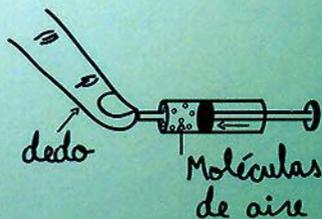
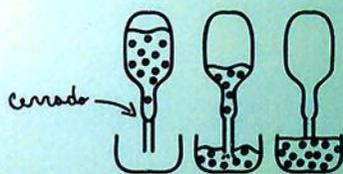
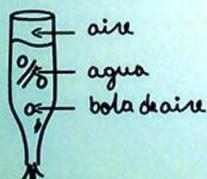


Apuntes Didácticos sobre la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Naturales



Miriam Quintana de Robles
Alfredo C. Robles



ALFREDO C. ROBLES

Es Profesor egresado de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador-Instituto Pedagógico de Caracas en la especialidad de Física y Matemática y Abogado egresado de la Universidad Central de Venezuela. Cursó estudios de Maestría en la especialidad de Didáctica de las Disciplinas Científicas en la Universidad Paul Sabatier, Toulouse - Francia, seguidamente realiza estudios doctorales en la Universidad Claude Bernard, Lyon, Francia, y obtuvo el título de Doctor en la especialidad de Didáctica de las Disciplinas Científicas. Su ejercicio profesional lo inicia en educación media como profesor de Física y Matemática. Fue profesor de la Universidad Central de Venezuela en la Escuela de Educación, en las cátedras de Didáctica de la Física y Metodología de Investigación. Seguidamente, pasa a formar parte del cuerpo profesoral (Especialista de Contenido) de la Carrera de Educación Integral de la Universidad Nacional Abierta (UNA) - Sede Central. Ha ocupado en este establecimiento universitario varios cargos de tipo académico - gerencial. Actualmente, es profesor adscrito a la Dirección de Investigación y Postgrado de la misma institución en las cátedras de Didáctica y Filosofía de las Ciencias. Ha sido ponente en diferentes eventos académicos a nivel nacional e internacional. Su investigación está centrada en el estudio de la Modelización, Apropriación y Comunicación del Saber en Ciencias y el de la influencia de la Imagen en la Enseñanza de las Ciencias.

Apuntes Didácticos sobre la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Naturales

*Publicaciones de la
Universidad Pedagógica Experimental Libertador*

© Miriam Quintana de Robles
Alfredo C. Robles

Serie de libros arbitrados del Vicerrectorado de Extensión

Diagramación y montaje electrónico:

L + N XXI Diseños, C.A

Correo electrónico: lmarquez@cantv.net / nmoccia@cantv.net

Diseño de Portada:

M. Quintana de Robles y A. C. Robles

Comité Editorial:

Sonia Bustamante

Impresión:

L+N XXI Diseños, C.A.

Telf. 242.3484 /241.0736

Reservados todos los derechos:

Este libro no puede ser reproducido total o parcialmente, por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de Información y sistema de recuperación sin permiso escrito del autor.

Primera edición

Impreso en Venezuela

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Vicerrectorado de Extensión
Dirección: Avenida Sucre, Estación del Metro. Gato Negro, Parque del Oeste, Catia,
Venezuela, Apartado Postal 2939, Caracas 1010.

Teléfonos: (0212) 806-00-45, Fax: (0212) 806-01-18

Depósito Legal: DC2017000142

ISBN: 978-980-6357-33-4



Universidad Pedagógica Experimental Libertador
Vicerrectorado de Extensión

CONSEJO RECTORAL DE LA UPEL

Dr. Raúl López Sayago
Rector

Dra. Doris Pérez Barreto
Vicerrectora de Docencia

Dra. Moraima Esteves
Vicerrectora de Investigación y Postgrado

Dra. María Teresa Centeno de Algomedá
Vicerrectora de Extensión

Dra. Nilva Liuval Moreno de Tovar
Secretaria

SUBDIRECTORES DE EXTENSIÓN

Humberto González (e)
Instituto Pedagógico de Caracas

Oscar Chapman
Instituto Pedagógico de Barquisimeto

Robin Ascanio
Instituto Pedagógico de Maturín

Francisco Valdivieso Arcay
Instituto Pedagógico de Maracay

Zonnis León
Instituto del Mejoramiento Profesional del Magisterio

Marina Martus de Andrade
Instituto Pedagógico de Miranda

Ernestina Báez (e)
Instituto Pedagógico del Mácara

Carlos Salazar
Instituto Pedagógico de Rubio

COORDINADORES NACIONALES DE PROGRAMAS

Greta Müller de González

Extensión Académica

María Fátima Dos Santos

Extensión Socio cultural

Régulo Rausco

Deporte y Recreación

Felipe Sánchez

Atención al Jubilado y egresado

Belkys Guzmán de Castro

Tecnología de Información y Comunicación

Sonia Bustamante

Proyectos Especiales

Marlene Mendoza

Unidades de Biblioteca y Centros de Documentación

Reina León Boretta

Unidad de Servicios para las Comunidades Educativas

A Daniel Alejandro y Alfredo José

Continuación de nuestra vida.

Agradecimiento

Ninguna obra puede llegar a su culminación sin la ayuda de algunas personas, es por ello que quisiéramos expresar especial reconocimiento a:

Dra. María Teresa Centeno de Algomedá por su colaboración y apoyo que hizo posible la edición de este libro.

Dra. Sonia Bustamante por sus constantes palabras de estímulo que hicieron posible que cuando soltábamos el lápiz volviéramos a retomarlo.

Dra. Greta Muller por sus observaciones acertadas que nos permitieron repensar su estructuración.

Dr. Carlos Manterola por habernos hecho el honor de prologar este libro, incorporando un aporte valioso al tema central desarrollado.

Prof. Isaias Tovar quien pacientemente, interpretó y materializó nuestras ideas de diseño.

TSU. Daisy Parra por colaborar con las correcciones y puesta en forma del documento.

En fin, a todas aquellas personas que permitieron hacer realidad este sueño. Encuentren todos ustedes, nuestro agradecimiento, por ayudarnos a sembrar en los lectores, la semilla de la Didáctica de las Ciencias.

..... Y a Dios por sobre todas las cosas

Índice

PRÓLOGO	11
PRESENTACIÓN	15
TEMA I: LA DIDÁCTICA	17
Concepto de didáctica	18
Didáctica específica o disciplinar vs didáctica transdisciplinar	21
TEMA II: LA COMUNICACIÓN Y ACCIÓN COMUNICATIVA COMO ELEMENTOS ESENCIALES DEL ACTO DIDÁCTICO	25
La comunicación didáctica	29
Momentos para la comunicación didáctica	32
La interacción en la comunicación didáctica	35
El discurso didáctico	36
TEMA III: DIFERENCIA DIDÁCTICA ENTRE SABER Y CONOCIMIENTO	39
Síntesis histórica sobre el origen del conocimiento	40
Primera aproximación a la diferencia entre saber y conocimiento	42
Segunda diferencia entre saber y conocimiento	43
Tercera diferencia entre saber y conocimiento	45
Cuarta y definitiva diferencia entre saber y conocimiento	47
Más allá de la diferencia entre saber y conocimiento	50
TEMA IV: LOS TIPOS DE SABERES INTERVINIENTES EN EL SISTEMA DIDÁCTICO: LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA	53
Fases involucradas en el proceso de transposición didáctica	55
Primera fase: del saber erudito al saber a enseñar	55
Origen del saber erudito	55
Intervención del sistema social de enseñanza y el saber a enseñar	55
Segunda fase de la transposición didáctica: del saber a enseñar al saber enseñado	58
El saber enseñado	58
Necesidad de la transposición didáctica	60
La transposición didáctica y el saber del alumno	62

TEMA V: IMPORTANCIA DEL SABER DEL ALUMNO EN EL ACTO DIDÁCTICO	67
El saber propio del alumno	68
Definición de concepción	70
Funcionamiento de las concepciones	72
Origen de las concepciones	73
La percepción	73
La sociedad	74
La analogía	74
La vulgarización científica	75
La personalidad afectiva	75
Características de las concepciones	76
Qué hacer con las concepciones	78
Cómo hacer emerger las concepciones	80
Las concepciones y el cambio conceptual	80
TEMA VI: CONCEPTUALIZACIÓN DIDÁCTICA DE MODELO	83
La noción de modelo	84
Funciones de los modelos	85
La analogía como concepto de base del modelo	88
TEMA VII: LA MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	91
La actividad de modelización. Su interés	92
Los diferentes niveles de modelización	94
Uso de la modelización para la comprensión del fenómeno físico desde el punto de vista macroscópico y microscópico	97
TEMA VIII. LAS IMÁGENES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES	101
Interacción texto – imagen	106
El vídeo como soporte didáctico para la enseñanza de las ciencias	108
TEMA IX: LOS APORTES DE LA INFORMÁTICA EN CIENCIAS EXPERIMENTALES	115
Descripción de un sistema interactivo multimedia	119
Descripción de un curso	121
El sistema interactivo visto por el aprendiz	122
El sistema interactivo visto por el tutor	123
La modelización didáctica con la utilización de un dispositivo informático	123
REFERENCIAS	127

Prólogo

Quintana y Robles han sido durante más de veinte años profesionales de la docencia dedicados al estudio e investigación pedagógica y a la enseñanza de las ciencias naturales en el ámbito de la formación de docentes. Este libro es producto de la reflexión sobre su práctica profesional en el que deliberan sobre las bases esenciales en las que todo docente debe recapacitar, aunque no esté especializado en el área de las ciencias naturales, por cuanto toca elementos claves de toda enseñanza y de todo aprendizaje. En este sentido, esta publicación constituye una sistematización de los saberes que un profesional de la docencia de cualquier nivel educativo debe madurar a fin de incrementar los niveles de calidad en su trabajo escolar.

El eje transversal que atraviesa el libro es la reflexión epistemológica, base imprescindible de cualquier formación profesional, en especial la pedagógica, y de todo diseño de política educativa. Aquí los autores se lucen cuando disertan sobre la acción comunicativa en el acto didáctico, en sus reflexiones sobre el saber y el conocimiento base de toda enseñanza y de todo aprendizaje, en la importancia que otorgan a las concepciones de los estudiantes y de sus implicaciones didácticas, en los comentarios tan sesudos sobre el conjunto de transformaciones que experimenta un saber a los fines de ser enseñado en la denominada transposición didáctica, en la importancia de la analogía, de los modelos, de las imágenes y de las simulaciones en la enseñanza y en el aprendizaje, y, por último, en sus deliberaciones sobre la informática en las ciencias naturales. Realmente el contenido del libro responde adecuadamente a su título "Apuntes Didácticos sobre la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Naturales", pero apuntes esenciales.

La reflexión epistemológica, que se mantiene en todo el discurso, la cual no es fácil ni está exenta de diatribas ni de sesgos culturales do-

minantes, en especial, cuando se habla de las ciencias “duras”, aquellas que -por antonomasia- producen leyes y teorías objetivas, verdaderas, universales y comprobadas experimentalmente. Como bien mencionan Quintana y Robles, desde Galileo nos viene esa cultura científica, ratificada por la racionalidad cartesiana. En esta reflexión los autores, guiados especialmente por grandes intelectuales franceses, se inclinan hacia una concepción constructivista, tanto en el aprendizaje como en la enseñanza.

