una inteligencia musical, él debe desarrollar esa habilidad. Las diferentes clases de inteligencia representan no sólo diferentes dominios de contenido sino también modalidades de enseñanza. También implica que la evaluación de las habilidades deberá medir todos los tipos de inteligencia, no solo una de ellas^{8 9}.

La idea de inteligencia natural y múltiple es central en cualquier concepción de enseñanza y aprendizaje. Esta empieza a tener un gran poder unificador en la psicología educativa y es también una reflexión y unificación en las ciencias sociales y de comportamiento donde nuestro conocimiento de las bases biológicas de inteligencia y comportamiento esta integradas con las existentes y nuevas teorías y

* GARDNER, Howard. (1943-) Nació en USA, hijo de refugiados de la Alemania nazi. Profesor de Psicología de Harvard y de Neurología de la Universidad de Boston. Conocido por su teoría de las múltiples inteligencias. Pertenece al comité del proyecto Zero el cual investiga sobre el desarrollo de proceso de aprendizaje en niños, adultos y organizaciones desde 1967 para entender e incrementar el aprendizaje, creatividad y pensamiento en las artes y las disciplinas humanísticas y científicas a nivel individual e institucional. Recientemente, creó el proyecto "GoodWork" examina como los individuos que desean realizar un buen trabajo son exitosos a pesar de las circunstancias. Autor de 18 libros y numerosos artículos Los más recientes: *The Disciplined Mind: Beyond Facts and Standardized Tests*, *The K-12 Education that Every Child Deserves* (Penguin Putnam, 2000) e *Intelligence Reframed* (Basic Books, 2000). *Good Work: When Excellence and Ethics Meet* (Basic Books 2001)

⁸ GARDNER, H. *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books, 1983.

⁹ GARDNER, H. *Multiple Intelligences: The Theory in Practice*. New York: Basic Books, 1993

métodos. El uso de múltiples inteligencias lleva a los maestros a aprender mejor sobre las competencias de los estudiantes y de su preferencia y estilo de pensar y aprender. Para el desarrollo del currículo las implicaciones de las múltiples inteligencias son importantes. Los buenos currículos son los que siempre designan el desarrollo de múltiples y varias competencias en los estudiantes. Se necesita experimentar activamente en la clase con métodos que incrementen el aprendizaje.

2.5 CONSTRUCTIVISMO Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO (AUSUBEL, PIAGET Y VYGOTSKY)

El constructivismo es una teoría de conocimiento con raíces en la filosofía, psicología y cibernética basada en gran parte de las investigaciones de Piaget*. En el constructivismo se difiere de la visión tradicional donde el conocimiento existe independientemente del individuo, siendo la mente una tabula rasa o una tabla blanca en donde una pintura puede ser pintada. Al contrario se basa en la idea que el conocimiento se construye activamente a partir de su propia experiencia. Más que una simple absorción de ideas, el constructivismo lleva a los niños a crear sus propias ideas. Ellos asimilan las nuevas informaciones y las acomodan con las preexistentes modificando su entendimiento (esquema mental) a la luz de los nuevos datos. Si ésta nueva información es muy diferente de la estructura mental existente no tiene sentido incorporarla, por lo tanto la nueva información puede ser rechazada. Sin embargo, las ideas asimiladas y acomodadas ganan en complejidad y poder, modificando críticamente lo que ellos piensan y conocen acerca del mundo incrementando el entendimiento en profundidad y detalle. El constructivismo enfatiza el estudio cuidadoso del proceso mental por el cual los niños desarrollan sus ideas. Su

* PIAGET, Jean. (1896-1980), psicólogo y pedagogo suizo, conocido por sus trabajos pioneros sobre el desarrollo de la inteligencia en los niños. Entre su vasta obra, destacan: El pensamiento y lenguaje del niño (1926), Juicio y razonamiento en el niño (1928), El nacimiento de la inteligencia en el niño (1954), Seis estudios de psicología (1964), Biología y conocimiento (1967) y Psicología y pedagogía (1970). <http://tip.psychology.org/piaget.html>

aplicación educacional se basa en crear un currículo que llegue al entendimiento, por medio del crecimiento y desarrollo de la mente.

El constructivismo es la idea que mantiene que el conocimiento del individuo tanto en los aspectos cognitivos, sociales y afectivos no es copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano. La concepción constructivista del aprendizaje escolar se sustenta en la idea de que la finalidad de la educación que se imparte en la escuela es promover los procesos de crecimiento personal del alumno en el marco de la cultura del grupo al que pertenece. El estudiante relaciona de manera no arbitraria y sustancial, la nueva información con los conocimientos y experiencias previas y familiares que posee en su estructura de conocimientos y que tiene la disposición de aprender significativamente y que los materiales y contenidos de aprendizaje tienen significado potencial o lógico. Depende de la motivación y actitud de éste por aprender, así como los materiales o contenidos de aprendizajes con significado lógico.

La motivación es lo que induce a una persona a llevar a la práctica una acción. Es decir estimula la voluntad de aprender. El docente debe inducir motivos en sus alumnos en sus aprendizajes. La motivación escolar no es una técnica o método de enseñanza particular, sino un factor cognitivo presente en todo acto de aprendizaje. La motivación condiciona la forma de pensar del alumno y con ello el tipo de aprendizaje resultante. Los factores que determinan la motivación en el aula se dan a partir de la interacción entre el profesor y el alumno. En cuanto al alumno la motivación influye en las rutas que establece, perspectiva asumida, expectativa de logro, atribuciones que hace de su propio éxito o fracaso. En el profesor es de gran relevancia la actuación (mensajes que transmite y la manera de organizarse).

Igualmente a pesar de que la enseñanza debe individualizarse en el sentido de permitir a cada alumno trabajar con independencia y a su propio ritmo, es necesario promover la colaboración y el trabajo grupal, ya que este establece mejores relaciones

con los demás alumnos. Generalmente los estudiantes aprenden más, les agrada la escuela, se sienten más motivados, aumenta su auto-estima y adquieren habilidades sociales más efectivas al hacer el aprendizaje en grupos cooperativos.

Para Ausubel* todo aprendizaje escolar puede analizarse en dos dimensiones representadas mediante un eje vertical y otro horizontal. El eje vertical representa el tipo de aprendizaje realizado por el alumno, que puede ser significativo o repetitivo (memorización literal); y el eje horizontal representa las estrategias educativas empleadas para favorecer el aprendizaje, i.e. la enseñanza expositiva, el descubrimiento guiado o el descubrimiento autónomo¹⁰.

El tipo de aprendizaje es en esencia independiente de la estrategia educativa; por consiguiente tanto el aprendizaje significativo y/o el repetitivo puede conseguirse mediante los métodos de enseñanza expositiva y del descubrimiento. Sin embargo estos aprendizajes son diferentes. El aprendizaje significativo se da cuando el conocimiento nuevo se incorpora al preexistente estableciéndose relaciones *consistentes*, sustantivas, y no arbitrarias, entre lo que sabemos o lo que aprendemos. En cambio, en el aprendizaje repetitivo no hay ningún esfuerzo por integrar los nuevos conceptos a los conocimientos ya existentes, o por relacionarlos con experiencias anteriores: el sujeto hace una incorporación arbitraria y verbalista de los conocimientos

* AUSBEL, David Paul. (1918-), psicólogo de la educación, nacido en Nueva York, Hijo de judíos, inmigrantes de Europa Central, graduado en la Universidad de New York y creador de la teoría del aprendizaje significativo. En 1963 publicó: *Psicología del aprendizaje significativo verbal*, que se complementaría en 1968 con *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* (México: Trillas, 1976). Publicó además artículos en el *Journal of Educational Psychology* (1960, sobre los *organizadores previos*); en la revista *Psychology in the Schools* (1969, sobre la psicología de la educación); y en la *Review of Educational Research* (1978, en defensa de los *organizadores previos*).

¹⁰ AUSBEL, D.P. *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune & Stratton, 1963.

Para que ocurra un aprendizaje bueno o significativo se requiere: 1) que el material a aprender posea un significado por sí mismo; 2) que el sujeto tenga los conocimientos necesarios para hacer esta asimilación (que cuente con lo que ha llamado *conceptos inclusores*), en los que tenga anclaje ese nuevo saber; 3) que quiera hacerlo, que haya una implicación afectiva en el proceso.

Un buen y un mal aprendizaje depende más del tipo de asimilación que se obtenga, que del método de enseñanza utilizado. Sin embargo a pesar de que ciertos aprendizajes memorísticos, son siempre necesarios en los currículos; lo que Ausubel mantiene es que a medida que el niño crece, estos van perdiendo importancia, ya que los nuevos conocimientos que va adquiriendo le permiten realizar cada vez más aprendizajes significativos: Cada nuevo aprendizaje significativo puede funcionar como un concepto *inclusor* para hacer significativos nuevos aprendizajes y establecer así una reacción en cadena.

La *significatividad* del aprendizaje no es una cuestión de todo o nada, sino de grado. Será importante intentar que los aprendizajes que se realicen sean lo más significativo posible (más no totalmente) en cada nivel de escolaridad. La disponibilidad de un niño para el aprendizaje significativo dependerá en gran parte de la existencia de conocimientos previos pertinentes para los nuevos aprendizajes. Estos dependen en alguna medida, de su competencia intelectual, desde luego, pero, sobre todo, de la influencia del profesor y de la metodología de la enseñanza utilizada.

Dado que en nuestra mente los conceptos están organizados jerárquicamente (de lo general a lo particular), la manera como se hace la asimilación del material nuevo a los conocimientos que ya posee el sujeto origina tres tipos de aprendizaje diferentes: 1) el subordinado (el más común) donde la nueva idea aprendida está jerárquicamente por debajo de una ya existente; 2) el supraordinado donde a inversa de lo anterior los conceptos aislados se organizan para permitirnos formar un concepto más general; 3) el combinatorio en donde se relacionan conceptos del mismo nivel jerárquico.

Ausubel dice que el aprendizaje va de lo general a lo particular proponiendo una metodología deductivista. Él propone la enseñanza *expositiva* como estrategia, la cual consiste en exponer explícitamente la estructura conceptual de la teoría que se está enseñando para que el alumno la relacione con su propia teoría y conocimientos sobre el tema y surja la reorganización conceptual precisa. En esta estrategia los individuos aprenderán significativamente una gran cantidad de material a partir de lecciones verbales/textuales en la escuela (en contraste con las teorías desarrolladas en el laboratorio)

Para esto las explicaciones verbales del profesor parten de una o varias ideas generales en un *organizador previo* que conectan lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber. El estudio de textos se realiza organizando cada tema jerárquica y deductivamente, comenzando con las ideas más potentes y generales, para descender a las particulares y concretas resaltando las ideas superiores de la jerarquía mediante gráficos. Cada tema, tiene una especie de *mapa conceptual* o una representación en la que los conceptos aparecen jerárquicamente organizados. Estos son instrumentos que sirven en primer lugar para dirigir la atención tanto a profesor como a estudiante, sobre las ideas más importantes en las que se deben centrar. También se les puede considerar como una especie de "mapas de carreteras": su representación muestra algunos de los caminos que se pueden seguir para relacionar el significado de los diferentes conceptos, y así construir proposiciones en los que puedan entrar como términos. Además, una vez que se ha completado un aprendizaje significativo, los mapas conceptuales proporcionan un resumen esquemático de todo lo que ha aprendido.

Sin embargo la enseñanza que se basa exclusivamente en el método expositivo es insuficiente y a veces sólo resulta eficaz a partir de la adolescencia y con sujetos expertos, dado el carácter deductivo del pensamiento lógico-formal. Además, no todos los aprendizajes proceden de la educación, sino que existen aprendizajes

inductivos. Además la reorganización conceptual, tal como la plantea Ausubel, parece producirse casi espontáneamente; en segundo lugar, ¿cómo los organizadores previos sirven de puente entre lo que se sabe y lo que no? y, por último, tenemos el problema de que para que haya aprendizaje significativo, deben existir ya conceptos inclusores, pero... ¿cómo se forman los primeros?

Piaget llamo a su teoría general como *epistemología genética* dado su interés por el conocimiento del desarrollo del ser humano. Dado que era biólogo y filósofo, éstas dos disciplinas influenciaron sus teorías e investigación del desarrollo del niño. El concepto de la estructura cognitiva es central en su teoría. Para él estas son patrones de acción física o mental que limita los actos específicos de inteligencia y corresponden a estados del desarrollo del niño. Existen cuatro estructuras cognitivas primarias (o estados de desarrollo): el sensorial-motor de 0-2 años, el de pre-operaciones de 3-7 años donde la inteligencia es intuitiva, el de operaciones concretas de 8-11 años donde la inteligencia es lógica pero depende de referenciales concretos, y el de operaciones formales de 12-15 años en donde el pensamiento involucra abstracciones. Las estructuras cognitivas cambian a través de un proceso de adaptación: asimilación y acomodación.

La asimilación involucra la interpretación de eventos en términos de las estructuras cognitivas existentes, mientras que la acomodación se refiere a los cambios en la estructura cognitiva para darle sentido a lo que se toma del ambiente. De esta manera, el desarrollo cognitivo consiste de un esfuerzo constante para adaptarse al ambiente en términos de asimilación y adaptación. En este sentido la teoría de Piaget es similar en naturaleza a las de otras perspectivas constructivistas de aprendizaje como i.e. Bruner y Vygotsky.

Vygotsky* defiende que el desarrollo general viene provocado por el aprendizaje, o más exactamente por la situación interactiva y social del aprendizaje, y la defiende explícitamente ante las tesis piagetianas, en las que el desarrollo condiciona el aprendizaje. El tema principal de la teoría de Vygotsky es el papel importante que juega la interrelación social del individuo en el conocimiento. El dice que cada función en el desarrollo cultural del niño aparece primero en el nivel social y después a nivel individual; primero entre la gente (inter-psicológico) y luego dentro de él (intra-psicológico). Esto se aplica por igual a la atención voluntaria, a la memoria lógica y a la formación de conceptos. Todas las funciones altas se originan como relaciones actuales entre los individuos^{11 12}

Un segundo aspecto de la teoría de Vygotsky es la idea que el desarrollo cognitivo potencial es limitado lo que el llama *zona de desarrollo proximal* (ZPD). Posteriormente un total desarrollo de la ZPD depende de una interacción social completa. El rango de destrezas que se desarrollan con la guía del adulto o con colaboración de un maestro excede a aquellas que se desarrollan solo. En las situaciones escolares, al alumno se le evalúa, normalmente, por su *nivel real de desarrollo*, esto es, por las funciones que ya tiene establecidas, *maduras* e integradas en el funcionamiento normal. Pero no es esta la única valoración que hay que hacer para que el niño como alumno se inicie en un proceso de enseñanza y aprendizaje: existe alrededor de él la ZPD, constituida por aquellas funciones que están en vías de maduración, y que se revelan en lo que el niño puede hacer con la ayuda del experto. De esta manera, la enseñanza no tiene que ir orientada a las funciones que ya han madurado, sino que tiene que ser prospectiva e ir un poco por delante, de manera que el aprendizaje sea el que tire del desarrollo. El problema que surge en el aula es el de

* VYGOTSKY, Lev Semionovich (1896-1934) psicólogo bieloruso de Orsh. Fue un participante directo y activo en la lucha por la construcción de una psicología científica a partir del materialismo dialéctico e histórico.

¹¹ VIGOTSKY, L.S. El desarrollo de los procesos psíquicos superiores. desarrollo. Barcelona, Grijalbo, 1979.

¹² VYGOTSKY, L.S. Mind in Society. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

saber cómo hacen suyo los niños estos procesos cognitivos que surgen en la interacción social, cómo los interiorizan; y también qué mecanismos intervienen en este proceso.

El mecanismo más poderoso que se reconoce es el lenguaje, que no sólo tiene una función comunicativa, transmisora de información, sino que es, por excelencia, el mecanismo regulador de los procesos cognitivos. El experto intenta con su discurso poner en claro la propia representación que tiene de la situación, de la tarea, a la vez que intenta guiar las acciones del aprendiz, para que éstas adquieran un sentido y una organización, de manera que el aprendiz pueda utilizar éste mecanismo regulador con carácter autorregulador: a través del lenguaje le da las herramientas cognitivas precisas. Lo que se aprende es a utilizar el lenguaje con este valor instrumental, no sólo externamente, sus acciones dirigidas a meta, sino internamente, su pensamiento y actividad planificadora. La tesis fundamental que se desprende de esta perspectiva es que en la construcción del conocimiento en general, y por lo tanto, en la construcción de los aprendizajes escolares, juegan un papel decisivo las relaciones interpersonales entre el experto y el novato, entre los adultos y los niños.

2.6 COMO HACER QUE SE APRENDA EN LA UNIVERSIDAD: SEGUN POZO*

Para Juan Ignacio Pozo el aprender es cualquier cambio en las habilidades, actitudes, valores, estrategias cognitivas de los alumnos. El aprendizaje deberá generar cambios estables y duraderos, conocimientos a partir de la práctica, y conocimientos transferibles o aplicables a nuevas situaciones. Para lograr cambios importantes en la enseñanza de las asignaturas propone clasificar en categorías los contenidos de las

* POZO, JI. Departamento de Psicología Básica, Universidad Autónoma de Madrid

asignaturas (descritos en el plan de estudios) dado que cada categoría se aprende y se enseña diferente¹³.

Los contenidos se clasifican en verbales (que enseñan a enunciar o contar un hecho), procedimentales (que enseñan hacer las cosas) y actitudinales (que enseñan a comportarse frente a las personas y los problemas). Los contenidos verbales suelen ir de lo simple a lo complejo, son datos, hechos, leyes, principios. Van del conocimiento a la comprensión de la información verbal. Es importante señalar a los contenidos verbales como el medio para que los estudiantes generen y desarrollen sus capacidades y no como el fin para que el sepa esto o lo otro.

Los contenidos procedimentales se refieren a las habilidades, destrezas y estrategias. Lo que los alumnos son capaces o pueden hacer. Hacen que el estudiante pase de un conocimiento teórico al tomar decisiones, acumular acciones. El saber hacer hay que enseñarlo específicamente como saber, no como una pequeña dosis de práctica, hay que darle al estudiante escenarios para que hagan y practiquen los procedimientos. Generalmente la primera vez que el alumno hace algo es el día del examen y les puede ir mal, no por no saber, sino por no saber a expresar (argumentar) lo que saben. Existe diferencia entre enseñar técnicas a enseñar estrategias; no es lo mismo resolver un ejercicio que un problema. Un ejercicio es una situación rutinaria, sobre aprendida, automatizada se sabe donde estoy, donde quiero ir y como se va. Un problema es una situación abierta en la que no se sabe como llegar al objetivo, se sabe donde se está, donde se quiere ir pero no como se va, en donde se tiene que tomar decisiones y elegir entre opciones y evaluar los pasos que se van dando. Los ejercicios son afrontados por técnicas, los problemas por estrategias. Enseñar para manejar técnicas, es enseñar para que se apliquen rutinas exitosas, enseñar a manejar estrategias, es enseñar desde el error, que el estudiante reflexione cuando las cosas no van bien. Hay que saber que las técnicas son el medio para acceder a las estrategias.

¹³ POZO, Juan Ignacio. Por que no aprenden los alumnos universitarios lo que se les quiere enseñar. Docencia Universitaria, CEDEDUIS, Universidad Industrial de Santander. Vol 2: 185-197

Los contenidos actitudinales se refieren a la adquisición de actitudes o tendencias a comportarse de una forma determinada en presencia de ciertas situaciones o personas. Son tendencias o disposiciones adquiridas y relativamente duraderas a valorar las situaciones, los mensajes, los comportamientos para tomar decisiones y actuar en consecuencia. Es el *espíritu crítico*, la forma de relacionarse con los compañeros, la forma de acercarse a los problemas, actitudes y valores propios de la profesión.

Los problemas de aprendizaje se pueden analizar de acuerdo a: los contenidos (que queremos aprender), los procesos (como se aprende lo que esperamos) y las condiciones (cuando, cuanto, donde, con quien debe organizarse la práctica). Los contenidos, desde el punto de vista del aprendizaje, deben ser analizados en función del tipo de contenido (verbal, procedimental, actitudinal), no del contenido concreto. Los procesos de aprendizaje se relacionan con los mecanismos físicos y psicológicos que el alumno pone en marcha para aprender. Estos mecanismos procesan la información, la transforma, la codifica, la integra en otra y la cierra generando conocimiento. El alumno aprende si quiere, si le interesa o si le llama la atención. Existen procesos de motivación, de atención, de transferencia, de aplicación¹⁴. Las condiciones son las que hacen posible que los procesos se lleven a cabo. Se deben generar condiciones que hagan que el estudiante atienda y se motive.

¿Cómo es el enfoque cognitivo en el aprendizaje? ¿Cómo funciona el proceso cognitivo? ¿Que dificultades tiene el sistema cognitivo para asimilar, retener para aprender ciertos dominios, ciertos sistemas de conocimiento puro? Las tecnologías deberían estar diseñadas para interactuar con el sistema cognitivo humano ya que este se niega a aprender cosas arbitrarias e irrelevantes. El aprendizaje requiere práctica y esfuerzo. Inicialmente, en el caso del aprendizaje, predomino el enfoque conductista

¹⁴ POZO, Juan Ignacio. Por que no aprenden los alumnos universitarios lo que se les quiere enseñar. Docencia Universitaria, CEDEDUIS, Universidad Industrial de Santander. Vol 3: 219-231

(originado en Pavlov*, Skinner) donde el estímulo hacia predecible la conducta. Las teorías educativas basadas en el conductismo se basaban en que la estructura del ambiente y la manera como este es manipulado condiciona la conducta de los sujetos y sus respuestas. Las tecnologías educacionales se basaban en una pedagogía por objetivos, apoyadas en técnicas de aprendizaje específicas y programas de refuerzos adecuados. El aprendiz era una ser limitado a un sistema cognitivo (sistema de representaciones) limitado a reflejar la estructura del medio (el medio es el espejo) donde el profesor tiene el control ya que al manipular el ambiente, el estudiante modifica su conducta. Aprender era reproducir la estructura del medio.

En los últimos años el enfoque que predomina es el cognitivo, en el cual, al contrario del conductista, las personas no se comportan en el mundo real tal como es el mundo, sino en función de un sistema de representaciones de la realidad. Una representación es siempre una transformación, una codificación, con cierto objeto y lenguaje, etc. Un enfoque cognitivo clásico es el procesamiento de la información basada en que el sistema cognitivo humano funciona como un ordenador digital adoptando programas de computador como una metáfora del funcionamiento. El sistema cognitivo humano puede verse como la imagen de un computador, y memorias, dando respuesta a los estímulos por un proceso inductivo; o como un sistema donde la información se transforma y procesa a partir de un conjunto de sistemas de procesos cognitivos casuales, o alternos como los de atención y los procesos y estructuras de memoria. Para aprender y para percibir el mundo se tienen sistemas de memoria interconectadas: memoria sensorial (percepción y reconocimiento de estímulos a partir de los sentidos), memoria a corto plazo (transitoria) y memoria a largo plazo (permanente o de trabajo).

* PAVLOV, Iván Petróvich. (1849-1936), fisiólogo ruso y premio Nobel de Fisiología y Medicina (1904), conocido por sus estudios sobre el comportamiento reflejo y por sus trabajos precursores sobre la fisiología del corazón, el sistema nervioso y el aparato digestivo. En 1889 demostró la existencia de reflejos condicionados y no condicionados en los perros, con influencia en las teorías psicológicas conductistas, fisiológicamente orientadas, durante los primeros años del siglo XX. Su principal obra es Reflejos condicionados (1926).

Esta última memoria es el espacio mental, la cantidad de elementos que se pueden mantener activos, cuando se maneja mas información de la que se puede retener, la tarea se hace lenta y difícil.