Pero, además, hay tres aspectos que –aunque no se explayan en el libro- sí subyacen en las reflexiones de Quintana y Robles y que quisiera resaltar por su importancia pedagógica. Uno de ellos se manifiesta en la forma tan clara que los autores -a lo largo del todo el libro- hablan sobre la enseñanza y el aprendizaje, así por separado, como dos conceptos diferentes. Porque, desde hace más de treinta años –y con más fuerza en la década de los 90 cuando se inició el uso masivo de internet-, muchos expertos en educación ni mencionan la palabra “enseñanza” y hablan exclusivamente de “aprendizaje”; pareciera que han borrado aquél concepto porque el usarlo revela que no se está en la última moda pedagógica. Y la razón que se me ocurre de tal eliminación consiste en que cuando ellos piensan en enseñanza, la identifican con la concepción que desde el siglo diecinueve se mantiene en la mayoría de nuestras instituciones escolares. Cuando no mencionan la palabra enseñar, dichos autores y algunas organizaciones, piensan en esa enseñanza que – como dice Pérez Gómez (2012)- fragmenta los conocimientos en trozos manejables para que los memoricen los estudiantes, repletos de datos, hechos, informaciones, clasificaciones y algoritmos, descontextualizados de la vida cotidiana, con pocas oportunidades para pensar lo cual provoca aburrimiento, pasividad y desmotivación en los estudiantes; piensan en la enseñanza de *talla única*.

Por el contrario, cuando Robles y Quintana hablan de enseñanza piensan en otro concepto muy diferente. Piensan en una enseñanza cuya función es ayudar a lograr aprendizajes relevantes y significativos, en una enseñanza diseñada con base en situaciones problemáticas ligadas a la realidad de los estudiantes, en una enseñanza no disciplinar

sino inter y transdisciplinar, en una enseñanza donde el grupo de estudiantes es el *pivote* sobre el que gira el trabajo escolar, en una enseñanza basada en la calidad de la formación del profesorado.

Este último punto me lleva al segundo aspecto que subyace en los planteamientos del libro, que se puede describir como la importancia que dan a la formación del profesorado, que -aunque Quintana y Robles en el libro la ilustran con ejemplos de las ciencias naturales- se puede transferir a todo tipo de educador. Los autores están conscientes -aun en esta sociedad actual globalizada y tecnificada- de lo que muchos eventos internacionales y expertos en Educación lo han dicho (Ministros de Educación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OCDE-, 2004; 5º Congreso Mundial de la Internacional de la Educación, 2007; Tedesco y López, 2013; Bolívar, 2013; Murillo y otros, 2016), que el “embudo” -no el único pero si el fundamental- para que se desarrolle en el sistema escolar la calidad de la enseñanza y, por tanto, la relevancia y pertinencia de los aprendizajes alcanzados lo constituye la calidad profesional del maestro y del profesor. A mayor calidad de la formación inicial y permanente del docente la boca del embudo amplía su diámetro y por consiguiente se incrementa la calidad de los aprendizajes de los estudiantes. El nivel de calidad de una institución escolar y de los aprendizajes obtenidos por los estudiantes nunca podrá superar la cota de excelencia del grupo de docentes de dicha institución. Este elemento que diversos países europeos, asiáticos y norteamericanos lo han incorporado en sus políticas educativas y lo llevan a la práctica, porque así lo atestiguan un número sustancioso de investigaciones, nosotros los latinoamericanos no lo hemos comprendido y poco nos preocupa.

Y el tercer aspecto que subyace especialmente en la segunda mitad del libro, se relaciona con la importancia que dan los autores al contexto y su repercusión en el logro de una enseñanza pertinente y de unos aprendizajes de alta calidad cognoscitiva y humana. Este contexto lo trabajan cuando reflexionan sobre las concepciones de los estudiantes que pueden convertirse en *obstáculo epistemológico* para lograr los aprendizajes y dificultar la ayuda del docente. De igual manera, este

contexto –el más importante de todos, cual es el conocimiento de los estudiantes- se hace relevante cuando se exponen en los modelos para la enseñanza de las ciencias naturales y en el uso de diversos recursos audiovisuales e informáticos.

Por todo ello, estoy seguro que -como aspiran Quintana y Robles en la Presentación del libro- estos Apuntes Didácticos van a constituir una base fundamental en la formación de todos los profesionales que tienen responsabilidades en los aprendizajes de estudiantes y van a repercutir en su práctica didáctica.

Carlos Manterola A.

DOCTOR EN EDUCACIÓN

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Presentación

La didáctica de las ciencias es una disciplina de reciente data y en consecuencia de múltiples esfuerzos en los ámbitos de la praxis y de la investigación, para lograr posicionarla con un campo teórico y modelos de acción y así lograr responder a los múltiples problemas que se han venido presentando en el campo de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Los estudios y aportes aún no finalizan, pero se puede decir, con beneplácito, que la misma ha logrado dar a conocer la importancia de su estudio para sensibilizar acerca de la necesidad de formar, tanto a los educadores actuales como a las nuevas generaciones de docentes de ciencias. Enseñar ciencias, no puede limitarse a mostrar contenidos abstractos, es necesario hacer del conocimiento científico un saber interesante; es un viaje constante de ida y vuelta entre la realidad y la abstracción, para ello, es ineludible que el docente esté actualizado en los conocimientos didácticos necesarios, para así lograr la verdadera comprensión, motivación e importancia de los contenidos científicos en los estudiantes.

El presente libro titulado, *Apuntes Didácticos sobre la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Naturales*, tiene su origen en las cátedras o lecciones dictadas por los autores, en diferentes cursos e instituciones universitarias del país. Su razón de ser radica, principalmente, en presentar de manera ordenada y compendiada las clases y discusiones que se desarrollaron con los participantes en diferentes momentos, quienes siempre manifestaron su inquietud por no encontrar en un sólo texto, todas las ideas y conceptos de la materia estudiada.

Es un texto que contiene, esencialmente, elementos teóricos de algunos de los temas de didáctica de las ciencias naturales, que se materializan o ejecutan a través de la comunicación didáctica, permitiendo

tener una visión global y dinámica de la manera cómo se está llevando a cabo esta discusión entre los investigadores de esta disciplina.

La idea cardinal es mostrar algunos fundamentos que muestran que una clase de ciencias no es sólo tener un conocimiento amplio de la disciplina, ni limitarse a un programa lleno de objetivos, contenidos, y ejercicios es además considerar todo lo equivalente a la forma cómo se debe actuar durante el acto didáctico y al momento de comunicarse en el sistema, donde se produce un proceso complejo de construcción del conocimiento entre dos entes cognoscentes y el saber científico en juego. Bajo estas perspectivas, la enseñanza y el aprendizaje están cargados de dinamismo cognitivo, donde los sujetos involucrados, de alguna manera se enfrentan, intentando cada uno imponerse ante el otro, en consecuencia, lo esencial es considerar tanto lo que uno o el otro saben y poner en práctica y en coincidencia esos saberes, para lograr avanzar hacia un cambio conceptual que disminuya el distanciamiento epistémico entre el saber enseñar y el saber del estudiante.

Aspiramos que estos aportes teóricos que se presentan sean de utilidad en el conglomerado docente del país y sirvan de base para sus reflexiones y prácticas didácticas en la enseñanza de las ciencias.

Los Autores

TEMA 1

La Didáctica

La educación es lo que queda una vez que olvidamos todo lo que se aprendió en la escuela.

Albert Einstein

Hablar de la Didáctica no es de nueva data; algunos investigadores han planteado que ésta se deriva de los diálogos socráticos y de las enseñanzas de Platón. Muchos plantean que este origen se encuentra en la técnica de enseñanza de los sofistas, mientras que para otros su origen se encuentra en las enseñanzas de San Agustín o en el *eruditio didascalía* de H. S. de Victor (1096 – 1141), considerado uno de los iniciadores del enciclopedismo, quien presentó los saberes divididos en cuatro ciencias básicas: teóricas, prácticas, mecánicas y lógicas. Sin embargo, la polémica se cierra más allá y es hacia los años 1657 cuando aparece la *Didáctica Magna* de Jean Amos Comenius, donde se recogían los principios de enseñar: *el completo arte de enseñar todo a todos los hombres, es decir, el modo y manera seguro y perfecto de enseñar las ciencias en todos los municipios, ciudades y aldeas de los países cristianos...*

Otra polémica que ha desatado posiciones es la relativa a que si la Didáctica se debe ubicar o no entre las ciencias que conforman las Ciencias de la Educación. Lo más correcto, y así ha sido el consenso en los últimos tiempos, es que por la amplitud de las Ciencias de la Educación y por la especificidad del campo de investigación de la Didáctica, indudablemente la segunda, forme parte de la primera. Sin embargo, este no debe ser el asunto a discutir, más bien debemos enfocarnos en señalar y enfatizar que la Didáctica es una disciplina científica que tiene su peso específico y propiedades que la definen como de suma importancia, en

el campo del conocimiento científico, en el diseño y desarrollo curricular, en cuanto a sus aportes en las estrategias metodológicas y como disciplina, al momento de analizar el sistema didáctico y la consecuente planificación del acto didáctico.

Concepto de Didáctica

La Didáctica es un concepto que también ha traído discusión en el devenir histórico.

Desde el punto de vista de la didáctica francesa, se considera la posición de Astolfi y Develay (2001), quienes consideran que el estudio didáctico debe encaminarse a:

- Tomar en cuenta los contenidos de enseñanza como objetos de estudio.
- Considerar los conceptos principales que definen una disciplina y definir el análisis de sus relaciones.
- Considerar la historia, las respectivas rectificaciones disciplinar y la forma como se debe incluir en la enseñanza.
- Examinar el funcionamiento social de los conceptos y las prácticas sociales.
- Profundizar el análisis de las situaciones de clase para comprender mejor su interior y definir el funcionamiento de las mismas.

El concepto de didáctica es categorizado por Escudero (1981), Fernández (1984), Sacristán (1985) y Pérez Gómez (1985) de la siguiente manera:

- a) Arte de enseñar
- b) Teoría de adquisición del conocimiento
- c) Ciencia teórica-técnica – tecnológica
- d) Comunicación de conocimiento
- e) Disciplina y campo de conocimiento

Otros autores como Rivilla y Salvador (2005), definen la didáctica, asumiendo varios puntos de vista:

- ❖ *Posición tecnológica:* plantea que la didáctica es el puente normativo fundamentado entre la teoría y la práctica, que implica una sistematización rigurosa de los procesos de enseñanza y aprendizaje, planificado con tal base y previsión, que las decisiones que han de asumirse en torno al conocimiento y al trabajo docente – discente, deben ser realizadas mediante la aplicación justificada y deliberadamente secuenciada de las acciones más eficaces y eficientes que el saber científico nos pueda dar.
- ❖ *Posición artística:* La tarea docente y el aprendizaje se asemeja a la acción artística, donde entender, transformar y percibir la realidad se debe hacer desde un ángulo artístico y poético. Así la didáctica que involucra la enseñanza y el aprendizaje, ha de ser creativa y reflexiva invitando constantemente a la creación del conocimiento.
- ❖ *Posición cultural – indagadora:* la didáctica como disciplina está centrada en el estudio de los procesos de enseñanza y aprendizaje, que pretende la formación y el desarrollo instructivo – formativo de los estudiantes, y la mejora de la concepción y práctica docente, mediante la generación de un entorno cultural netamente didáctico, basado y reconstruido desde una actitud rigurosamente indagadora del profesorado y los colaboradores.