El aprendizaje es más eficaz cuando el maestro gradúa o distribuye la nueva información, de forma que no exceda los recursos cognitivos disponibles. La memoria de trabajo igual que la memoria RAN de un computador debe guardarse en un *disco duro* para que pueda se utilizada posteriormente. Existen procesos de adquisición de la información que incorporan una información que esta siendo procesada a nuestro saber, conocimientos, hábitos, emociones, etc. El aprendizaje dependerá de la manera como se realizan estos proceso. El primer proceso es la atención o la capacidad de seleccionar, de dirigir los elementos mas importantes de la información, el estudiante que atiende puede aprender. Es importante lograr la atención del estudiante. Debemos seleccionar la información, discriminar lo relevante y utilizar señales para llamar la atención.

3. ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS (COMO SE HACE CIENCIA)

*Desconfíen del gesto más trivial y en apariencia más sencillo
y sobre todo examinen lo habitual.
No acepten sin discusión las costumbres heredadas.
Ante los hechos cotidianos, por favor,
no digan: "es natural".
En una época de confusión organizada
de desorden decretado
de arbitrariedad planificada
y de humanidad deshumanizada...
Nunca digan: "es natural", para que todo pueda ser cambiado.*

Bertold Brecht*

3.1 LA MICROBIOLOGÍA: SU HISTORIA Y SU MÉTODO

La microbiología es una ciencia derivada de la biología (del griego bío: vida, y logo: ciencia), ciencia de la *vida*** , que estudia un grupo extenso de organismos vivos

* BRECHT, Bertolt. (1898-1956). Poeta, director teatral y dramaturgo alemán, estudió marxismo y criticó severamente el capitalismo y la justicia social fue un tema fundamental en su obra. Escribió *La ópera de los dos centavos* (1928), *La vida de Galileo Galilei* (1938-1939), *Madre Coraje y sus hijos* (1941), y *El círculo de tiza caucásico* (1944-1945). Por su oposición a Hitler, huyó en 1933 a Escandinavia y luego a California en 1941. En 1948, Brecht volvió a Alemania y se estableció en Berlín

microscópicos o no con heterogeneidad de tipo estructural, funcional y taxonómico: desde partículas no celulares como los virus hasta organismos celulares como las bacterias, los protozoos y parte de las algas y de los hongos. Las preguntas que responde son diversas como: 1) ¿Cómo funcionan las células vivas? 2) ¿Porqué y cómo los microorganismos son capaces de existir en forma libre o independiente? 3)

** Ciencia: Cualquier cosa que se afirme avalado por científicos, o por la investigación científica. La ciencia trata de buscar el orden natural de las cosas, de los eventos, las regularidades -que llamamos leyes- en el comportamiento de los fenómenos.

¿Cómo y porqué aparecen los diferentes tipos de microorganismos? 4) ¿Cual es el papel de los microorganismos en el mundo, en la sociedad, en nuestros propios cuerpos, en los animales y en las plantas? 5) ¿Cual es el papel de la microbiología como ciencia biológica básica? 6) ¿Cómo el conocimiento de los microorganismos puede ayudar a comprender mejor la biología de los organismos superiores y a mejorar el mundo?

3.1.1 Historia de la Microbiología. La biología surgió entre los antiguos griegos dedicados a la vida contemplativa, no requerían de la observación y/o de la experimentación y por medio del razonamiento resolvían los problemas. Las bases científicas de la biología se empezaron a establecer con la sistematización de los organismos vivos realizada por John Ray y Linneo. En la primera mitad del siglo XIX, la biología era descriptiva y teóricamente se basaba en la idea de la invariabilidad de las especies y las causas sobrenaturales de la adecuación de los organismos. Pero gracias al desarrollo de instrumentos como el microscopio se descubrió la estructura celular de los seres animados y los microorganismos; y se dio posteriormente la teoría de la evolución de Darwin dando una sólida explicación materialista a la relativa adecuación de los organismos vivos, quebrantando el anterior dominio de la teleología en las teorías biológicas.

El retraso en fundamentar la microbiología se debía en parte a la carencia de otras técnicas básicas para el estudio de los microorganismos la cuales fueron desarrolladas solo después del gran debate generado en el siglo XIX en torno a dos preguntas claves ¿Existe la generación espontánea? ¿Cuál es la causa de las enfermedades contagiosas? La teoría de la generación espontánea implicaba que la vida podía surgir de algo inanimado. Esta teoría fue abolida cuando el químico francés Louis Pasteur* demostró que los microorganismos del material putrefacto no se generaban

* PASTEUR, Louis (1822-1895), químico y biólogo francés. En el campo de la química orgánica fundó la estereoquímica (área que estudia la estructura tridimensional de las moléculas). Desarrolló varias vacunas, incluida la de la rabia, y desautorizó la teoría de la generación espontánea. Se le

espontáneamente sino que llegaban del aire depositándose constantemente sobre todos los objetos. La superación de la teoría de la generación espontánea condujo al desarrollo de procedimientos eficaces de esterilización los cuales fueron fundamentales en el desarrollo de la microbiología como *ciencia*.

En el siglo XIX ya algunos pensaban que se podía transmitir algo de una persona enferma a una sana para inducir enfermedad. Muchas enfermedades parecían diseminarse por la población y se llamaban contagiosas; y el contagio al posible agente. La teoría microbiana de las enfermedades infecciosas fue concebida y probada experimentalmente por el médico alemán Robert Koch quien formuló los postulados de Koch donde: 1) el organismo debe estar presente en los que sufren la enfermedad y no en los sanos; 2) el organismo debe ser cultivado fuera del cuerpo del animal; 3) tal cultivo, debe iniciar en los síntomas característicos de la enfermedad cuando es inoculado; 4) el organismo debe ser reaislado de estos animales.

Se revelaron la causa de muchas enfermedades importantes del hombre y los animales que condujeron al establecimiento de tratamientos adecuados para la prevención y cura de enfermedades infecciosas y estableciendo la microbiología como una ciencia biológica independiente. Durante el siglo XX la microbiología experimentó un rápido desarrollo. Por un lado, se desarrolló la microbiología médica y la inmunología; la microbiología agrícola para comprender los procesos microbianos en las plantas, la microbiología industrial utilizando los microorganismos en la formación de antibióticos y productos industriales; la microbiología del suelo estudiando los procesos microbianos en aguas, en los desechos. Por otro lado se desarrollaron los principios de la fisiología, taxonomía, bioquímica y la genética bacteriana. Posteriormente surgió la biología molecular y gracias al estudio de los virus y bacteriófagos, surgió la biotecnología en donde se pudo manipular experimentalmente el material genético permitiendo introducir

considera fundador de la microbiología. Desarrolló la teoría de los gérmenes para determinar la causa de muchas enfermedades.

material genético de origen exógeno en bacterias y controlar su replicación y características. También se secuenciaron los ácidos nucleicos susceptibles de ser usadas en el establecimiento de relaciones filogenéticas entre procariotas, introduciendo así nuevos conceptos revolucionarios en el campo de la clasificación biológica y permitiendo comprender, por vez primera, la historia evolutiva de los microorganismos.

3.1.2 El método en la Microbiología. Actualmente, la microbiología aplica los métodos físicos, químicos y matemáticos de investigación. La biología al igual que la química y la física constituyen las ciencias experimentales o ciencias duras, para diferenciarlas de las ciencias sociales, llamadas blandas. Bunge* divide las ciencias en formales a la matemática y la lógica y fácticas a la biología, física y química que tratan de los hechos que ocurren en la naturaleza.

Estas últimas también se denominan ciencias experimentales, pues utilizan el método experimental o el método científico. El método científico se basa en una observación cuidadosa, precisa de donde se diseñan experimentos. Se trata de cuantificar y medir todo lo que sea posible. En base de las observaciones el hombre de ciencia generaliza y formula hipótesis las cuales se prueban si son verdaderas o no mediante la experimentación. En física, química y en biología las hipótesis y deducciones deben expresarse lo más matemáticamente posible. Esas conclusiones van a permitir generalizar y predecir eventos. Las hipótesis confirmadas puede llegar a constituir una ley o una teoría, etc. (algoritmos). La esencia del método científico consiste en el planteamiento de preguntas y búsqueda de respuestas. Las preguntas deben ser *científicas*, originadas en experimentos y observaciones, y exactamente igual las respuestas, que además deben ser susceptibles de comprobación en experimentos y

* BUNGE, Mario. Profesor argentino de epistemología, que actualmente ejerce en España, contribuyó de manera decisiva a la formación epistemológica de los investigadores y docentes que se formaron en los años que comprende la década del 60 al 80 y que por lo tanto aun ejercen la docencia. Su obra "La ciencia, su método y su filosofía".

observaciones ulteriores. En biología, Linneo y Darwin no serían científicos, pues no realizaron experimentos sino solo observación y descripción. Sin embargo la Historia de la Ciencia, muestra que ellos además de otros grandes científicos como Einstein, Galileo* y Newton no obtuvieron su producto de investigación, a partir del seguimiento riguroso del método científico mostrando posiblemente que hay otras versiones, además de las tradicionales para hacer ciencia.

Se elige un determinado tipo de conocimiento según la época. Por eso el conocimiento científico es fruto del momento socio-económico-cultural en que vive el científico. Desde el punto de vista de la enseñanza, el enfoque en las clases prácticas que efectúa el profesor depende de su concepción del conocimiento científico, sea con un modelo inductivista, un modelo deductivista, etc. En el inductivo se razona desde lo particular hasta lo general, basado en la suposición de que si algo es cierto en algunas ocasiones también lo es en situaciones similares aunque no se hayan observado. La probabilidad de acierto depende del número de fenómenos observados. Por el contrario, en el deductivo, se expresa casi siempre bajo la forma del silogismo y se infiere una conclusión a partir de una o varias premisas. La conclusión será verdadera si todas las premisas son asimismo verdaderas.

Cuando observamos algo dependemos de nuestros sentidos, también de nuestras concepciones e ideas. Cuando observamos algo lo hacemos, desde el momento histórico y el lugar geográfico en que vivimos y desde la óptica que tenemos proveniente de nuestra formación. En la actualidad se seleccionó el conocimiento científico, debido a los valores y deseos subjetivos de la mayor parte de los individuos (probabilidad, *certeza*, etc.). En las primeras décadas del siglo XX surgió en Viena el positivismo

* GALILEI Galileo (1564-1642), físico y astrónomo italiano, símbolo de la lucha contra la autoridad y de la libertad en la investigación sin interferencias filosóficas y teológicas. Junto con Kepler, comenzó la revolución científica que culminó con la obra del físico inglés Isaac Newton. Su principal contribución a la astronomía fue el uso del telescopio. Sostenía (igual que Copérnico) que la Tierra giraba alrededor del Sol, lo que contradecía la creencia de que la Tierra era el centro del Universo. Se negó a obedecer las órdenes de la Iglesia católica para que dejara de exponer sus teorías, y fue

lógico*, que basaba todo en datos observables obtenidos por la experiencia, por eso el método se vuelve extremadamente empírico, dependiente de la experiencia. Este paradigma empírico positivista es el que aún hoy predomina¹⁵

El método experimental utiliza el diseño de experimentos controlados. La observación directa casi nunca permite obtener datos para verificar una determinada hipótesis, hay que hacer tal diseño experimental artificial. Entonces la actividad científica se vale de este procedimiento. Se utilizará para aclarar el concepto el trabajo de Galileo en el siglo XVII, cuando se dice que comenzó verdaderamente la era científica. Galileo era físico, y estudió, entre otras cosas, la caída de los cuerpos. Siempre se cita que si uno se sube a una torre y arroja hacia abajo una piedra, luego una pluma, se miden los tiempos, y se observa que la piedra cae más rápido que la pluma. Pero Galileo no lo pensaba así, decía que los cuerpos caían con la misma velocidad. Debía efectuar un diseño de un experimento que le permitiera comprobar su hipótesis, ya que dedujo que el rozamiento con las distintas superficies con el aire, eran un obstáculo que le impedía enunciar una ley general de la caída de los cuerpos. Entonces diseñó una experiencia artificial en la cual trabajaba con esferas muy pulidas, superficies tratadas de forma tal que podía limitar al máximo el efecto del rozamiento. Son condiciones artificiales, que raramente se dan en la realidad. Pero, en esas condiciones, pudo comprobar que los cuerpos al caer se aceleran de igual manera, independientemente de la masa de los mismos. Hoy en día,

condenado por “sospecha grave de herejía”. a reclusión perpetua. En 1992 una comisión papal reconoció el error de la Iglesia.

* POSITIVISMO: término utilizado por primera vez por el filósofo francés Auguste Comte, en su Curso de filosofía positiva (1830-1842)- Sistema de filosofía basado en la experiencia y en el conocimiento empírico de los fenómenos naturales considerando a la metafísica y a la teología como imperfectos e inadecuados. Otros positivistas fueron Hume, Henri de Rouvroy y Kant. A principios del siglo XX, un grupo de filósofos y científicos interesados en la evolución de la ciencia moderna rechazó las tradicionales ideas positivistas (Círculo de Viena, 1920, 1930), iniciaron el denominado positivismo lógico, resaltando la importancia de la comprobación científica y del empleo de la lógica formal. Los autores que más influyeron en sus tesis, en lo relativo a la ciencia empírica, fueron Mach, Poincaré, Duhem y Einstein. Por lo que se refiere a la ciencia formal, el Círculo bebió de Frege, Hilbert, el primer Wittgenstein (*Tractatus logico-philosophicus*, 1921), Bertrand Russell y Whitehead (*Principia Mathematica*, 1910-1913).

¹⁵ <http://www.monografias.com/trabajos/filoycienempi/filoycienempi.shtml>

para efectuar una actividad práctica en el liceo de tipo comprobatorio de esta ley de Galileo, se dispone en algunos establecimientos de un artefacto llamado de la *masa de aire*, dispositivo especial que intenta limitar al máximo el efecto del rozamiento.

Ya hemos hablado que la explicación es encontrar relaciones de causa-efecto. Pero la biología como disciplina tiene dos tipos de explicaciones, la causal y la teleológica* o funcional. Si preguntamos ¿por qué sudan los mamíferos?, una respuesta causal, podría ser que los mamíferos sudan porque la temperatura ambiental aumenta, se alude a un mecanismo. La explicación teleológica diría que los mamíferos sudan para tener constante la temperatura corporal. En este ejemplo, el objetivo (mantener constante la temperatura corporal) de cierto proceso, (sudación), se usa para explicar el proceso en sí y no hay necesidad de buscar un mecanismo que lo explique. También se habla de posiciones finalistas y mecanicistas (*tenemos ojos para ver* -finalismo-; *tenemos ojos, por eso vemos* –mecanicismo.^{16,17}

3.2 FORMACIÓN DEL ESPÍRITU CIENTÍFICO¹⁸ (SOBRE LA OBRA DE GASTÓN BACHELARD)

"...el sentido del vector epistemológico nos parece bien neto. Va seguramente de lo racional a lo real y de ninguna manera a

* TELEOLOGÍA (del griego telos, 'fin'; logos, 'discurso'), es la ciencia que explica el universo en términos de finales o causas finales basada en la idea que el universo tiene una intención y un propósito. Se opone a las interpretaciones mecanicistas del universo que cuentan en exclusiva con el desarrollo orgánico o la causalidad natural. Las teorías de la evolución de Charles Darwin donde las especies evolucionan por selección natural, redujeron en gran medida la influencia de los argumentos teleológicos tradicionales que, sin embargo, fueron defendidos por el sentimiento creacionista de principios de la década de 1980.

¹⁶ <http://www.monografias.com/trabajos/filoycienempi/filoycienempi.shtml>

¹⁷ <http://www.inrp.fr/Acces/Biennale/5biennale/Contrib/246.htm>

¹⁸ Las consideraciones hechas por la escuela francesa de filosofía de la ciencia, tanto en los aspectos epistemológicos como de comprensión del desarrollo histórico de la propia ciencia, han sido transcendentales. Dentro de esta escuela destacó principalmente Gaston Bachelard, que influyó decisivamente en filósofos e historiadores como Michel Foucault, Loáis Althusser o Michel Serres. su repercusión didáctica está siendo ahora nuevamente valorada en los ámbitos educativos.

la inversa como lo profesaron todos los filósofos desde Aristóteles a Bacon..." Gastón Bachelard.

Según Albert Ribas Massana¹⁹, la obra de Gastón Bachelard es difícil de clasificar por sus diferentes matices y su aparente falta de sistematicidad. Su obra está llena de ricas sugerencias, obligando a sus lectores a no ser simples seguidores del original. Esta aparente falta de método, sin embargo, no existe, visto desde el significado original de método o camino. Si hay un camino que contiene su propia coherencia donde el "método" es el camino una vez recorrido –contra la pretensión de una previa determinación de él.

La coherencia del recorrido de Bachelard no es, pues, la coherencia de un designio previo, sino el despliegue de unas ideas que van trazando nuevos campos de aplicación, nuevos objetos de reflexión. Concretamente, Bachelard avanza desde el ámbito de la filosofía de la ciencia, de una epistemología, al ámbito de la poética, de una filosofía de la imaginación. Ciencia y poesía son ámbitos tan distintos que parece que hubiera dos Bachelard.

Las ideas básicas de Bachelard (1938)²⁰ ofrecen una visión de la ciencia basada en los aspectos históricos que han influido en la construcción del conocimiento. Partiendo siempre de una *catarsis intelectual*, el modelo bachelardiano según Foucault²¹, a diferencia de los filósofos de las ciencias que trabajan desde el desarrollo histórico de ésta, centra su filosofía de las ciencias en su modelo de *cambio científico*. Este está construido alrededor de cuatro categorías epistemológicas importantes: las rupturas

¹⁹ "BACHELARD: del cientifismo a la imaginación de la materia" (in Jaime D. Parra (Coord.), *La simbología. Grandes figuras de la Ciencia de los Símbolos*, Barcelona: Montesinos, 2001, pp. 121-129)

²⁰De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza aprendizaje de la geología. García Cruz, CM. IES Mencey Acaymo. poeta Aristides Hernández mora, s/n. 38500 Güímar. Tenerife. Dirección electrónica: cmgct@correo.rcanaria.es

²¹ GUTTING y Gary FOUCAULT, Michel. Arqueología DE LA RAZÓN Científica BACHELARD Y CANGUILHEM Traducción: Fabio A. Marulanda V.

epistemológicas, los obstáculos epistemológicos, los cortes epistemológicos, y, los hechos epistemológicos.

Las *rupturas epistemológicas* son las formas en que el conocimiento científico contradice las ideas o creencias que proceden de un conocimiento ante todo primario, intuitivo y de sentido común. También se considera como ruptura epistemológica la que se produce entre dos concepciones científicas distintas, tanto para un conocimiento dado como para una metodología concreta. Toda ruptura implica la superación del correspondiente obstáculo. En ocasiones, las rupturas sociales, como la reforma protestante o la revolución francesa, abonaron el camino para las rupturas científicas. Las más rupturas epistemológicas se han producido generalmente por medio de grandes controversias. Aunque las controversias son útiles y necesarias para el desarrollo de las hipótesis o teorías, no siempre provocan el avance del conocimiento científico. Para Bachelard el conocimiento científico se separa e incluso contradice las experiencias del sentido común y las creencias. “El progreso científico siempre revela una ruptura [rupture], constantes rupturas, dentro del conocimiento común [commune], ordinario, y el conocimiento científico.” (*Le matérialisme rationnel*).

Esta ruptura la explica por varios ejemplos. El primero se refiere a que la ruptura de las ciencias con las experiencias ordinarias ubican los objetos de las experiencias bajo nuevas categorías que revelan propiedades y relaciones no evidentes, ni al alcance de las percepciones del sentido común. El vidrio y el *wurtzite* (sulfuro de zinc) son muy similares. Sin embargo, ésta comparación nunca ocurriría con el sentido común ya que estas sustancias si bien son análogas en sus estructuras cristalinas pero tienen apariencia diferente.

En el segundo ejemplo, describe la manera como Lamarck quiso explicar la combustión en oposición a las observaciones previas de Lavoisier. Lamarck observó y describió la secuencia de cambios de color que ocurrían en un papel blanco cuando éste se consumía por el fuego. Lamarck interpretó la combustión como un proceso por medio del cual *la violencia* del fuego *desenmascaraba* lo fundamental subrayando el

color del papel (negro) sacando sucesivas capas cromáticas. Bachelard argumenta que la idea aquí de Lamarck no es solamente errónea en la forma ordinaria de una hipótesis científica, sino que es esencialmente anacrónica porque está basada sobre una experiencia fenomenológica inmediata que Lavoisier ya había demostrado ser inadecuada para las tareas del entendimiento de la combustión. “El tiempo de dirigir la observación natural en el reino de la química, ha pasado” (*Le matérialisme rationnele*).

Finalmente en su tercer ejemplo describe como las ciencias pueden romper con el sentido común, incluso cuando emplea modelos basados sobre su propio lenguaje y conceptos. Éste es el caso de Bohr de *la gota de agua*, modelo del núcleo atómico. Bohr describió los protones y neutrones del núcleo como formando una gota de agua; la *temperatura* (energía interna) la cual aumentaba cuando un neutrón era agregado y la cual parcialmente se *evaporaba* cuando una partícula era emitida desde el núcleo. Éste modelo era una excelente ayuda para entender el proceso de fusión, pero su uso de conceptos ordinarios no debe engañarnos. Así, como Bachelard anota, tales palabras como *gota de agua*, *temperatura*, y *evaporación* ocurren solamente entre comillas. En efecto, las palabras están tácitamente redefinidas así que ellas expresan conceptos “que son totalmente diferentes...de los conceptos del conocimiento común” (*Le matérialisme rationnele*). (Imagínense, dice Bachelard, la estupidez de preguntarle a un físico como hacer un termómetro para medir la “temperatura” de los núcleos.). Si la *temperatura* nuclear es un concepto tan diferente del ordinario fenómeno de la temperatura, es de la misma manera muy diferente de la concepción clásica de la temperatura así como del significado de energía cinética de una colección de moléculas. Esto ilustra como la ciencia progresa no sólo por rupturas con las experiencias ordinarias, sino también con rupturas con teorías científicas previas.

Para Bachelard, la más sorprendente e importante de tales rupturas se produjo con la teoría de la relatividad y la cuántica, las cuales él vio como iniciadoras de *un nuevo espíritu científico*. Éste *nuevo espíritu* integra radicalmente no sólo nuevas

concepciones sobre la naturaleza, sino también nuevas concepciones del mundo científico. Aún cuando todos los resultados científicos están abiertos para revisarse y algunos de ellos pueden ser definitivamente rechazados, otros deben ser aceptados como logros permanentemente válidos. Así, él dice que la teoría del flogisto es “obsoleta [périmée] porque ésta descansa sobre un error fundamental.” Los historiadores quienes trabajan en esto, están trabajando “en la paleontología de un espíritu científico que desapareció” (*L'activité rationaliste de la physique contemporaine*). Por el contrario, el trabajo de Black sobre lo calórico, aún cuando mucho de esto ya ha sido rechazado, produjo el concepto permanente de calor específico.” La noción de *specific heat* es una noción que es *forever* (para siempre), una noción científica. Uno puede sonreír al dogmatismo de un filósofo racionalista quien escribió “*forever*” refiriéndose a una verdad escolástica. Pero hay conceptos tan indispensables en una cultura científica que nosotros no podemos concebir sean llevados al abandono”. (*L'activité rationaliste de la physique contemporaine*).