Blacio (1996), por su parte, establece dos posiciones en cuanto a la definición de Didáctica:

- 1.- Es una disciplina de carácter práctico y normativo.
- 2.- Es el conjunto sistemático de principios, normas, recursos y procedimientos específicos que todo profesor debe conocer.

Entre las dos definiciones se destaca el reconocimiento de la didáctica como disciplina, la cual establece normas y principios. Sin embargo, esta definición tiene una limitación importante, no señala en qué

consisten el carácter práctico y normativo y menos aún a qué elementos normativos se refiere.

Por otra parte, Castillo y Cabrerizo (2006), sostienen una definición de didáctica donde se destaca que:

- ❖ Es una ciencia práctica;
- ❖ su espacio es la enseñanza, el currículo, las técnicas de instrucción, los medios y la tecnología y la formación docente;
- ❖ propone la optimización de los elementos anteriores mediante el discurso y la práctica educativa.

Este autor, define la didáctica en términos pragmáticos, con un complejo número de elementos cuyo fin es mejorar la enseñanza. Sin embargo, deja a un lado tanto la investigación como motor de producción de su campo teórico y la comunicación didáctica como esencia del discurso y la práctica educativa, además de cerrar el campo de acción, a su actuación fuera del conglomerado social educativo al cual va dirigido el proceso.

De acuerdo a las posiciones resumidas y con la intención de aglutinar en un todo las diferentes concepciones, se propone la siguiente definición de didáctica:

Es una disciplina de investigación, teórica y práctica, que se sostiene de la integración de los progresos sociales, para estudiar y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, produciendo una óptima evolución del campo conceptual en el sujeto, el cual se materializa a través de la comunicación didáctica.

Cuatro elementos caracterizan este concepto:

- 1.- Es una disciplina investigativa, teórica y práctica. Lo que significa que es científica, no copia sino que investiga y crea sus propias líneas de investigación, se basa y crea teorías propias. Su campo de acción es la realidad didáctica (sistema didáctico y acto didáctico).
- 2.- Se sostiene de la integración de los progresos sociales. Por ser una disciplina de investigación no es ajena a su entorno ni a la evolu-

ción, ni a las exigencias sociales. Está siempre pendiente del avance del entorno social de la escuela y del envejecimiento moral y biológico del saber.

- 3.- La intención didáctica es siempre la misma: la evolución del campo conceptual del estudiante para que su nuevo saber, en el tiempo, se aproxime cada vez más al saber erudito.
- 4.- Se materializa a través de la comunicación didáctica, lo que significa poner en juego la acción didáctica a través de la interacción y las intenciones comunicativas. En efecto, no importa la forma de construcción del saber, oral o escrito, siempre la comunicación didáctica lleva inmersa una intención y una interacción didáctica. Es decir, como lo plantea Habermas (2007), hay una acción comunicativa que lleva la intención didáctica.

Didáctica Específica o Disciplinar Vs Didáctica Transdisciplinar

Indudablemente en el devenir histórico, la investigación y la acción didáctica se han pronunciado por la necesidad de crear la didáctica específica a cada disciplina del saber. Así tenemos didáctica de la lengua, de las ciencias sociales, de las ciencias experimentales (física, química y biología), de las matemáticas, entre otras.

Desde la perspectiva de la didáctica específica o disciplinar, se propondrá una noción de lo que se ha denominado Didáctica de las Ciencias o Didáctica de las Disciplinas Científicas, la cual se viene a ocupar del estudio de lo relacionado con el aprendizaje y enseñanza de las teorías de las ciencias experimentales.

No obstante, la evolución de las formas de construcción del conocimiento impone la necesidad de verlo como un elemento complejo que no puede aislarse, sino que debe ser considerado como una conglomeración de saberes; es decir, que más allá de la disciplinariedad habría que tomar en cuenta la transdisciplinariedad, puesto que el campo conceptual en los procesos de enseñanza y aprendizaje se construye y

se entiende mejor desde la visión conjunta de las diferentes disciplinas del campo científico; por esta razón Manterola (2012) señala que, es necesario hoy en día hablar de la didáctica transdisciplinar, la cual se sustenta en la perspectiva de la complejidad de Morin, exigiendo vincular lo que era considerado como separado y al mismo tiempo aprender a hacer jugar las certezas con la incertidumbre y el devenir. Continúa señalando Manterola que esta perspectiva transdisciplinar, implica cambiar o perfeccionar el concepto de didáctica, hasta ahora centrada en la disciplina como contenido curricular y dedicado a garantizar el aprendizaje de los productos del conocimiento ajeno.

La idea es, entonces, enseñar y/o aprender a través de la conjunción de diferentes disciplinas, en el caso nuestro, uniendo los métodos para crear un campo conceptual que sea comprensible y útil a las diferentes ciencias experimentales, concibiendo el conocimiento como una pluralidad. De esta manera, la transdisciplinariedad permite una visión conjunta disciplinar donde se debe obtener un conocimiento y que el mismo sea perfectamente utilizable por otras disciplinas del saber científico.

Dentro de esta nueva visión de entender la enseñanza de las ciencias, se hace necesario hablar de una Didáctica que se dedique a usar la transdisciplinariedad como herramienta para lograr focalizar la enseñanza científica y realizar una formación didáctica que permita al docente concebir la enseñanza como partes unificadas de un todo, donde una teoría o su conceptualización, pueda ser aplicada a la investigación, a la enseñanza y al aprendizaje de las diferentes disciplinas científicas.

La transdisciplinariedad debe verse, entonces, como el vínculo y la integración de saberes, eliminando la visión mecanicista donde el conocimiento está organizado en disciplinas, limitando tanto la enseñanza, el aprendizaje y en consecuencia la investigación. En este sentido, Calvo (2010) bajo el enfoque de esta nueva perspectiva transdisciplinar, propone:

- ◆ Eliminar la imagen específica del entorno.
- ◆ Eliminar la enseñanza basada en disciplinas.

- ◆ Eliminar los objetos de estudio, los métodos, metodología y procedimientos de cada disciplina.
- ◆ Establecer relaciones entre las disciplinas.
- ◆ Crear procedimientos de estudio e investigación de carácter transdisciplinar
- ◆ Integrar los saberes de las distintas disciplinas.
- ◆ Establecer la coherencia entre saberes.
- ◆ Permitir el logro de la comprensión, eficacia, pertinencia y excelencia en la enseñanza y el aprendizaje.

Así mismo, Astolfi y Develay (2001) consideran necesario una enseñanza científica unificada (no dividida en disciplinas) que permita cristalizar el aprendizaje, cumpliéndose la doble función de:

- ◆ dar a los estudiantes las claves esenciales que les permita responder a cuestionamientos científicos y técnicos de su vida cotidiana y desarrollar en los alumnos actitudes y métodos de pensamiento que se parezcan a los puestos en práctica por el profesor o por el científico en sus laboratorios.

Grandes aportes didácticos se han realizado en la enseñanza de las ciencias desde esta perspectiva transdisciplinar, la cual se ha ocupado de investigar con profundidad lo que se enseña en el acto didáctico en relación con su entorno social o noosfera como la denomina Chevallard (1991) en su teoría de la Transposición Didáctica. De los sujetos de estudio de esta disciplina, entre otros, se pueden mencionar:

- ◆ Estudio epistémico de la estructura del saber enseñado en ciencias.
- ◆ Relación de los conceptos científicos entre una misma disciplina y con otras ciencias.
- ◆ Evolución de los conceptos científicos en una disciplina;
- ◆ El obstáculo epistemológico producido para la comprensión de los conceptos científicos.

- ◆ Las concepciones del estudiante y/o del profesor de los fenómenos naturales o la interpretación empírica del mismo.
- ◆ La simulación como herramienta didáctica.
- ◆ La modelización del saber en ciencias (profesor / alumno);
- ◆ El distanciamiento epistémico producido entre el saber erudito, el saber a enseñar y el saber enseñado.
- ◆ El uso e interpretación de las imágenes para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.
- ◆ El discurso oral o escrito en la enseñanza de las ciencias.
- ◆ La comunicación didáctica en la enseñanza de las ciencias.
- ◆ La importancia del modelo matemático en la enseñanza de las ciencias experimentales.

La comunicación y acción comunicativa como elementos esenciales del acto didáctico

... Todo lo que no comunica sentido no se puede comprender ni valorar, y en consecuencia, tampoco se puede aprender.

Jean Amos Comenius

Desde su aparición sobre la Tierra, el hombre ha necesitado de una constante interacción con su entorno que le permita, entre otras cosas, darse a entender y satisfacer sus necesidades. Esta interacción se ha llevado a cabo a través de lo que se denomina la comunicación, definida por el Diccionario de la Real Academia Española (2001) como la acción y efecto de comunicar o comunicarse.

La comunicación es un acto de voluntad. Sin ella no es posible la comunicación, (Cabero y al.; 1999). Ésta se manifiesta a través de una serie de procesos básicos tales como: adquisición de datos, transmisión de datos, procesos de datos y exhibición de datos. Por lo tanto, en algún momento del acto comunicativo, el receptor debe manifestar directa o indirectamente, que ha recibido la información transmitida y que a su vez ha sido procesada efectivamente.

El emisor debe utilizar todos los recursos comunicativos a su alcance para lograr que el receptor “adquiera” el contenido de su mensaje que recibe y tratar de influir en él. Pero frente a esa intencionalidad del emisor, existe la intencionalidad del receptor, que no es nuestra y que hará que éste sea influido comunicativamente en la medida en que él desee y en el sentido de que la información le parezca relevante e importante para sus intereses y expectativas.

En tanto que proceso complejo, la intencionalidad del emisor debe contar con la del receptor o, en caso contrario, se deben crear las condiciones para facilitar el desarrollo del proceso.

Sin embargo, se hace necesario, en el sentido de Cabero et al (1999), tomar en cuenta algunos elementos de la psicología educativa, ya que el hecho de que el receptor incorpore el mensaje emitido por el emisor, no significa que la interpretación que éste hace de lo recibido coincida con la intencionalidad y criterio con el que fue emitido. A la subjetividad del emisor hay que unir la del receptor, los cuales, a pesar de manejar un convenio tácito de comunicación, no lo hacen así con relación a las ideas que subyacen en todo mensaje, a lo que hay que añadir, que en todo proceso de comunicación humana, nada pasa de emisor a receptor sin que sea transformado en el proceso. Es necesario tomar en cuenta la subjetividad de los interlocutores. Lo anterior lleva a relacionar la comunicación con la acción, entendiéndose ésta como la acción comunicativa.

Algunos estudiosos se han dedicado a establecer criterios objetivos sobre la acción comunicativa. Este concepto es destacado por Eco (2005), al señalar que dicha acción no se puede resumir a un proceso de estímulo respuesta, por el contrario, es un proceso donde existe una codificación y por consecuencia una significación, la cual es de interés para los interlocutores. Así mismo, plantea Cabero et al (1999) que la comunicación, no se puede resumir como un acto o una acción, es algo mucho más complejo. Para estos autores, la comunicación es el proceso que se desarrolla entre sujetos que disponen de algún tipo de convención y que mediante su utilización intercambian algo, indiferentemente de la situación espacio – temporal de cada uno de ellos. Lo que Moles (1975) resume señalando como el mecanismo a través del cual un individuo transmite información a otro.

Esta temática se hace trascendente cuando Habermas (1991) plantea su teoría de la racionalidad comunicativa. Señala este autor que la acción comunicativa es la realización de un plan que se apoya en una interpretación de una situación, exigiendo un saber concordante para

los participantes en la interacción, permitiendo, por supuesto, el intercambio de información.

Dicho intercambio viene a ser productivo en la medida que: (a) las convicciones compartidas conllevan a una reciprocidad, (b) las razones constituyen instancias de apelación y son lo único que vale, porque fundan un acuerdo que termina en un reconocimiento intersubjetivo de pretensiones de validez susceptibles de crítica, (c) los acuerdos son fruto de la concordancia en algunas opiniones, (d) los participantes se entienden entre sí sobre la situación dada y sobre la forma de dominarla.

Termina Habermas (ob. Cit.) definiendo la acción comunicativa como “todas aquellas interacciones, en las cuales los participantes coordinan sus planes de acción individuales sin reservas, sobre el fundamento de un pretendido acuerdo comunicativo. Por otra parte, destaca que el éxito de la acción comunicativa está en dos aspectos importantes: el *aspecto teleológico* de ejecución de un plan; segundo, *la interpretación* de tal situación y la obtención de un acuerdo, evitando dos riesgos: el de un entendimiento fallido y el riesgo de un plan de acción fallido.

La posición Habermiana es reforzada con la concepción de “Situación”, la cual define como la representación de un fragmento de un mundo de vida delimitado con relación a un tema que es aquello que surge en conexión con los intereses de acción de un participante. Es decir, una situación representa la discusión de un aspecto interesante para, al menos, uno de los participantes en una interacción, estando abierta esta situación a varias alternativas, aunque en muchas ocasiones está restringida tanto por las circunstancias que le imponen los tres conceptos formales de mundo, hechos, normas y vivencias, como por el mundo de la vida que el actor tiene a sus espaldas

La Acción Comunicativa, entonces, contribuye a la reproducción crítica del mundo de la vida. Su papel fundamental consiste en reproducir la tradición cultural de la que hacen uso en la interacción, los participantes en la situación, al mismo tiempo que la renueva. La comunicación versa sobre algo del mundo, algo que es interpretado desde el mundo de la vida de los participantes. Es así como la acción

comunicativa acepta y cambia tanto el pensamiento y la experiencia de los intervinientes, como, indirectamente, el mundo externo a las personas y las estructuras del sistema. Este cometido esencial se materializa en otras dimensiones:

- ◆ En el proceso de reproducción cultural, la acción comunicativa sirve a la tradición y modifica el saber cultural.
- ◆ En el proceso de integración social, los sujetos de la interacción sirven a la acción social y al establecimiento de solidaridad.
- ◆ En el proceso de socialización, la acción comunicativa contribuye al desarrollo de identidades personales.

Plantea Habermas (1991) que a este triple propósito de reproducción cultural, de integración social y socialización por parte de la acción comunicativa, corresponden componentes estructurales del mundo de la vida de la cultura, la sociedad y la persona.

Otro elemento importante en la posición de Habermas en cuanto a la acción comunicativa, radica en las pretensiones de validez de un acto comunicativo. La acción comunicativa fuerza y obliga a los actores como hablantes y oyentes que se refieren a algo en el mundo objetivo, en el mundo social y en el mundo subjetivo, y se entablan recíprocamente a este respecto pretensiones de validez que pueden ser aceptadas o ponerse en tela de juicio. Los actores no se refieren a algo en el mundo objetivo, en el mundo social o en el mundo subjetivo, sino que relativizan sus emisiones sobre algo en el mundo teniendo presente la posibilidad de que la validez de ella pueda ser puesta en cuestión por otros actores. El entendimiento funciona como mecanismo coordinador de la acción del siguiente modo: los participantes en la interacción se ponen de acuerdo sobre la validez que pretenden para sus emisiones; es decir, reconocen intersubjetivamente las pretensiones de validez susceptible de crítica al referirse, al menos, a un mundo y hace uso de la circunstancia de que tal relación entre actor y mundo es accesible, en principio, a un enjuiciamiento objetivo para desafiar a su prójimo a una toma de postura racionalmente motivada. Plantea Habermas que si se prescinde

de que la expresión simbólica empleada ha de estar bien formada, un actor que se oriente al entendimiento, en el sentido indicado, ha de entablar implícitamente con su emisión, exactamente tres pretensiones de validez, a saber: La pretensión de

- ◆ que el enunciado que hace es verdadero (o que se cumple, en efecto, las condiciones de existencia del contenido proposicional mencionado)
- ◆ que la acción pretendida es correcta por referencia a un contexto normativo vigente (o de que el contexto normativo a que la acción se atiene es el mismo legítimo), y
- ◆ que la intención manifiesta del hablante es, en efecto, la que el hablante expresa.

El hablante pretende, pues, verdad para los enunciados y presuposiciones de existencia, rectitud para las acciones legítimamente reguladas y para su contexto normativo, y veracidad en lo tocante a la manifestación de sus vivencias subjetivas.

La Comunicación Didáctica

Todo fenómeno social es un acto de comunicación y puede ser explicado mediante los esquemas propios de dicho acto, por lo que se hace necesario individualizar la estructura elemental de la comunicación (Eco, 2005). Esta idea puede interpretarse considerando que existen tipos de comunicación, que cada discurso comunicativo va dirigido a un interlocutor y tiene una connotación específica, lo cual conlleva a señalar que no es igual comunicarse a través de la prensa, mediante una conversación de tipo coloquial o una comunicación entre técnicos de un área específica, una comunicación política, o una comunicación donde la intención es llevar a cabo los procesos de enseñanza y aprendizaje. En esta última situación, se habla de la comunicación para la educación (De Oliveira, 2000), convirtiéndose en un componente del proceso educativo, donde se manifiesta un anudamiento significativo

que le atribuye una situación de causa para lograr efectos educativos. No se trata de educar usando el instrumento de la comunicación, sino que esta se convierta en la columna vertebral de los procesos educativos (ob. cit). Dentro de esta perspectiva, siendo la comunicación un elemento importante en la enseñanza y dado el tipo específico de población al cual va dirigido el mensaje (estudiantes y profesores), es que se podría hablar de la comunicación didáctica.

A través de la comunicación (oral, escrita) que se establece en los procesos de enseñanza y aprendizaje, los profesores y/o estudiantes reciben una información la cual determina la interacción. Es a través de este tipo de intercambio que se logra el clima de la clase, la motivación de los alumnos y una actitud positiva o negativa hacia el aprendizaje.

Plantean Estacio y Cordido (1989) que en la actualidad el tema de la comunicación ha tomado un gran auge, debido a la multiplicidad de medios existentes y al avance de las nuevas tecnologías que han puesto a la disposición del docente vías de comunicación eficientes para la enseñanza, ya que es a través de ella que el mismo establece con sus alumnos, la base fundamental para el logro de los objetivos.

Destacan las autoras que esta comunicación docente – alumno, es un tipo de comunicación “singular” que debe ceñirse a exigencias de carácter didáctico, razón por la cual la han denominado COMUNICACIÓN DIDÁCTICA”, intentando diferenciarla de otros modelos de comunicación, ya que tiende a fines y objetivos propios de un sistema de enseñanza o lo que ha llamado Brousseau (1999) el sistema didáctico, conformado por el alumno, el profesor y el saber.

De esta manera, una positiva relación entre profesores y estudiantes cultiva la efectividad en el proceso de aprendizaje. Esta efectividad se debe concretar si se trata de una educación presencial o a distancia, ya que la vía comunicativa (el discurso oral o escrito) debe ser lo suficientemente explícito para lograr la captación de la información por parte del oyente o lector, que en todo caso es el estudiante.

Estacio y Cordido (1989) señalan además que existen dos grandes formas de llevar a cabo la comunicación didáctica: directa e indirecta.

La directa se refiere a la interacción cara a cara, sin intermediarios, es el caso de la enseñanza presencial. Cuando existe una distancia entre el docente o el autor del material instruccional y el estudiante, estamos en presencia de una comunicación didáctica indirecta (la palabra escrita, los textos de enseñanza, la televisión, entre otros) es el caso muy usual de la educación a distancia, donde la presencia directa del profesor no es tan importante como la existencia de un excelente material instruccional (texto) escrito y diseñado especialmente para este tipo de educación.

Por otra parte, dentro del contexto de la comunicación didáctica, es necesario agregar la eficacia de la misma. Es por ello que todo material diseñado debe llevar explícito una práctica reproductora y generadora de saberes y actitudes ante la vida y su entorno, y como tal, puede ser percibida su calidad, considerando la opinión de sus principales receptores: los estudiantes. En este sentido, para que la comunicación didáctica sea eficaz, ésta ha de reunir ciertas características, tales como:

- ◆ Postura abierta en el emisor y en el receptor para lograr un clima de mutuo entendimiento y comprensión.
- ◆ Bidireccionalidad del proceso, para que el flujo de los mensajes pueda circular en ambos sentidos, aunque mayoritariamente lo haga de educador a educando.
- ◆ Interacción en el proceso, que suponga la posibilidad de modificar los mensajes e intenciones según la dinámica establecida.
- ◆ Moralidad en la tarea, para rechazar tentaciones de manipulación.

En todo ello juega un rol importante la planificación de la enseñanza, como orientadora de la actividad comunicacional. Esta debe ser preparada muy concienzudamente por el productor del texto o el docente, quien debe estimular el desarrollo comunicacional en el marco de la estrategia o de los métodos de enseñanza. En este mismo sentido, Amarillas y Jacobo (2004) señalan que en la comunicación didáctica es necesario tener claro que:

- ◆ la comunicación en la interacción didáctica no se realiza de forma lineal ni vertical, sino que es horizontal, situada en red y con re-

laciones multidireccionales, regularmente negadas por la concepción tradicional de la enseñanza.

- ◆ Los estudiantes y profesores son personas con capacidad para procesar información por cuenta propia y para generar teorías intuitivas que influyen en el aprendizaje y la comprensión del habla o del texto.
- ◆ La fuerza de la autopoiesis y de la autorreferencia se constituyen en obstáculos para el aprendizaje que supone cualquier trabajo pedagógico en ambientes educativos formales. Lo que significa que al término del momento interactivo de la enseñanza, prevalezca la forma y el contenido correspondiente a la organización previa del conocimiento.

De esta manera se define la comunicación didáctica:

Como una relación metódica entre dos personas (docente – alumno; autor de material instruccional – alumno) constituyendo un auténtico encuentro entre dos seres humanos o entre un libro y un ser humano, que tienen un mismo fin: la optimización de los aprendizajes. Si la relación es adecuada, el trabajo didáctico es realizado más eficientemente y las situaciones son desarrolladas favorablemente. Así, una positiva y eficaz relación cultiva la efectividad en el proceso de aprendizaje.