La *ruptura* epistemológica sugiere que hay algo para romper. Bachelard llamó a todos los conceptos o métodos que impiden una ruptura como el *obstáculo epistemológico*. Son aquellas formas de pensar arraigadas, antiguas estructuras, tanto conceptuales como metodológicas, que pudieron tener cierto valor, pero que en un momento dado obstaculizan el progreso del conocimiento científico (el *sentido común*, los *mecanismos intuitivos*) Así, el animismo del sentido común primitivo, el cual inclinaba a la gente a pensar el mundo sobre la analogía con los procesos vitales (sexo, digestión, etc.). Bachelard considera que las imaginaciones del sentido común dependen de las imágenes como un terreno productor para los obstáculos epistemológicos. Por ejemplo, el énfasis sobre la observación directa que llevó en el siglo XVII a las mayores rupturas con la ciencia aristotélica, se vuelve un obstáculo epistemológico con el desarrollo de las teorías atómicas en el siglo XVIII.

Pero los obstáculos epistemológicos pueden también surgir de los logros, éxitos, del trabajo científico que tiene su valor obsoleto. El más sorprendente de tales casos ocurre cuando los conceptos y principios de una teoría establecida nos llevan a

considerar nuevas propuestas como obviamente absurdas –por ejemplo, el contraintuitivo sentido de la mecánica cuántica rechazado por el determinismo clásico –pero previamente los métodos científicos exitosos pueden también volverse obstáculos epistemológicos.

Los *cortes epistemológicos* es el análisis de un determinado entendimiento de los individuos de un concepto científico. Este análisis revela el grado en los cuales el entendimiento integra elementos de varios estados en el desarrollo de los conceptos históricos. Por ejemplo, el concepto de masa: está dominado por la concepción racionalista clásica, tiene un fuerte componente empírico o positivo, menos como una atractiva cantidad de materia y de la muy buena abstracción y racionalizadas concepciones de la teoría de la relatividad y de la mecánica cuántica. Bachelard dice que la complejidad de un corte epistemológico muestra que “una sola filosofía no puede explicar cada cosa” y que “es necesario agrupar todas las filosofías para obtener un espectro teórico de una particular área del conocimiento.” (*La philosophie du non*).

Los *actos epistemológicos* son los mecanismos por los cuales se van superando los obstáculos epistemológicos. Favorecen, por lo tanto, las rupturas con las conceptualizaciones antiguas, provocando los cambios correspondientes y mejorando la visión científica que se posee de la realidad. “La noción de actos epistemológicos corresponden a los vuelcos [sacudidas] de los genios científicos que introducen inesperados impulsos en el curso del desarrollo científico” (*L’activité rationaliste de la physique contemporain*). Un acto epistemológico no es, sin embargo, solamente un cambio; éste tiene un valor positivo que representa un mejoramiento en nuestras cuentas científicas. Hay, por consiguiente, diferentes valores que deben ser arreglados en diferentes episodios en la historia de las ciencias.

Consecuentemente, Bachelard considera que escribir la historia de las ciencias es diferente de escribir la historia política o social. En el último caso, “el ideal es, exactamente, una narración *objective* de los hechos. Éste ideal requiere que el

historiador *not judge*; y, si el historiador imparte los valores de su propio tiempo para juzgar los valores del pasado, entonces nosotros tenemos razón de acusarlo a él de aceptar “el mito del progreso.” (*L’activité rationaliste de la physique contemporaine*). Pero en el caso de la historia de las ciencias naturales, el progreso no es un mito.

Las ciencias actuales, representan un incuestionable avance más allá de su pasado, y es enteramente apropiado para el historiador de las ciencias utilizar los modelos y valores del presente para juzgar el pasado. La aplicación de éstos modelos tienen como resultado una fuerte división de el pasado científico entre “*L’histoire périmée*” (la historia de la vieja ciencia) y “*L’histoire sanctionnée*” (la historia de las ciencias juzgadas validas por los modelos corrientes). Más generalmente, Bachelard distingue entre la *story* de las ciencias –una explicación de logros científicos del pasado que han contribuido a nuestro estado actual del conocimiento—la simple *history* de las ciencias, la cual incluye los esfuerzos que no tienen un lugar positivo en la génesis de las ciencias actuales (*L’activité rationaliste de la physique contemporaine*). Bachelard también habla de un estado de las ciencias que “comienza de las realidades del presente y descubre en el pasado formaciones progresivas de la verdad” como “la historia recurrente”.

Bachelard considera a la realidad como un complejo de múltiples estratos o niveles resultantes de los métodos y de los instrumentos conceptuales o materiales con que nos acercamos a ella. Para Bachelard no es posible eliminar el polo subjetivo de ninguna observación, medición o experimentación, por lo cual concluye que nunca se accede al objeto en estado puro, sino al modificado por la acción del sujeto. Esta modificación puede ser analizada científicamente e incluso controlada. La ciencia entonces no se ocupa de reflejar la realidad en sí misma sino más bien de la producción de conceptos con los que abordar el estudio de lo real. No existe una realidad única y homogénea, sino una función múltiple que se ofrece en distintos estratos. *Los objetos son, de este modo, el producto de los métodos con que nos aproximamos a ellos.*

Respecto de la objetividad como valor en sí mismo, Bachelard aclara que: "...toda doctrina de la objetividad viene siempre a someter el conocimiento del objeto al control del otro". Este aspecto fundamenta la necesidad de cuantificar las mediciones como producto de la necesaria socialización del conocimiento. Como obstáculo epistemológico Bachelard menciona los siguientes:

- La opinión aceptada sin crítica.
- El conocimiento que no se problematiza.
- La inercia y el espíritu conservador.
- El narcisismo intelectual tan frecuente en la cultura universitaria.
- El conocimiento general y vago.
- El obstáculo verbal.
- El conocimiento unitario.

Poner en crisis la noción tradicional de ciencia, cuestionar sus supuestos y rectificaciones es una tarea imprescindible y a la que los espacios dedicados a la enseñanza no pueden escapar.

3.3 FRAGMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE LAS CIENCIAS (DESHUMANIZACIÓN DE LAS CIENCIAS)

La vida intelectual de la sociedad occidental se ha encontrado fracturada tradicionalmente en dos ámbitos: *los intelectuales* provenientes de las humanidades y en el otro los provenientes de las *ciencias duras*. Esta separación no estaba presente en la cultura de la antigua Grecia. En el dintel de la Academia platónica, un letrado decía "No entre aquí quien no sepa geometría". La palabra *techné*, en griego se aplicaba a cualquier artefacto, ya fuese una obra artística o una herramienta de

trabajo. En la Edad media se enseñaba en todas las escuelas el *trivium* y el *cuadrivium*, donde se conjugaban sin distinciones: gramática, retórica, lógica, aritmética, geometría, astronomía, música.

La gestación de estas *dos culturas* ha creado un abismo de incompatibilidades epistemológicas así como unos lenguajes a menudo irreductibles que lo consolidan y lo profundizan. Un comentario de la sección crítica de libros del diario *The New York Times* ante la aparición del libro de Stephen Hawking sobre los orígenes de la vida: "*Señor Hawking, estamos totalmente de acuerdo con usted, pero no hemos entendido nada*".

Estas fracturas se originan en el nacimiento del mundo moderno y en la aparición del pensamiento cartesiano. Esta escisión se hizo inevitable en la medida en que obedecía al paradigma cartesiano: el mundo de la científicidad es el mundo del *objeto*, y el mundo de la subjetividad es el mundo de la filosofía, de la reflexión. Ambos dominios quedaban legitimados, pero eran mutuamente excluyentes. Se establecen de este modo una serie de criterios de demarcación rígidos, entre naturaleza e historia, racional e irracional, entre normal y patológico, entre ciencia y metafísica, etc.

Los desarrollos actuales mantienen esta fractura, en la era de la "post-cultura", donde tal se observa un retraimiento general de la palabra, donde a menudo el texto se utiliza como ilustración de la imagen; los hechos parecen confirmar la unilateralidad y la simplificación por sobre las propuestas de la complejidad y el pensamiento profundo e integrador. Las nuevas semánticas de la post-cultura, desde la ingeniería genética, bio-robótica, biología molecular, etc., rozarán incluso nuestras reservas morales en tanto queden desvinculadas de las disciplinas que le otorguen sentido, criterios valorativos, en fin, humanidad a sus propuestas.

Las *humanidades* se refieren a los valores, a los fines, al porqué y al para qué de lo que hacemos, mientras que las tecnologías, la ciencia, se refieren a los medios. Privilegiar una posición subordinando -cuando no relegando a la trastienda de las ideas- a la otra es una actitud cultural francamente *bárbara* que, privilegiando los

medios sobre los fines instala un paradigma que tiene del hombre una visión unilateral y empobrecida.

A ella dedica a nuestro juicio la universidad de nuestros días gran parte de sus limitados recursos pedagógicos, impulsando la adquisición del saber que se valora en función de su instrumentalidad, subordinando el diseño curricular a los requerimientos de las grandes empresas, convirtiéndose en proveedora de materia gris dócil y entrenada en las sacrosantas virtudes de la eficacia y la utilidad.

4. ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS (COMO SE ENSEÑA CIENCIA)

4.1 RELACIÓN DE LA DIDÁCTICA CIENTÍFICA Y EL AVANCE CIENTÍFICO

Enseñar ciencias exige relacionar conocimientos relativos tanto a la educación como a las propias disciplinas científicas, integradamente, donde las estrategias de enseñanza están determinadas por la especificidad de los contenidos a enseñar. La Didáctica de las Ciencias se relaciona con otros campos del conocimiento, además de las propias disciplinas científicas (Química, Física, Biología), con otras como la historia de la ciencia, la filosofía de la ciencia, la sociología de la ciencia o la psicología de la educación, entre otras, por ello, los problemas de aprendizaje y enseñanza de las ciencias son esencialmente interdisciplinarios. El objeto de estudio de la Didáctica de las Ciencias son los sistemas de enseñanza-aprendizaje que abordan fenómenos materiales y naturales²². Se identifican dos dimensiones complementarias: análisis de problemas y dificultades de aprendizaje y búsqueda y experimentación de nuevos enfoques de enseñanza.

Tradicionalmente, en la enseñanza de las ciencias, el profesor elaboraba contenidos que el alumno recibía pasivamente (modelo transmisivo-receptivo), con indiferencia, complementados ocasionalmente por la realización de prácticas en laboratorio, no menos expositivas y cerradas. La *clase magistral* transmitía una visión de la ciencia dogmática, de saberes acabados y completos, y contenidos memorísticos. Se observaba apatía y aversión de los jóvenes frente a las ciencias y los jóvenes perdiéndose la curiosidad el entusiasmo. El cuadro que se desprende de los resultados

²² PORLAN, R. Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 16, 1998, 175-185.

de las investigaciones sobre las ideas alternativas*, las estrategias de razonamiento* y las concepciones epistemológicas* de los alumnos puede parecer inquietante. En primer lugar, los estudiantes tienen dificultades para aplicar estrategias de pensamiento formal en contextos en los que no están acostumbrados y mantienen ideas alternativas científicamente erróneas que resisten a los métodos de enseñanza tradicionales. Además, cuando abordan el análisis de problemas científicos utilizan metodologías superficiales* y aplican heurísticos importados del contexto cotidiano; pero de dudosa utilidad cuando se trabaja con contenidos científicos. Por último, sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia, el conocimiento científico y el aprendizaje suelen ser inadecuadas. Los factores anteriores no son sólo obstáculos pasivos que hay que eliminar, sino verdaderos elementos opositores activos que sesgan y filtran los conocimientos académicos y que pueden hacer que fracasen los intentos por conseguir el aprendizaje significativo de las ciencias. Para acabar de complicar las cosas, en muchas ocasiones las estrategias metacognitivas* de los

* Conocimiento científico alternativo que poseen los estudiantes, i.e. se sabe que muchos estudiantes piensan que todo movimiento implica una fuerza y que esta siempre actúa en la dirección y sentido de aquel; que la corriente eléctrica se "gasta" en una bombilla; que el calor está contenido en los cuerpos y se puede "almacenar" como un fluido.