Se podría definir también como: un proceso complejo de interacción intencional, institucionalizada en el acto didáctico, donde docente y discente establecen una relación estrecha y condicionada con el objeto con el que se pretende intercambiar mensajes didácticos, para estructurar el cambio conceptual.

Momentos para la Comunicación Didáctica

La enseñanza y el aprendizaje son unos procesos a través de los cuales alguien (emisor) pone a disposición de otros (receptores) un mensaje educativo a través de un canal que permitirá recibir el mensaje simultáneo a su emisión o en diferido (García Aretio, 2001). Un

feedback oportuno debe permitir que se cierre el círculo comunicativo y se dé cabida nuevamente al proceso. Dada así la comunicación se dice que es completa, bidireccional y permite al estudiante superar los obstáculos tempo-espaciales, propiciando una comunicación mediada, salvando de esta manera la soledad y el alejamiento entre profesor, estudiante y el contenido por estudiar o enseñar. Aquí se plantea un proceso intencionado (Cabero y al 1999) de perfeccionamiento en los entes involucrados (alumno, profesor). Se establece una especie de influencia especial en el alumno, para que haga suyo una serie de informaciones, habilidades, actitudes, metodologías, etc., que se le presentan. Por ello, existe un proceso normal de enseñanza y un aprendizaje significativo, siempre y cuando se den las condiciones comunicativas óptimas y necesarias; lo que se traduce en que el interlocutor ha logrado llevar a cabo una decodificación eficiente del mensaje y una valoración personal, interpretando la información a partir de los conocimientos y principios que ya poseía, proyectando lo aprendido hacia la solución de situaciones diversas.

Insisten Cabero y al (1999) en señalar que los procesos de enseñar y aprender pasan por un proceso comunicativo, donde se deben cubrir algunos momentos o pasos, sin cuya existencia no se podría completar estos procesos educativos. Los mismos son: Voluntad, Percepción, Decodificación, Valoración, Incorporación Significativa y Aplicación. (Ver figura 1 anexa).

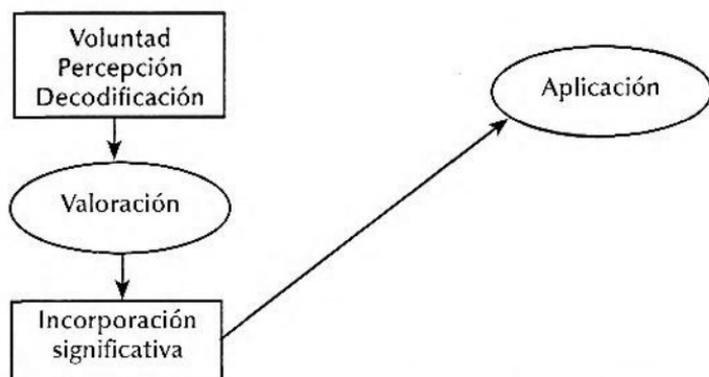


Figura 1. La Enseñanza como Proceso de Comunicación. (Cabero y al. 1999).

La voluntad se traduce en la necesidad de adquirir algún tipo de conocimiento, sin ella es imposible que se dé la enseñanza y/o el aprendizaje en tanto que acto intencionado. Ahora bien, puede ser que se produzca algún aprendizaje no buscado, no intencional como consecuencia de algún tipo de proceso perceptivo, pero ese aprendizaje no puede ser incluido en el concepto de enseñanza.

La Percepción. Para que exista comunicación es necesario que se perciba el mensaje, que sea sensible a los signos o símbolos transmitidos. Por supuesto hay que considerar que la percepción está supeditada a las diferentes capacidades del individuo. En la medida en que estas capacidades sean las adecuadas al tipo de proceso, a los medios utilizados y a la estructura del mensaje, la percepción será posible facilitando el proceso de comunicación y en consecuencia la enseñanza y el aprendizaje.

La acción decodificadora se entiende como el elemento complejo que en el caso de la enseñanza lleva asociado el proceso de inteligibilidad. Es importante señalar que para que un mensaje tenga contenido y además sea significativo y realmente añada algo al interlocutor, es necesario que sea complejo, lo que lo hace más difícil de comunicar. Es por ello, que hay que considerar en la enseñanza la dificultad comunicativa y equilibrarla con la inteligibilidad.

La valoración del mensaje tiene relación directa con la disponibilidad intelectual del aprendiz. Es la acción más importante del proceso de enseñanza y va asociada al contexto, entendido como un lugar de actividad en un tiempo de actividad y de significación de reglas.

La incorporación significativa es una consecuencia directa de la valoración, allí se decide si cierta información se incorpora en el corpus de conocimiento o no, por supuesto, respondiendo a los intereses y objetivos del que aprende. Dicha incorporación significativa de la información es lo que va a permitir que el participante pueda utilizar lo aprendido como un elemento de *aplicación*, lo cual se traduce en que su utilización es, no solamente para la situación a través de la cual fue aprehendida, sino para otras que tengan similitud o relación con ella.

La Interacción en la Comunicación Didáctica

La enseñanza a cualquier nivel educativo es donde se expresa claramente la expresión verbal, por ser ésta una de las formas de lograr los procesos de enseñanza y aprendizaje. Todo docente, o autor de textos para la enseñanza, debe tener claro que enseñar es realizar un acto comunicativo, para lograr, inicialmente, enseñar un saber. Sin embargo, siempre existe una interacción entre el que lee o escucha una clase y un autor de texto o el docente. Esta interacción está supeditada a la interpretación del mensaje plasmado o que se quiere transmitir para lograr una determinada competencia o conocimiento en la persona. La enseñanza es una actividad compleja y esencialmente interactiva, al llevarse a cabo como fruto de la implicación e influencia recíproca entre los agentes intervinientes en el proceso. En este sentido, plantea Medina (1989), la interacción tiene múltiples niveles de relación humana, entre las cuales se destaca la interacción comunicativa, que afecta decisivamente a los sujetos intervinientes, donde se pretende que el alumno logre un óptimo aprendizaje que contribuya a su formación integral.

Así, Villasmil (2008) considera que el análisis de la interacción es una preocupación constante en los paradigmas y modelos de investigación sobre enseñanza, existiendo diversos modelos que describen e interpretan el discurso comunicativo desde diversas orientaciones, entre estos discursos se destaca el realizado para desarrollar un contenido de enseñanza en los libros textos; es decir, el discurso escrito establecido en los textos de enseñanza, o el realizado por el docente para llevar a cabo su proceso de enseñanza. Este discurso es un acto del habla o acciones comunicativas, que en los casos de los textos de enseñanza deben ser muy bien planificado. Partiendo de la premisa que lo principal es enseñar, entonces, tanto el docente como el autor del texto, deben poseer competencias comunicativas y conocimientos sobre lo que debe comunicar, además debe entender que integrar conocimiento requiere una gestión efectiva de la información, lo cual, aún cuando es importante, no es suficiente para lograr la integración del conocimiento (Van Dijk, 2000).

Señala también Villasmil (2008), que otro elemento importante a tomar en cuenta en la interacción comunicativa, es el término flujo de información, el cual se entiende como una función que se da al transmitir información del hablante al destinatario. Por lo general se piensa que, cuando un hablante transmite un mensaje, toma en cuenta las necesidades del oyente, para así tener (el oyente) mayor o menor acceso a ese flujo de información recibida. Esto se puede traducir en la necesidad de reconocer las condiciones necesarias para alcanzar una competencia comunicativa, que Gumperz (1982) define como gramática y contextualización. Estas condiciones son completadas por Searle (1994) al señalar también la necesidad de considerar la intención y la convención, las cuales tienden un puente entre lo que el hablante o escritor quiere decir o significar y lo que el oyente o lector comprende al conocer la intención del hablante o texto y lo explica de la siguiente manera:

- a) Comprender una oración es conocer su significado
- b) El significado de una oración está determinado por las reglas, y esas reglas especifican tanto las condiciones de emisión de la oración, como también lo que la emisión cuenta.

En este sentido, plantea Searle (1994) que los actos del habla y escritura son sucesos comunicativos complejos. La comprensión del mensaje dependerá de que se logre la intención, la cual depende del uso adecuado de las reglas de convención, para que el oyente o lector comprenda los significados emitidos en el mensaje.

Tomando en cuenta entonces, las circunstancias de la complejidad de la comunicación, se hace necesario establecer una concepción teórica que determine la posición de algunos autores, sobre lo que significa la comunicación didáctica y su materialización a través del discurso didáctico (oral o textual).

El Discurso Didáctico

Todo tipo de comunicación se manifiesta a través del verbo, el cual puede ser oral o escrito. Ahora bien, se ha explicitado anterior-

mente que la comunicación es muy variada dependiendo la intención del hablante o escribiente. Si la intención es educativa y específicamente dirigida hacia la enseñanza y aprendizaje en el acto didáctico, entonces estamos en presencia de la comunicación didáctica, la cual se materializa a través del discurso didáctico, que puede ser también oral o escrito.

El análisis del discurso se ha presentado, preponderantemente, en la historia, desde el punto de vista de su estructura, sintaxis, semántica, estilística y retórica, así como por el estudio de géneros específicos, como los de la argumentación y la narración de historias (Van Dijk, 2000). Sin embargo, también puede estudiarse el discurso desde el punto de vista de los procesos cognitivos concretos de su producción y comprensión por los usuarios del lenguaje, lo cual conlleva a examinar las actitudes y el conocimiento explícito en dicho discurso, las representaciones mentales en la producción y comprensión del mismo y cómo este influye en la comunidad o en el auditorio al cual va dirigido.

Hablar del discurso para la enseñanza significa estudiar el lenguaje en general y de su intencionalidad, además de que se comprenda lo que se quiere comunicar. En el caso del discurso didáctico, éste se da en situaciones o contextos formales, bajo un determinado control. Se planifica la forma de comunicar el conocimiento. Cuando el docente o autor de un texto para la enseñanza comunica algo, debe tener en cuenta qué se supone que el lector (oyente) sabe y en qué debe focalizar su atención. Desde una visión cognitiva de la interacción comunicativa, se sabe que al leer o escuchar un mensaje se elaboran procesos mentales constructivos que son el resultado de procesos necesarios en dicha interacción de construcción de sentido, a partir de la información que se recibe (Villasmil, 2008). En esta interpretación, intervienen los elementos propios de las experiencias previas a la comunicación. Por lo que se hace necesario que se tome en cuenta qué se desea comunicar, qué aspectos podrían impedir la comprensión, cuál sería la mejor manera de establecer el discurso para que se dé la comprensión y finalmente, cómo podemos estar seguros de que en dicha interacción se cumplió el cometido planificado de comunicación del conocimiento.

Continúa planteando Villasmil (2008), que en el discurso didáctico tiene gran relevancia las expresiones referenciales del tipo completamente consumadas, las cuales deben tener los siguientes requisitos:

- Debe existir uno y sólo un objeto al que se aplica la emisión de la expresión por parte del hablante (una formulación axiomática de existencia), y
- debe dársele al lector u oyente, medios suficientes para identificar el objeto a partir de la emisión de la expresión por parte del hablante (una reformulación del axioma de identificación (Searle, 1994).