* Son los modos espontáneos de razonar los estudiantes i.e. tendencia a explicar los cambios en los sistemas, no los estados estacionarios; prestar más atención al estado final que al inicial; "si algo no se ha roto no lo arregles"; abordaje del problemas de acuerdo con los conocimientos que más se dominan, no necesariamente con los más relevantes para su solución; La causalidad es con frecuencia la base del razonamiento de los alumnos siguiendo la regla "a mayor causa, mayor efecto"; excepciones a todo tipo de reglas, "no hay regla sin excepción"

* Concepciones y creencias sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico y, además, sobre sus propios procesos y productos del aprendizaje.

* Son los errores que cometen alumnos y/o profesores cuando se enfrentan a situaciones problemáticas de una manera acrítica, enfrentando los problemas con poco rigor crítico, pasando inconsistencias y con una comprensión superficial de las preguntas. Las respuestas son rápidas no reflexionadas

* La metacognición es el conocimiento que uno tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos o sobre cualquier cosa relacionada con ellos. La metamemoria, metaaprendizaje, metaatención, metalenguaje, etc. Si me doy cuenta de que tengo más problemas al aprender A que al aprender B, si me ocurre que debo comprobar C antes de aceptarlo como un hecho... La metacognición se refiere, entre otras cosas, al control y la orquestación y regulación subsiguiente de estos procesos.

alumnos son realmente pobres (no saben que no saben). Pareciera que, en palabras de Pozo, existiese una especie de conspiración cognitiva contra el trabajo del profesor²³.

En las décadas de 1960 y 1970, basadas en las teorías piagetanas, el aprendizaje se realizaba por descubrimiento, enseñanza centrada en los procedimientos para descubrir y en las reglas simplificadas del método científico (observación, construcción de hipótesis, experimentación comprobatoria, etc.); el alumno aprendía por sí mismo si se le facilitaban las herramientas y los procedimientos necesarios para hacerlo. Fue excesivo en procedimientos, perdiendo los contenidos, sin embargo, el colocar a los alumnos como eje de su propio proceso de aprendizaje científico, inicio una revolución en la enseñanza de las ciencias, ligando la enseñanza-aprendizaje de las ciencias a la investigación científica y motivando a los docentes a la innovación didáctica y a encontrar nuevas vías para la enseñanza de las ciencias.

A principios de 1980 aparece el paradigma del constructivismo (David P. Ausubel, ver *ítem 2.5*) con aportes de la psicología cognitiva, aplicando al estudio las ciencias las ideas de: concepciones previas y alternativas, preconcepciones, cambio conceptual, y las estrategias docentes de: resolución de problemas; investigación dirigida; uso del laboratorio y de salidas al campo; diseño de unidades didácticas; integración de aspectos educativos *transversales* (educación ambiental, educación para la salud, educación para la paz, etc.); así como la definición de campos propios en la enseñanza de la biología, de la geología y las ciencias de la Tierra, de la física o de la química.

Dado que las *ideas previas* individuales o compartidas (i.e. aquellas surgidas entre alumnos de edades o niveles educativos semejantes) no siempre son coherentes con las teorías científicas, es importante que la didáctica de las ciencias se ocupe del pensamiento del alumno antes del aprendizaje logrando que los alumnos hagan

²³ POZO, Juan .Ignacio. La historia se repite: Las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 1987, 69-87.

explícitas sus ideas previas y tomen conciencia de ellas. Esta nueva visión de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias tiene consecuencias muy importantes sobre la forma de organizar los contenidos en los materiales didácticos, al introducir factores adicionales a la estructura lógica de las materias científicas. Las ideas previas compartidas, además, generan una relación entre la construcción histórica del conocimiento científico y la construcción del pensamiento personal y refuerzan la importancia de integrar la historia de la ciencia en la enseñanza científica. La existencia de esas ideas previas compartidas ha llevado al uso del término *concepciones alternativas*, que puede aplicarse a grupos de edad o niveles educativos y que facilita el trabajo del docente, al poseer información previa sobre las características que se esperan en el pensamiento de sus alumnos ante un determinado aprendizaje. Más cuestionado, aunque ha sido frecuentemente usado en la didáctica de las ciencias, es el término *errores conceptuales*, que supone una consideración negativa de la diferencia entre las teorías personales o ideas previas de los alumnos y las teorías o concepciones científicas a enseñar.

Las existencia de un *cambio conceptual** (el salto de una concepción a otra) en la enseñanza de las ciencias no ha sido dado siempre, debido posiblemente, a la fortaleza que parecen tener muchas de sus concepciones previas o alternativas. Para que este cambio conceptual se haga, es importante, que el aprendiz se sienta insatisfecho con sus preconcepciones, de que las nuevas concepciones estén en el ámbito de lo inteligible para él y que sean satisfactorias y útiles para sus demandas o necesidades, mejorando al aceptarlas su grado de comprensión, interpretación y capacidad de interacción con el mundo. La nueva concepción debe, además, abrir nuevas posibilidades de avance, sin dejar de resolver ninguna de las cuestiones que eran satisfechas por la precedente.

* El cambio conceptual consiste, en esencia, en modificar las ideas previas de los alumnos y sustituirlas por las ideas y conceptos aceptados por la comunidad científica. Se trata, fundamentalmente, de que los alumnos aprendan la ciencia "correcta".

La enseñanza de las ciencias debe realizarse a partir de procesos didácticos dinámicos y participativos y dejar de ser una educación basada en la transmisión de conocimientos y la memorización. La actividad didáctica como unidad del proceso de enseñanza-aprendizaje propone métodos, guiados o dirigidos, que encadenan secuencias de actividades didácticas, cuyo orden responde a las finalidades explícitas de cada momento del proceso y a las metas u objetivos finales de tales programas. Se elaboran así los llamados programas de actividades que, con ligeras diferencias, dan coherencia a los procesos modernos de enseñanza de las ciencias y de elaboración de materiales didácticos. Los programas de actividades, en el fondo, no hacen sino exponer el trabajo didáctico en forma de programación del profesor con sus alumnos. Estos programas integran secuencias introductorias, cuya finalidad estriba en motivar a los alumnos y favorecer la detección de las ideas previas; secuencias de actividades que introducen nuevas informaciones, permiten el manejo de datos y organizan pequeñas investigaciones dirigidas; y secuencias de recapitulación, aplicación a nuevas situaciones y generalización del saber adquirido.

Pero ¿cual es la finalidad de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias?

Si se compara la cultura actual con la de épocas anteriores probablemente una de las diferencias más notables sería el papel actual de la ciencia y la tecnología²⁴. El saber científico ha pasado casi a ser el paradigma de conocimiento pleno de rigor, fiabilidad y exactitud e incluso sirve como modelo para otras disciplinas que pugnan por añadir el adjetivo *científico* a sus métodos y conclusiones. Estas apreciaciones contrastan fuertemente con la escasa consideración que tienen la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia y del propio conocimiento científico en los programas educativos. Paralelamente en la fundamentación de las asignaturas de ciencias experimentales se suele hacer a partir de los contenidos. Este enfoque es acorde con un modelo de

²⁴ <http://www2.uah.es/jmc/webens/36.html>

enseñanza tradicional basado fundamentalmente en los contenidos puramente conceptuales.

Los problemas del aprendizaje están condicionados en gran medida por la especificidad de los contenidos de enseñanza²⁵. Aunque la enseñanza y aprendizaje de las ciencias tienen muchos puntos comunes con la enseñanza y aprendizaje de otras disciplinas, la especial naturaleza del conocimiento científico y de los procesos de producción del mismo condiciona la docencia y plantea problemas específicos. El conocimiento científico se produce y articula de una manera diferente a otros tipos de conocimientos académicos. Según Gil, uno de los inconvenientes más graves para el aprendizaje de las ciencias es la disparidad que existe entre las situaciones de enseñanza-aprendizaje y la forma en que se genera el conocimiento científico²⁶. El no poder cambiar la naturaleza de la ciencia, obliga a tenerla en cuenta en la organización de la enseñanza.

Los aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento científico y de los procesos de elaboración del mismo, desde la Didáctica de las Ciencias, son un "elemento esencial para el análisis y fundamentación de las disciplinas científicas"²⁷ y "una referencia obligada que ha de tener el profesor para planificar su enseñanza"²⁸ que "puede clarificar qué es lo que conviene y podemos enseñar"²⁹. Además, la Filosofía de la Ciencia, presentada con una de las principales fuentes de hipótesis, sobre el modo en que tiene lugar el aprendizaje y el cambio conceptual hasta servir

²⁵ COLL, C. Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo. *Infancia y Aprendizaje*, 41, 1988, 131-142.

²⁶ GIL, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 1993, 197-212.

²⁷ MELLADO, V. y CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 1993, 331-339.

²⁸ SANCHEZ, G. y VALCARCEL, M.V. Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 1993, 33-44

²⁹ GIL, D. Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 1994, 17-32.

como "modelos claros de como funciona el aprendizaje humano de conceptos científicos"³⁰. Las relaciones entre Historia de la Ciencia, Filosofía de la Ciencia y enseñanza de las ciencias son un tema frecuente de reflexión.

La comprensión de la naturaleza de la ciencia, su método y sus interacciones con la sociedad son claves para la alfabetización científica*. Los alumnos deben desarrollar sus propias concepciones acerca de la ciencia y del conocimiento científico. Con frecuencia estas concepciones son inadecuadas y reflejan la manera cómo funciona la ciencia y cómo se genera el conocimiento científico, sin conseguir como objetivo principal, una visión más adecuada sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico. Este objetivo es importante para en el proceso de enseñanza si se tiene en cuenta que las concepciones epistemológicas de los alumnos ejercen una influencia decisiva en el modo en que estos enfocan las tareas de aprendizaje. Si la ciencia se concibe como un cuerpo de conocimientos cerrado y de verdades probadas por la experiencia, lo más razonable es aprender tales contenidos y aplicarlos acríticamente. Si la ciencia se concibe como una construcción en continua revisión se invita al análisis, la crítica y la discusión.

4.2 EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP)

4.2.1 Generalidades del ABP.

El ABP es una forma entusiasta de aprender que motiva al estudiante a resolver problemas estimulando a la discusión y reforzando su aprendizaje^{31, 32}. El ambiente

³⁰ POZO, J.I. Y sin embargo, se puede enseñar ciencia. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 1987, 109-113.

* La necesidad de que un ciudadano medio que se considere educado tenga unos conocimientos aceptables de la ciencia, sus procesos y sus hábitos de razonamiento, al igual que se estima conveniente que conozca la literatura, la historia y la geografía de su país.

³¹ <http://www.saltspring.com/capewest/pbl.htm>

³² <http://meds-ss10.meds.queensu.ca/medicine/pbl/pblhome4.htm>

del ABP simula el sitio de trabajo y desarrolla un aprendizaje autodirigido. En el caso de la enseñanza-aprendizaje de la microbiología medica por ejemplo, se critican los métodos convencionales enfocados en la enseñanza mas que en el de aprendizaje, su excesivo énfasis en los contenidos, la memorización de hechos aislados mas que el razonamiento, la poca atención en las habilidades de auto dirección por parte del estudiante y la escasa atención a la aplicación y evaluación del aprendizaje logrado por parte del mismo estudiante.

Diferentes interpretaciones se ha dado a lo que es el ABP, malinterpretándose o confundándose a veces con lo que es la metodología de solución de problemas. Se coincide en que el ABP es una estrategia educativa donde el aprendizaje es motivado y desencadenado alrededor de un problema presentado a un grupo de estudiantes, dando inicio así a un proceso activo de aprendizaje.

En el ABP, el problema es un evento o situación real, que les compete a todos haciendo que exista un estímulo y una fuerte motivación al abordarlo. Los estudiantes identifican el problema e intentan solucionarlo inicialmente con sus ideas previas. Posteriormente ellos realizan un abordaje al problema identificando lo que se requiere para entender el problema y para determinar la manera de resolverlo. La activación de esquemas mentales sobre el conocimiento del problema es la que permite la estructuración e integración del conocimiento. Esta información es traída al proceso mental activo del estudiante y acomodada haciendo conexiones entre diferentes áreas del conocimiento. Una vez ellos han trabajado con el problema tanto como más puedan e identificado lo que ellos necesitan aprender, se dedican a dirigir su propio estudio buscando información utilizando varias fuentes como libros, revistas, reportes, información *on-line* y/o preguntando a personas especializadas. De esta manera el aprendizaje se personifica a las necesidades y a los estilos de aprendizaje del individuo. Para que se desarrolle un proceso efectivo de razonamiento se comienza con la generación de hipótesis facilitada por el auto-cuestionamiento y se

continúa con la búsqueda de información, análisis y síntesis de la misma. Los estudiantes después regresan al problema y aplican lo que ellos aprendieron de su experiencia, generándose un entendimiento mas profundo del problema y a su vez estrategias eficaces de solución para llegar a la fase de la toma de decisiones. Cuando se soluciona el problema de trabajo, se evalúan entre ellos mismos para desarrollar experiencias en auto evaluación y en evaluaciones constructivas ya que esta constituye una cualidad esencial para el aprendizaje efectivo e independiente.

Existen algunas desventajas en el ABP como son la carencia de un ambiente académico ideal para un estudiante de ABP, la cantidad de tiempo requerida para su implementación, el cambio del papel del estudiante y del docente en el proceso, la generación de problemas apropiados y la dificultad de una evaluación valida del programa y del aprendizaje del estudiante.

El tutor en el ABP es quien orienta para que se desarrollen exitosamente los objetivos del programa de enseñanza. Tiene la responsabilidad que estos se lleven a cabo y para ello debe contar con habilidades y destrezas en los principios y practica del ABP: dinámica de grupo, evaluación y uso de medios de aprendizaje. Más que ser un experto en contenidos, es un facilitador responsable de guiar a los estudiantes para que identifiquen las llaves de entrada en cada caso y encuentren las vías para aprender esas áreas en apropiada magnitud y profundidad. Aunque los estudiantes tienen muchas mas responsabilidades en el ABP que los convencionales, el tutor no es un observador pasivo. Son activos y deben asegurar que los grupos mantengan el blanco de sus objetivos y hagan razonables sus opciones en lo que son los tópicos claves del estudio.

Como metodología el tutor puede formar pequeños grupos de 3-5 alumnos en cada uno elegidos al azar o por el tutor. Presentar brevemente el problema en lo posible en una hoja impresa. Por ejemplo “ Un hombre de 28 años de edad parece que tiene malaria". Algunas veces se pueden presentar videos o unas lecturas breves para

introducir el tema o sensibilizar sobre el tema. Enfatizar que ellos están enfrentados a una situación real. Los problemas difíciles trabajan mejor. El tutor antes de la clase deberá prepararse revisando el caso y armándose con muchos datos aportados a medida que el caso se vaya desarrollando. Dado que el objetivo primordial es que los estudiantes resuelvan el problema y no que lean la solución, no es conveniente darle a los estudiantes referencias extensas en donde pueden encontrar fácilmente la solución al problema.

El tutor debe preguntar constantemente a los grupos para que se generen respuestas sobre las posibles causas de malaria. Cada grupo deberá discutir, revisar, o investigar la biología del parásito, del mosquito, la patogenia de la enfermedad, la epidemiología, la respuesta inmune, etc. El aprendizaje aumenta cuando los estudiantes ayudan a los otros a entender la biología básica del parásito. El tutor circula entre los grupos, dando asistencia pero no soluciones sin controlar la agenda de los grupos los cuales pueden irse por vías no anticipadas por el instructor. Esto es muy positivo y se deberá motivar para continuar por ellas. Cada grupo determinara la prioridad de sus hipótesis y prepara preguntas para obtener mas datos. Hacer un consenso preguntando a los representantes de cada grupo por sus hipótesis prioritarias o sugerencias. Posteriormente, el tutor puede empezar una discusión con la clase entera. Es importante el valor de cada contribución, asistir a los estudiantes en el análisis de la biología del parásito y proveer información adicional. Se deben hacer preguntas sobre posibles soluciones al problema. Es posible que los estudiantes no resuelvan el problema en esta primera ronda y el tutor deberá motivar una próxima vuelta en los pequeños grupos. El ciclo de pequeños grupos de trabajo retroalimentación del tutor, deberá continuarse tantas veces como sea necesario. La llave en manejar una sesión de ABP es proveer una continua retroalimentación para mantener al estudiante entusiasmado mientras que simultáneamente se prolonga la resolución del problema para asegurar que un adecuado aprendizaje ocurra. A este punto de nuestro ejemplo los estudiantes estarán pensando ya en posibles soluciones. Cuando un número razonable de grupos han solucionado el problema se deberá pedir

un análisis escrito a cada grupo describiendo la biología involucrada en cada caso. Se le pueden dar ciertas palabras claves las cuales deberán incluirse en el reporte.

Los estudiantes comprometidos en el ABP deben mantener aspectos como el respeto, la responsabilidad, las aptitudes de comunicación. En el ABP los estudiantes desarrollan habilidades de estudio auto-dirigido las cuales los llevan a identificar y formular el problema, identificar sus necesidades de aprendizaje, determinar que recursos son apropiados evaluar la exactitud y validez de la información encontrada, guardar la información y auto-evaluarse.

4.2.2 ¿Cuál es el papel de la resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias?

La resolución de problemas es una actividad habitual en la clase de ciencias siendo aplicada por la mayoría de profesores³³. Textos y manuales están dedicados a la resolución de problemas en diversas áreas. La resolución de problemas, además, es un instrumento de evaluación útil, tanto en los exámenes, como en la investigación de las ideas alternativas de los alumnos. En muchas universidades todavía se observa que las clases de problemas se imparten separadas de las clases de teoría e incluso que corran a cargo de profesores diferentes. Esto es criticado "parece más adecuado que sea el mismo profesor el que imparta estos dos tipos de clases, ya que, de igual manera que se pretende la formación integral del alumno, la dedicación del profesor a tal tarea ha de cubrir todos los aspectos del aprendizaje para un mismo grupo de alumnos"³⁴

³³ GARRET, R.M. Resolución de problemas y creatividad: Implicaciones para el currículum de ciencias. Enseñanza de las Ciencias , 6, 1988, 224-230

³⁴ BELENDEZ, A. Algunas consideraciones en torno al proceso enseñanza-aprendizaje de la Física en la Universidad. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 27, 1996, 189-203.

En los años sesenta y setenta, influenciados por Piaget y su idea de pensamiento formal* y con el énfasis en la adquisición de los procesos de la ciencia por los alumnos, las ciencias serían especialmente indicadas para utilizar la resolución de problemas como medio para desarrollar el pensamiento formal.

Un problema puede definirse de varias formas. Un problema es una realidad incompleta, una pregunta que demanda una respuesta, una incitación a salir de un estado de desequilibrio a otro de equilibrio. Un problema plantea una solución que debe ser modelada para encontrar la respuesta a una pregunta que se deriva de la misma situación, es "cualquier situación prevista o espontánea que produce, por un lado, un cierto grado de incertidumbre y, por el otro, una conducta tendente a la búsqueda de su solución"³⁵ y para que exista un problema debe haber una cuestión a solucionar, una motivación para buscarla y no debe ser evidente una estrategia inmediata para ello. Perales clasifica los problemas de acuerdo con criterios que se refieren al campo de conocimiento implicado (Física, Química, Biología), a la solución (abiertos y cerrados), a la tarea requerida (cualitativos, cuantitativos, experimentales y creativos) o al procedimiento seguido (ejercicios, algorítmicos o heurísticos)³⁶

Se ha planteado basar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la universidad en la resolución de problemas por los alumnos³⁷. La propuesta consiste en organizar

* El último de los estadios identificados por Piaget, correspondiente a las operaciones formales, se caracteriza por unas destrezas que tienen especial relación con procesos de pensamiento frecuentes en la ciencia. Las características que definen el pensamiento formal pueden clasificarse en funcionales y estructurales. Las primeras se refieren a los enfoques y estrategias para abordar los problemas y tareas, mientras los rasgos estructurales se refieren a estructuras lógicas que sirven para formalizar el pensamiento de los sujetos

³⁵ PERALES, F.J. La resolución de problemas: Una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 1993, 170-178.

³⁶ PERALES, F.J. La resolución de problemas. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Editorial Marfil: Alcoy, 2000.

³⁷ BOUD, D.; FELETTI, G. *The challenge of problem-based learning*, Kogan Page: Londres-Inglaterra, 1992.

unidades didácticas articuladas fundamentalmente como colecciones de problemas. Los problemas deberán seleccionarse cuidadosamente y secuenciados de forma que se consiga el aprendizaje significativo. La palabra problema deberá ser entendida en un sentido amplio: pequeños experimentos, conjuntos de observaciones, tareas de clasificación, etc. En el área de ciencias su origen próximo se encuentra en la percepción de que gran parte de los conocimientos que tenían que aprender los estudiantes de medicina eran irrelevantes para su futuro desempeño profesional. La búsqueda de alternativas más prácticas desembocó en el aprendizaje a partir de problemas, un enfoque orientado típicamente a la enseñanza universitaria³⁸

Como pioneros de un modelo universitario basado en el aprendizaje por resolución de problemas: el PBL (Problem-Based Learning) se toma el de la Universidad de McMaster en Ontario, Canadá como referencia. El modelo de McMaster Problem Solving Program (MPS) contempla tres grandes objetivos: 1) El uso del PBL para aprender una materia; 2) El desarrollo de habilidades de aprendizaje continuo a lo largo de la vida; 3) El incremento de habilidades de liderazgo. El modelo utiliza una situación problemática para conducir el aprendizaje, y puede concretizarse en un proyecto de investigación, en un método de estudio de casos, en un proyecto de diseño, etc. Las bases fundamentales están representadas en: en grupos pequeños, auto dirección, interdependencia y auto evaluación. Las etapas del proceso son: abordaje del problema, definición del problema, exploración del problema, planteamiento de solución, llevar a cabo un plan, evaluación del proceso. Las habilidades que se obtienen son: habilidades para la resolución de problemas (definidos y no definidos), habilidades interpersonales y de trabajo en grupo, habilidades metacognitivas, de autoconfianza y de autodirección, Habilidades de

³⁸ BARROWS, H.S. y TAMBLYN, R.M. Problem-based learning, Springer Verlag: Nueva York-EE.UU, 1980.

autoevaluación, habilidades para el manejo del cambio, habilidades de aprendizaje continuo³⁹

En el ABP se utilizan generalmente problemas *mal estructurados* y la tarea consiste tanto en encontrar una solución, como en formular preguntas que permitan delimitar el contenido y los objetivos de la tarea. Esto fomenta el aprendizaje autorregulado teniendo ventaja frente a los problemas tradicionales cerrados. El trabajo del alumno es mayor. El alumno debe crear inicialmente un modelo mental relativo a la situación que se describe en el enunciado; aunque sea incompleto. Debe descubrir alternativas y enfoques válidos apropiados para avanzar en la solución del problema o para explorar posibilidades. Debe buscar, comprender y aplicar contenidos relevantes. Cuando este enfoque se complementa con una organización cooperativa del trabajo en el aula, los problemas pueden hacerse más complejos y la búsqueda de información puede prolongarse durante más tiempo.

En el ABP no se espera que el alumno descubra por sí mismo los conocimientos científicos. Más bien, la selección y sucesión de problemas orienta al estudiante para que aprenda a partir de fuentes diversas los contenidos que se estiman relevantes en una disciplina dada. El uso sistemático de los problemas estaría destinado a dar relevancia a tales contenidos, no a conseguir su descubrimiento por el sujeto que aprende. Esta estrategia tiene también puntos en común con las concepciones constructivistas. Aunque los defensores del ABP han argumentado que los puntos de vista recientes en Psicología Cognitiva son consistentes con el ABP, lo cierto es que el fundamento epistemológico, filosófico y psicológico de este enfoque es menos elaborado que la de otras alternativas como puede ser aprendizaje como investigación. Los defensores del ABP se basan, sobre todo, en evidencias

³⁹ Aprendizaje Basado en Problemas: una alternativa educativa *por* Laura Livas*
http://www.ur.mx/UR/fachycs/enfoques_universitarios/articulos-educacion-visita_universidad_mc_master.htm

relacionadas con el rendimiento académico y grado de motivación de los alumnos que siguen cursos con esta orientación⁴⁰.