Dentro de esta condición de identificación, tiene particular importancia los descriptores demostrativos y la capacidad del autor de proporcionar una descripción identificadora de ese objeto. Al referirse a un objeto se deben incluir enunciados de identidad, debe referirse a las características que corresponden a la identidad del objeto. Continúa el autor señalando que la importancia de las referencias en la comunicación del mensaje, está en que ellas comportan significados, he aquí el valor que tienen en la realización de tareas relacionadas con la comprensión y el razonamiento lógico-matemático. En el intercambio comunicativo del proceso didáctico, es importante el manejo de la referencia, para producir y comprender el mensaje. Todo texto, aún cuando se presenta en forma lineal, están formados de una manera jerárquica, con unidades semánticas denominadas macro proposiciones de nivel superior, la cual es importante para el mantenimiento del registro de referentes en los textos (Russell y otros, 2000). La comunicación de un texto por parte del docente o autor de un libro, significa entonces que hay un significado del contenido que desea comunicar, el mensaje es un instrumento de precisión que se utiliza para producir un significado incorporado en el texto.

Diferencia didáctica entre saber y conocimiento

Tenemos palabras, incluso conceptos, pero en la existencia humana no encontramos huella alguna de las fronteras que implican dichos conceptos.

Paul K. Feyerabend

El tema se aborda por la discusión que desde hace algún tiempo se viene suscitando en la comunidad de didácticos de las disciplinas científicas, en relación con los elementos teóricos y prácticos que ponen en juego los alumnos cuando se encuentran en el acto didáctico y la manera cómo estos pueden diferenciarse, desde el punto de vista del conocimiento.

Los procesos de enseñanza y aprendizaje se explicitan en dicho acto, fundamentalmente por el uso de un conocimiento que se ha adquirido durante toda la formación del estudiante y en su vida cotidiana. Estos se convierten en uno de los aspectos esenciales para enfrentar objetiva y científicamente, lo que podría denominarse la interacción del conocimiento con la realidad o la práctica. Así surgen las interrogantes siguientes: ¿El conocimiento es utilizado tal cual como es aprendido para solucionar los problemas?, o en todo caso, ¿Es necesario que sea modelizado para adaptarlo a las situaciones específicas a las cuales se enfrenta el alumno?, ¿Qué elementos teóricos podrían llevar a determinar que el alumno ciertamente posee un conocimiento?

En esta parte, se pretende realizar algunas reflexiones que permitan determinar, si en la praxis educativa, se puede establecer diferencias significativas entre el conocimiento que posee la persona y aquel que

ciertamente pone en práctica, y si este es el caso, qué elementos podrían considerarse para establecer tal diferencia y cómo podrían denominarse. Para tal fin se propone, inicialmente, la siguiente afirmación: *El conocimiento tiene un nivel de aplicabilidad en la praxis didáctica, que lo hace complejo al momento de modelizar una situación determinada.*

Para darle una explicación al planteamiento se hará uso del devenir histórico del conocimiento, luego se hará referencia al significado de la palabra conocimiento o conocer según el diccionario, en la búsqueda de una interpretación epistemológica y, finalmente, se hará énfasis en una concepción didáctica. Dicha postura didáctica será el elemento teórico y práctico que dará respuesta a la temática en cuestión.

Síntesis Histórica sobre el Origen del Conocimiento

Desde un principio, el hombre se preocupó por encontrar la razón de ser de los fenómenos de su entorno, estas explicaciones se encontraban, inicialmente, en un plano eminentemente mitológico donde todo el origen de las cosas se debía a los diferentes dioses creados por la imaginación del hombre y sobre todo, a la necesidad de encontrar una explicación que le permitiera contrarrestar los efectos negativos de éstos, a través de diferentes acciones entre las que se encontraban la adoración y los sacrificios que permitían aplacar la furia de tales seres omnipotentes. Así surge una primera idea del origen del conocimiento, la cual estaba supeditada a un plano extraterrenal. Etapa denominada por muchos MITOS.

Posteriormente y con el transcurrir del tiempo, esta acción explicativa del conocimiento pasa a un plano terrenal y comienza una nueva era, llamada LOGOS; en este sentido, plantea Gallego (1996), el hombre se concentra en la idea de que el mundo era un *Kosmos*, una organización, un orden que obedecía a leyes que emanaban de la misma organización y de las interacciones entre las partes que conformaban dicho cosmos. Esto llevó a la etapa donde el hombre fue considerado un ente cognoscente, capaz de pensar, reflexionar, analizar y crear sus propias

conjeturas sobre el origen de las cosas. Nace entonces el pensamiento filosófico, intentándose crear una concepción del mundo completamente racional y materialista.

Es así como surge, en la época de Platón, la idea de que el conocimiento existe de por sí y el hombre a través de sus reflexiones sólo le correspondía buscar el método, el camino correcto y expedito para acceder a él. Contrariamente, Aristóteles adopta una posición radical considerando que la realidad es sólo aquello que puede ser percibido por los sentidos, pasando luego estas ideas a ser eternas e inmutables.

Posteriormente, se encuentra la posición de Tomás de Aquino quien señala que el conocimiento humano es cierto, cuando tiene su origen producto de la revelación divina. Es a finales de la Edad Media, cuando, definitivamente, el conocimiento toma su rumbo de objetividad, al considerarse su origen en el mundo natural y social, siendo uno de sus principales promotores Bacon con su método de las tres tablas: presencia, ausencia y de relaciones.

Esta idea se ve reforzada con la posición galileana, la cual vincula el proyecto pitagórico y da origen al método experimental o hipotético-deductivo, cuyos supuestos son los siguientes: (a) los fenómenos naturales están ordenados, (b) el orden de los fenómenos naturales se puede describir matemáticamente y (c) la verdad o la falsedad de las descripciones matemáticas de los fenómenos naturales, se comprueba a través de la experimentación.

En la breve reseña histórica descrita anteriormente, se evidencia, a *grosso modo*, las diferentes etapas por las que pasó la reflexión del hombre para encontrarle sentido a la naturaleza y darle una explicación científica a través del conocimiento.

Sin embargo, en la época actual, el problema del conocimiento ha tomado otro rumbo, donde la evolución y la reflexión de la sociedad ha llevado a que ésta se sumerja en la duda de su unicidad, llegando a establecerse, en algunos casos, ciertas evidencias que dan muestra de que hoy en día existe un problema conceptual, el cual ha tenido gran influencia en las reflexiones epistemológicas y didácticas tendientes a

explicar el mundo y, hoy por hoy, pareciera encontrarse en la praxis docente, en la cual se revela de alguna manera, el cómo ejercemos la enseñanza para el uso y construcción del conocimiento. Con base en esto se procede a establecer a continuación, una serie de cuatro aproximaciones que hacen sentir la necesidad de diferenciar los conceptos de conocimiento y saber.

Primera Aproximación a la Diferencia entre Saber y Conocimiento.

El diccionario de la Real Academia Española (2001) define el conocimiento como *la acción y efecto de conocer. Entendimiento, inteligencia, razón natural*. Asimismo, el saber es definido como *conocer algo, o tener noticia o conocimiento de ello*. De las definiciones anteriores se observa que desde el punto de vista de la lengua castellana, los términos saber y conocimiento son utilizados como sinónimos. De allí surge un elemento común, que da a entender la forma como se materializa todo conocimiento, "el acto de conocer", razón por la cual el individuo entra en contacto con su ambiente e intenta darle explicaciones a las cosas que le permitan solventar sus problemas y cubrir de alguna manera sus necesidades. Merleau-Ponty (1983) plantea en *The Structure of Behavior*, que el acto de conocer consiste en tomar posesión de los acontecimientos y constituye una extensión de la capacidad humana de actuar con respecto al medio ambiente. La posición del autor mencionado lleva a entender que el conocer no es producto de reflexiones abstractas o descontextualizadas, sino un proceso de interacción entre lo que el hombre conoce y lo que desea conocer de la naturaleza, obviamente, supeditado a una necesidad de interpretar una situación determinada de su entorno. De la definición anterior se pueden inferir dos elementos importantes en cuanto al concepto de conocimiento y por ende del acto de conocer: a) la necesidad, que proviene o se encuentra en el medio ambiente y b) la toma de posición de algo por efecto de una necesidad, la cual puede ser denominada situación problema. Por lo tanto, todo

conocimiento emerge por efecto de un problema y una confrontación entre lo que se conoce y lo que se desea conocer. Todo ello, por supuesto, dentro de un proceso complejo reflexivo, cognitivo y de verificación.

Segunda Diferencia entre Saber y Conocimiento

En el proceso de conocer señalado anteriormente, Torres (2005), define el conocimiento como la adquisición personal de significado pertinente a un segmento de la realidad, a través de una interacción entre el conocer y la realidad, estableciéndose así un proceso activo, consciente, lo que permite lograr una nueva unidad de significado. En este sentido, reconoce dos tipos de conocimiento: el conocimiento explícito y el conocimiento implícito. El primero se refiere al “saber qué”, el cual se define como un conocimiento teórico asociado a la mente, que destaca la capacidad de estructurar la experiencia por medio de conceptos, causas, efectos, razones y, finalmente, de la prescripción de leyes científicas universales, obteniéndose como producto ideas complejas con un alto nivel de abstracción denominadas teorías. Dentro de este tipo de conocimiento se encuentran, por ejemplo, la mecánica clásica, el electromagnetismo, etc. o más concretamente las leyes de Newton, la gravedad, el concepto de aceleración, etc. No requiere de validación por medio de la experiencia, ya que éste fue históricamente comprobado. El ser humano puede hacerle referencia, poniendo en palabras las unidades de sentido que llegan a conocer o construir.

Por otra parte, el conocimiento implícito o “saber cómo”; es un tipo de conocimiento que denota los procedimientos a considerar para resolver una situación, por lo cual se le considera de tipo práctico, se asocia a formas específicas de competencias. A través de éste el individuo es capaz de reconocerse poseedor de la habilidad de ejecutar una acción, contribuyendo a encontrar sentido mediante la estructuración de la experiencia. Es a través del conocimiento implícito que el individuo se pone en contacto con el medio ambiente, se plantea situaciones – problemas, establece conjeturas y las resuelve a través de modelos.

Este tipo de conocimiento es más práctico y más cercano a la interpretación del medio ambiente. Por ejemplo, la expresión "*Juan sabe jugar dominó*", da a conocer que existe una serie de principios y criterios de este juego que Juan domina, los cuales modelizará y expondrá cada vez que se encuentre ante tal situación.

De aquí se puede inferir lo dañino que podría ser, la sola utilización en los procesos de enseñanza y aprendizaje del "saber qué", por ser un tipo de conocimiento abstracto, lleno de conceptos, causas y efectos, razones que llevan a la conformación de las leyes científicas universales con un alto nivel de abstracción y que denotan muy poca posibilidad de aplicación práctica. Se estima conveniente, entonces, la interacción con el "saber cómo" para que el individuo pueda ver la aplicabilidad ante situaciones del medio.

Por su parte, Ferrater (2004) plantea que, en principio, en lengua castellana existen los términos conocer y saber, los cuales se pueden usar indistintamente, por ejemplo: "*S conoce todos los trucos*", "*S sabe todos los trucos*". Sin embargo, hay expresiones más complejas que denotan una cierta indeterminación al momento de usar los términos: "*S conoce que lloverá mañana*", tal expresión es eminentemente declarativa "mañana lloverá", lo cual se identifica con el "conocer algo", denominándose como conocimiento directo o inmediato, puesto que lo que se está expresando es una opinión. Por otra parte, si se retoma la expresión de la siguiente manera: "*S conoce que lloverá mañana por la humedad de la atmósfera*", se evidencia un cierto elemento descriptivo, que denota un elemento argumentativo complejo. Este tipo de conocimiento se le denomina indirecto o mediato y es llamado saber, debido a su proximidad con la interpretación de situaciones reales mediante elementos de conocimientos teóricos que el individuo pone en práctica para explicar y describir una situación. Por ejemplo, la expresión: "*Parece que va a llover mañana*": es una opinión, una declaración sin fundamento (conocimiento directo). Mientras que la expresión: "*Parece que va a llover mañana por la humedad de la atmósfera*" es una argumentación con una justificación del por qué del hecho. Hay descripción. Se puede decir que el interlocutor "sabe".

De esta manera se llega a dos definiciones muy claras: Por un lado, se tiene el conocimiento directo o inmediato, el cual se expresa mediante el conocer y por el otro, el conocimiento indirecto o mediato, que se identifica con el saber, por haber, en este último caso, un elemento más complejo el cual es la descripción de algo, denotándose un nivel de reflexión y dominio más complejo y más cercano a la descripción de la realidad (ambiente), tal como lo señaló anteriormente Merleau-Ponty (1983).

En esta segunda aproximación se evidencia que los autores han establecido ciertamente que no existe un sólo tipo de conocimiento, sino que éste puede denominarse implícito o explícito, inmediato o mediato, según se trate de la acción que realice el sujeto y el nivel de abstracción, complejidad, declaración o descripción de tal acción. Se denota también el esfuerzo por identificar el saber, como un tipo de conocimiento donde se establece un proceso descriptivo con más cercanía, hacia la situación problemática estudiada o planteada.

Tercera Diferencia entre Saber y Conocimiento

En este aparte se hará una aproximación, en principio, a la posición de Bachelard (1980), quien señala que la ciencia nueva no cancela la ciencia clásica, sino que se establecen nuevos conceptos de la segunda, interpretándola en nuevos contextos. Se produce entonces un rechazo dialéctico, donde la representación científica trasciende la pre-científica; para ello se hace necesaria la ruptura epistemológica, ya que para este autor, se debe sobrepasar los niveles anteriores del conocimiento y lograr una verdadera representación científica. Es decir, se debe establecer la ruptura en el individuo entre su conciencia ingenua y la conciencia científica, puesto que la primera se constituye en un obstáculo para la adquisición del nuevo *conocimiento científico*.

La ruptura epistemológica permite deshacerse de la conciencia ingenua, opositora del conocimiento científico, y conlleva a la verdad, tal como lo expresó Ajdukiewicz (1994); induce a que se lleve a cabo un

proceso de pensamiento en íntima relación con la realidad. Por supuesto, esta verdad está supeditada a la aplicación de métodos y criterios potentes que den un resultado confiable y satisfactorio. Se observa en la posición de Ajdukiewicz la necesidad de poner en interrelación lo que el individuo ya conoce y que expresa a través de su pensamiento, y la realidad que quiere interpretar. Es decir, la realidad de alguna manera impulsa el pensamiento creador y permite que el individuo haga descubrimientos interesantes que le aumentan su potencial de conocimientos.

Para complementar la posición descrita anteriormente, Morin (1986), señala que la noción de conocimiento pareciera ser una y es evidente; sin embargo, cada vez que se intenta explicarla surgen nuevas interrogantes, dando la impresión de que el conocimiento del hombre, tan íntimo y familiar, resulta muy extraño cuando se le quiere verdaderamente conocer. Por lo tanto, establece Morin, el conocimiento ya no se podrá reducir a una sola noción, o teoría, más bien hay que concebirlo en diversos niveles, entre los que se destacan: a) una competencia, que representa la competencia del hombre para producir conocimiento; b) una actividad cognitiva, que se efectúa en función de la competencia y c) un saber, el cual es el resultante de la aplicación de la competencia y la actividad cognitiva.

Se evidencia en Morin una primera aproximación al establecer una diferencia entre el saber y el conocimiento, señalando que el primero (el saber) es un nivel de logro adquirido a través de la competencia y la cognición del individuo. En este nivel, este conocimiento, denominado saber, es producto además de las acciones puestas en práctica por el hombre (profesor, alumno) para resolver una situación determinada. Como ya se señaló anteriormente, pareciera una vez más que, el saber está más próximo del ambiente que quiere definir o explicar el individuo, usando el conocimiento del cual dispone.

Cuarta y Definitiva Diferencia entre Saber y Conocimiento

En esta parte se buscará una aproximación didáctica a esta diferencia. En este sentido Aguilar y Viniegra (2003) consideran que es a través del conocimiento que se puede anudar la práctica con la teoría para establecer una coherencia epistemológica en el sistema didáctico (Entendiéndose como tal la triada interrelacional que se produce entre dos entes cognoscentes, alumno, profesor, unidos a través de un tercer elemento común denominado saber). Este punto de vista conlleva a pensar en la manera cómo a través de la teoría se puede explicar la práctica, entendiéndose ésta, como la realidad a la cual está circunscrita el alumno. Se tiene entonces un conocimiento y una realidad compuesta por una serie de situaciones que serán llamadas, según el vocabulario de Brousseau (1995), situaciones didácticas. Las mismas conforman aquellas a las cuales se enfrenta el alumno al momento de querer explicar el ambiente. Generalmente, están conformadas por problemas, que ameritan una solución y así cumplir con una actividad didáctica determinada, ello contribuye con su formación y por supuesto con la ampliación del conocimiento.

En función de los planteamientos anteriores, Elortegui, Rodríguez, Moreno y González (2005), argumentan que se debe producir una confrontación entre las situaciones científicas y las situaciones cotidianas; la intención en el proceso de enseñanza es de establecer un nexo entre ambos niveles. Este nexo entre el mundo conceptual científico y el entorno de cada día, se establece en la escuela mediante situaciones didácticas pertenecientes al mundo natural, en las que se busca que el alumno aplique u obtenga conocimientos abstractos. Entre otras situaciones didácticas se tienen: ejercicios, problemas, prácticas de laboratorio, trabajos prácticos, pequeñas investigaciones, etc. (Ver Figura 2) y se diferencian unas de otras, por el mayor o menor grado de reproducción controlada de la realidad y por el sentido que toma la situación de aprendizaje: desde los conceptos científicos hacia el mundo real o viceversa.

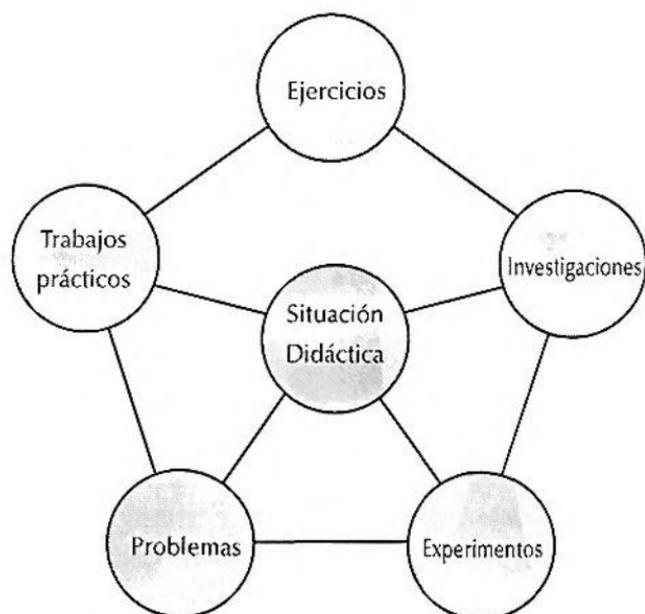


Figura 2. Elementos de la Situación Didáctica

La intención de poner al alumno en interacción con estas situaciones es:

- Vincular lo nuevo con lo que ya conoce para dar la solución más acertada. En este caso, el alumno pone en evidencia una serie de conocimientos.
- Plantear propiedades que hipotéticamente den solución a la situación, es decir, buscar la solución hipotética.
- Validar a través de la comprobación y
- Obtener finalmente una solución.

En este caso, se dice que el alumno ha realizado un proceso de modelización, a través del cual, dada la situación, va a la teoría, extrae los elementos posibles de solución (modelo hipotético), busca la solución y extrae las conclusiones (Ver Figura 3).

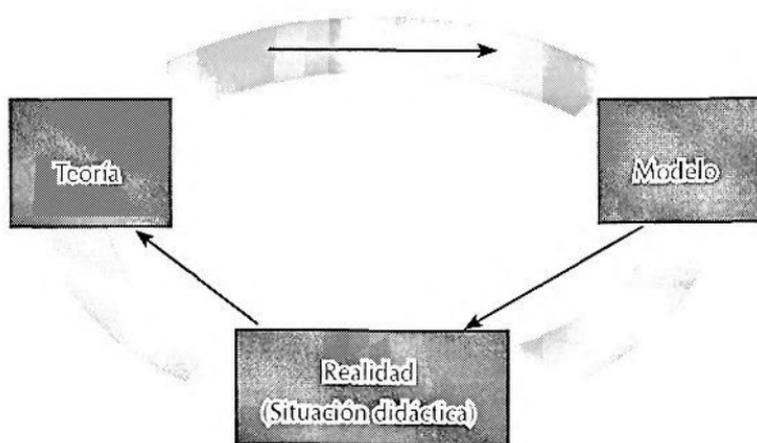


Figura 3. Elementos Esenciales de la Modelización

Como se puede observar, en el proceso establecido por el alumno para dar solución a la situación, se destacan los siguientes elementos:

La situación problema.

La teoría implícita y explícita de la cual hace uso el individuo.

El modelo extraído de la teoría para dar la solución.

La solución propiamente dicha.

Por otra parte, para Conne (1992), el saber es una noción opuesta al conocimiento, ya que este último es descontextualizado y despersonalizado. Es decir, se encuentra en un nivel alto de abstracción que sólo se hace práctico y accesible a través del saber. En este mismo sentido, Brousseau (1995) plantea que el saber es un tipo de conocimiento que transforma las situaciones didácticas; es decir, es por acción de una situación y por un acto de conocimiento que el alumno tiene acceso al mismo. Es la situación la que activa el conocimiento descontextualizado y despersonalizado y lo hace práctico (Saber).

Por un lado, la situación induce un conocimiento y a la vez éste actúa sobre la situación; de este modo el alumno reconoce el rol activo del conocimiento sobre la situación. En conclusión, se puede decir que,

un conocimiento de tal naturaleza es un saber, es un conocimiento útil ya que permite al individuo actuar sobre la situación. Por lo tanto, es por intermedio del saber y de las situaciones y sus transformaciones que se puede actuar, movilizar y transmitir el conocimiento.