4.2.3 ¿Por qué existe un fracaso tan grande en la resolución de problemas por los alumnos?

La Didáctica de las Ciencias intenta identificar las dificultades que encuentran los alumnos en esta actividad. Estas dificultades son el reflejo las diferencias individuales que inciden en el proceso de resolución. Se observa un fracaso casi generalizado⁴¹. Algunos alumnos que consiguen resultados correctos lo hacen mediante la aplicación de "trucos" y algoritmos estereotipados de resolución, con lo que un éxito en dicha tarea no necesariamente se corresponde con el aprendizaje significativo de las ciencias i.e. llevados por el automatismo mecánico, los estudiantes no analizan la validez de las soluciones que obtienen, de manera que resultados numéricamente absurdos se aceptan sin dificultad como válidos⁴².

Los profesores atribuyen las dificultades y fracaso del ABP a los alumnos y opinan que las dificultades se deben a la falta de los conocimientos teóricos necesarios, al escaso dominio del aparato matemático y a una lectura poco comprensiva del enunciado. Los estudiantes coinciden parcialmente con el diagnóstico anterior y tienden a culpar del fracaso a los procedimientos de resolución y a la comprensión superficial o incomprensión por su parte de los enunciados, a la vez que admiten una cierta responsabilidad por su falta de persistencia en el trabajo. No obstante, los alumnos piensan que las operaciones matemáticas desempeñan un papel menor como fuente de dificultades.

Los didactas opinan que fuente de dificultad en la resolución de problemas se debe al desajuste entre las capacidades formales de los alumnos y las demandas cognitivas de

⁴⁰La enseñanza de las ciencias. Preguntas y respuestas. <http://www2.uah.es/jmc/webens/169.html>

⁴¹ GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria, ICE, Universidad de Barcelona: Barcelona, 1991.

la tarea⁴³. Es común que sujetos que desarrollan y aplican estrategias de pensamiento formal en un dominio determinado demuestren un nivel de desempeño más bajo cuando se enfrentan a tareas que tienen que ver con dominios desconocidos. Además, el uso generalizado de algoritmos en la resolución de problemas puede llevar a una situación en la que la única variable que explica la actuación exitosa o no de los sujetos sea precisamente el grado de pensamiento formal⁴⁴. Por último, existe evidencia de que la manipulación de alguna de las demandas de la tarea, como puede ser la cantidad de información que se necesita para procesar la información, incide en la actuación de los sujetos. Por ejemplo, una manipulación de la estructura lógica de un problema que dé como resultado un pequeño incremento en el nivel formal del mismo puede dificultar la actuación de los alumnos hasta el extremo de impedir que se beneficien de los progresos conseguidos mediante el entrenamiento con ejemplos. Estos factores resultan especialmente relevantes en los problemas de Física y Química dado que, estos son semánticamente ricos y ello exige un grado mayor de capacidad cognitiva.

En el ABP se observan diferencias entre expertos y novatos en la resolución de problemas. Tendiendo en cuenta que los expertos y novatos difieren en la cantidad y calidad de los esquemas que poseen estas diferencias se han clasificado en⁴⁵:

- a) Conocimiento factual: mientras que los novatos tienen estructurado su conocimiento como un conjunto dispersos de pequeñas unidades, los expertos tienden a conocer grandes unidades de conocimientos.

⁴² CAMPANARIO, J.M. Los problemas crecen: a veces los alumnos no se enteran de que no se enteran. Aspectos didácticos de Física y Química (Física) 6, ICE, Universidad de Zaragoza: Zaragoza, 1995, 87-126. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

⁴³ POZO, J.I. y CARRETERO, M. Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia?. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 1987, 35-52.

⁴⁴ NÍAZ, M. Enhancing thinking skills: Domain specific/domain general strategies. *Instructional Science*, 22, 1995, 413-422.

⁴⁵ MAYER, R.E. *Thinking, problem solving and cognition*, W.H. Freeman & Company: Nueva York-EE.UU, 1992.

- b) Conocimiento semántico: los novatos mantienen representaciones ingenuas, mientras los expertos mantienen representaciones basadas en los conocimientos propios de la disciplina (situaciones aparentemente diferentes, pero similares en el fondo, se tratan siguiendo los mismos principios y conceptos).
- c) Conocimiento esquemático: mientras que la representación de los problemas que forman los novatos se basa, con frecuencia, en características superficiales, la representación de los expertos se basa en similitudes estructurales.
- d) Conocimiento estratégico: los expertos tienden a trabajar a partir de sus conocimientos avanzando hacia la solución. Los novatos tienden a trabajar hacia atrás, partiendo de las incógnitas hacia sus conocimientos.

Los expertos tienden a construir una descripción cualitativa detallada, mientras los novatos tienden a clasificar los problemas de acuerdo con su formulación superficial. Por ejemplo los alumnos novatos tienden a pensar en ejercicios de planos inclinados, poleas, etc., y tienden a activar los conocimientos relevantes que dependen en gran medida de rasgos superficiales que se identifican en el enunciado. En contraste, aunque la información superficial del enunciado les ayuda a activar el conocimiento relevante para la solución; los expertos clasifican generalmente los problemas de acuerdo con principios generales más relacionados con la estructura de la disciplina en cuestión y tienden a activar los conocimientos declarativos y procedimentales relevantes.

Un factor adicional que incide en las dificultades en la resolución de problemas y que empieza a recibir la atención de los investigadores, es el que tiene que ver con las concepciones epistemológicas de los estudiantes sobre la ciencia y el conocimiento científico y con la metacognición. Si los alumnos creen que el proceso de resolución consiste en aplicar unas fórmulas a unas variables que ineludiblemente deben aparecer en el enunciado, es muy posible que encuentren dificultades al resolver

problemas abiertos o ejercicios en los que es preciso seguir un procedimiento más indirecto. Es posible que estos estudiantes lleguen a considerar que los problemas abiertos, sin datos numéricos, no son auténticos problemas del tipo al que están habituados a resolver habitualmente en clase.

5. CONCLUSIONES

1. Los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la microbiología en la universidad se llevan a cabo, algunas veces, siguiendo programas que separan los componentes teóricos de los componentes prácticos, utilizando metodologías que difieren de las utilizadas en el desarrollo y avance de esta ciencia.
2. Las relaciones entre ciencia y escuela son conflictivas: la enseñanza y el aprendizaje de la microbiología fragmentado sus componentes no genera un conocimiento escolar científico. Como consecuencia, se desconoce la naturaleza del conocimiento científico y se disfraza su extensión y complejidad en su versión escolar.
3. Las teorías del constructivismo se centran en la idea de que las personas, *construyen* sus propias ideas sobre su entorno. Se basa en diversas ideas como la de *asociación* como eje central del conocimiento (Gagné o Brunner), en las ideas de *asimilación* y *acomodación* (Piaget), o en la importancia de los *puentes o relaciones cognitivas* (Ausubel). De igual manera en las *ideas previas* o preconcepciones, el *conflicto cognitivo* que se da entre concepciones alternativas y constituirá la base del *cambio conceptual*.
4. Aprender a aprender es lograr que los alumnos se conviertan en aprendices autónomos, independientes y autorreguladores, capaces de aprender a aprender. Esto implica que puedan reflexionar en la forma en que se aprende y actuar en consecuencia, regulando su propio proceso de aprendizaje mediante el uso de estrategias flexibles y apropiadas que se transfieran y adapten a nuevas situaciones. El maestro es un mediador en el encuentro de sus alumnos con el conocimiento, guiando y orientando la actividad constructiva y reflexiva de sus alumnos. La

motivación en el aula depende de la interacción entre el profesor y sus estudiantes. Las estrategias de enseñanza son utilizadas intencional y flexiblemente por el profesor y este las puede usar antes para activar la enseñanza, durante el proceso para favorecer la atención y después para reforzar el aprendizaje de la información nueva. La meta que se proponen las distintas estrategias de aprendizaje es que el aprendizaje sea capaz de actuar en forma autónoma y autorregulada.

5. Los problemas de aprendizaje y enseñanza de las ciencias son interdisciplinarios. La didáctica de las ciencias tiene lazos indisolubles con numerosos otros campos del conocimiento, además de las propias disciplinas científicas (Física, Química, Biología) como la historia de la ciencia, la filosofía de la ciencia, la sociología de la ciencia o la psicología de la educación, entre otras. Enseñar ciencias exige relacionar conocimientos relativos tanto a la educación como a las propias disciplinas científicas, de forma integrada y no por separado. No existe un enfoque integrado que reconozca el hecho de que las estrategias de enseñanza están en buena manera determinadas por la especificidad de los contenidos a enseñar.

6. Los objetivos generales del aprendizaje de las ciencias pueden clasificarse:
a) Logro de aptitudes y destrezas intelectuales y cognitivas
b) Logro de aptitudes y destrezas manipulativas o psicomotoras
c) Desarrollo de actitudes e intereses de los alumnos en relación a la ciencia y al estudio de la ciencia.

7. Los profesores de ciencias consideran que la resolución de problemas (ABP) es algo que debe incorporarse a la actividad de aprendizaje de sus alumnos. Este enfoque es más adecuado que los métodos tradicionales, ya que entre las situaciones más frecuentes que se deben afrontar en las ciencias experimentales se encuentra la búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas. Por otra parte, la relación explícita entre los conceptos científicos y los problemas conceptuales que originan su aparición contribuye al aprendizaje significativo. El ABP fomenta la percepción de la utilidad de los mismos, y contribuye, por tanto, a incrementar la

motivación intrínseca. Existe además, una interrelación continua entre teoría y aplicación práctica, se puede conseguir una mejor integración de los conocimientos declarativos y procedimentales.

8. La idea principal de Bachelard, consiste en que en el futuro el conocimiento se basará en la negación del conocimiento actual. Su modelo se basa en la idea de *cambio científico*, dentro del cual existen tres categorías bien definidas: 1) *Obstáculos epistemológicos*: formas de pensar arraigadas, antiguas estructuras, el *sentido común*; 2) *Rupturas epistemológicas* o formas en que el conocimiento científico contradice las ideas o creencias que proceden de un conocimiento primario, intuitivo y de sentido común. 3) *Actos epistemológicos* o mecanismos por los cuales se van superando los obstáculos epistemológicos.

BIBLIOGRAFIA

AUSUBEL, David. The Psychology of Meaningful Verbal Learning. New York: Grune and Stratton, 1963.

BACHELARD, Gaston. La formación del espíritu científico. México: Siglo XXI. Trad. cast., 1948, 14a. edición, 1987.

BLOOM Benjamin and KRATHWOHL David. Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain. New York: Longman, Green, 1956.

BRUNER, Jerome. The Process of Education. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1960.

BRUNER, Jeremy. Toward a Theory of Instruction. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966.

GAGNE, R. and DRISCOLL, M. Essentials of Learning for Instruction, 2nd Ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice, 1988.

GARDNER, Haward. Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. New York: Basic Books, 1983.

GARDNER, Haward. Multiple Intelligences: The Theory in Practice. New York: Basic Books, 1993.

POZO, Juan Ignacio. Por que no aprenden los alumnos universitarios lo que se les quiere enseñar. Docencia Universitaria, CEDEDUIS, Universidad Industrial de Santander. Vol 2: 185-197.

POZO, Juan Ignacio Pozo. Por que no aprenden los alumnos universitarios lo que se les quiere enseñar. Docencia Universitaria, CEDEDUIS, Universidad Industrial de Santander. Vol 3: 219-231.

SMITH, M.K. Jerome S. Bruner and the process of education', the encyclopedia of informal education, 2002. <http://www.infed.org/thinkers/bruner.htm>.

VYGOTSKY, L.S. El desarrollo de los procesos psíquicos superiores. Desarrollo, Barcelona, Grijalbo, 1979.

VYGOTSKY, L.S. Mind in Society. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.