En función de lo planteado anteriormente, cabe preguntarse entonces, cuál es la forma como el alumno, moviliza o actúa, para resolver la situación, o más específicamente, cómo se determina efectivamente que el alumno sabe. Dicho mecanismo se denomina proceso de modelización, el cual funciona de la siguiente manera:

- 1.- Se presenta una situación didáctica o situación problema.
- 2.- El alumno busca en su conocimiento (teorías), las propiedades o características que podrían dar solución a la situación. A este conjunto de proposiciones teóricas se podría denominar MODELO (modelo hipotético), el cual se define como una construcción teórica – hipotética que permite explicar una parte de la realidad.
- 3.- Somete dicho modelo a verificación o validación a través de una confrontación con la realidad.
- 4.- Se satisface la respuesta.
- 5.- Queda resuelta la situación – problema.

Ver graficación del proceso de modelización (Figura 4)(página siguiente).

Más allá de la Diferencia entre Saber y Conocimiento

Los argumentos explicitados anteriormente y muy especialmente la posición didáctica, logran definir la dualidad entre el saber y el conocimiento. Sin embargo, la discusión podría no terminar allí. Dentro de esta dinámica de reflexión que se ha desarrollado hasta ahora, se llega a la posición de Chevallard (1987) de la escuela francesa de didáctica de las matemáticas. Para este autor, profesor de la Universidad de Marsella,

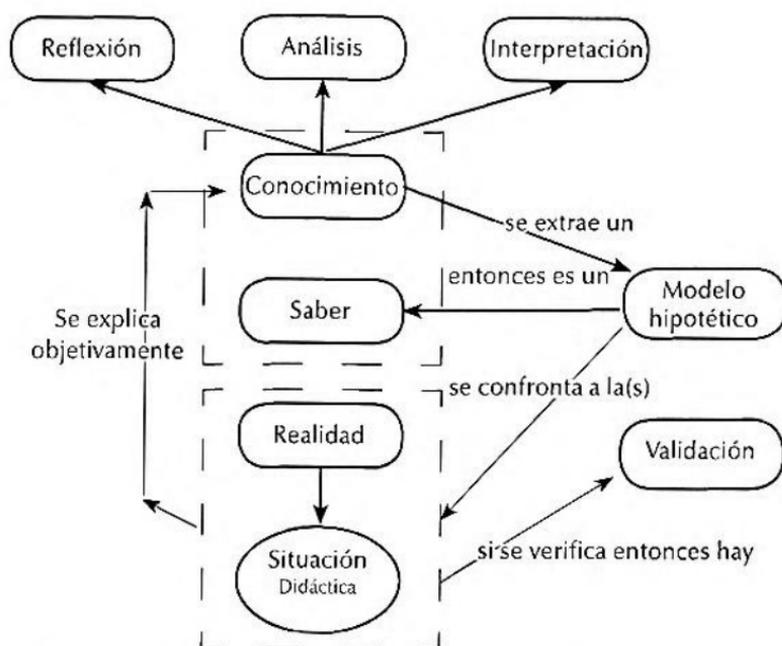


Figura 4. Proceso de Modelización que sigue el Alumno o el Profesor para resolver una Situación Didáctica.

no existe un solo saber, existe una pluralidad dependiendo de la fase en la que se encuentre en el sistema didáctico, el cual es definido como una relación ternaria entre los docentes, los alumnos y el saber (que se enseña), distinguiendo además el saber creado por la ciencia para resolver problemas científicos y/o sociales (*Saber erudito*), el *saber a enseñar*, establecido en los planes y programas de los Ministerios de Educación que requiere la aprobación de la comunidad científica, el saber de los padres que delegan en las instituciones la instrucción de sus hijos; el *saber enseñado*, constituido por aquel que planifica y enseña el docente y también el *saber del alumno*, el cual es construido por el aprendiz mediante la interacción entre su conocimiento y el conocimiento escolar

Así, alrededor del sistema didáctico aparece lo que Chevallard (ob. Cit) denomina *noosfera* la cual representa una suerte de tamiz en el que interactúa dicho sistema con el entorno social (Robles-Quintana,

2000). Para Chevallard, la importancia de este concepto, reside en el distanciamiento epistémico que se produce entre el saber que se enseña y el conocimiento específico de la disciplina en el ámbito académico.

Lo anteriormente expuesto por Chevallard señala que el conocimiento es general, propio de una disciplina particular, y amerita una serie de transformaciones para poder ser enseñado. Esta situación de enseñanza hace que dicho conocimiento se divida en tipos dependiendo de las exigencias educativas. En este caso, el conocimiento amerita entrar en contacto con situaciones, realidades sociales y fenómenos del entorno del alumno. La posición de este autor va más allá de la diferencia entre saber y conocimiento, estableciendo no solamente una distinción entre estos dos tipos de conceptos, sino señalando que el saber, dependiendo de su lugar de acción en el sistema didáctico puede dividirse en saber erudito, saber a enseñar, saber enseñado y saber del alumno, estableciéndose distancias epistémicas entre cada uno de estos tipos de saberes. (Ver desarrollo en el siguiente tema).

Los tipos de saberes intervinientes en el sistema didáctico: la transposición didáctica

*Toda práctica de enseñanza
de un objeto presupone, en efecto,
la transformación previa de su objeto
en objeto de enseñanza.*

Michel Verret

Antes de iniciar la reflexión sobre los distintos tipos de saberes en la comunicación didáctica, es importante resaltar que esta tendrá como plataforma la teoría de la transposición didáctica, establecida por Verret (1975) y Chevallard (1985,1991).

El término « Transposición Didáctica » corresponde al conjunto de transformaciones que experimenta un saber a los fines de ser enseñado, lo cual implica su reformulación para que pueda ser transferido a un contexto diferente al de su origen. Los objetos del saber son transformados, reformulados, con la finalidad de transponerlos en un contexto diferente al de su origen. El marco conceptual de la transposición deviene didáctico cuando este es aplicado a una disciplina de enseñanza.

Verret (1975) utilizó por primera vez el concepto de Transposición Didáctica para caracterizar la distancia, a veces un abismo, existente entre el funcionamiento erudito del saber y su funcionamiento en la enseñanza.

Todo proyecto social de enseñanza y aprendizaje se constituye con la identificación y la designación de contenidos de saberes como conte-

nidos a enseñar. Un contenido de saber que haya sido designado como Saber a Enseñar, sigue desde entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que es lo que le permitirá ser apto para ubicarse entre los objetivos de la enseñanza (Chevallard, 1991).

Las transformaciones del *Saber Erudito* en *Saber a Enseñar* y luego en Saber Enseñado, ha sido considerado desde hace mucho tiempo, de manera teórica en didáctica de las matemáticas. Algunas de estas investigaciones han contribuido a desarrollar este concepto, tales como las realizadas por Chevallard y Johsua (1982) las cual insisten en tres aspectos importantes: el epistemológico, el sociológico y el psicológico, estos aspectos serán aquí considerados, haciéndose énfasis en el aspecto epistemológico del saber.

Desde el punto de vista epistemológico, la transposición didáctica puede representarse gráficamente de la siguiente manera:

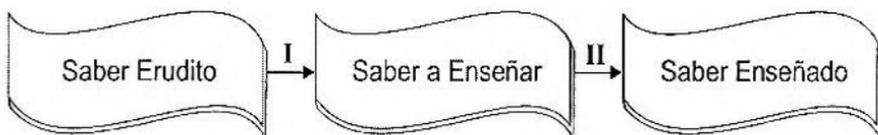


Figura 5. Fases de la Transposición Didáctica

Como puede observarse en la figura 5, la primera fase de la transposición didáctica, concierne el paso del « Saber Erudito » al « Saber a Enseñar » y la segunda fase, al paso del « Saber a Enseñar » al « Saber Enseñado ». Estas dos fases interactúan una sobre la otra. La conformación de las mismas muestra la existencia de un distanciamiento entre un saber que podríamos llamar saber de referencia (Saber Erudito y cultura de la sociedad), el Saber a Enseñar y después el Saber Enseñado. El análisis mediante el cual se pasa del Saber a Enseñar al Saber Enseñado debe tomar en cuenta los programas, los comentarios, los libros de texto (Saber a Enseñar), las preparaciones de los cursos y las prácticas efectivas del docente en la clase (Saber Enseñado).

Fases Involucradas en el Proceso de Transposición Didáctica

Primera fase: Del Saber Erudito al Saber a Enseñar

Origen del Saber Erudito

El Saber Erudito se genera en el interior de la comunidad científica, o en el caso de la producción artística, en las escuelas de artes. Su característica principal consiste en que va dirigido a una clase elitesca (científicos, humanistas o artistas), poseyendo un lenguaje muy técnico y complejo que le impide ser enseñado. En este caso, se realizan por parte del científico dos procesos, el primero denominado « despersonalización », el cual se produce cuando el investigador suprime lo que se podría llamar la infancia de la investigación: las motivaciones personales o elementos ideológicos, y el segundo llamado « descontextualización » originado cuando se eliminan las falsas pistas que condujeron a la investigación, se sustraen eventualmente del problema particular que se deseaba resolver y se intenta buscar un contexto más general en el cual el resultado sea valedero. En conclusión, se puede decir que el Saber Erudito es aquel que es reconocido como tal por una comunidad científica, pero que no puede ser enseñado en esta forma, por lo que ciertos mecanismos precisos deben presentarse para poder extraerlos del dominio erudito y poder asegurar su inserción en el discurso didáctico.

Intervención del Sistema Social de Enseñanza y el Saber a Enseñar

El Saber Erudito reconocido por la comunidad científica amerita ciertos mecanismos precisos para extraerlo de este dominio y asegurarle su inserción en el acto de enseñanza. Un sistema social de referencia - reglas culturales imperantes en la sociedad respectiva, supervisores y/o técnicos del Ministerio de Educación, científicos que se interesan en la enseñanza, profesores, - lo cual denominaremos Noosfera - se ocupa de seleccionar entre los conocimientos históricamente acumulados,

aquellos que tengan pertinencia con la formación de los alumnos (saber de referencia), y ubicarlos de una manera estructurada y lógica en los currícula o programas del sistema educativo. Este saber es lo que constituye el Saber a Enseñar.

Una vez que esta transformación es realizada, el saber resultante es intrínsecamente diferente de aquel que le sirvió de referencia. Según Johsua y Dupin (1993) su medio epistemológico en particular es diferente, y por ende, la significación de los conceptos que lo estructuran; en otras palabras, para que la enseñanza de un elemento del saber sea posible es necesario que este pase por ciertas variaciones que lo rendirán apto para ser enseñado. El saber, tal como es enseñado (Saber Enseñado) es necesariamente otro que el saber designado como "la enseñar".

Hay autores tales como Martinand (1989) que consideran que el punto de partida del proceso de transformación de saberes debe extenderse a la cultura de la sociedad, la cual conjuntamente con el Saber Erudito, deberá constituir el saber de referencia de este inicio. En efecto, sólo los objetos del saber de referencia socialmente reconocidos, son transpuestos a la enseñanza y la circulación de estos saberes depende de la entidad teórica llamada Noosfera.



Figura 6. Los Saberes Involucrados en el Proceso de Transposición Didáctica

La Noosfera juega un papel preponderante en la primera fase del proceso de transposición didáctica, ya que los cambios de contenido dependen de las decisiones que se tomen aquí. Estas decisiones pue-

den ser debidas a la percepción de una desactualización de los objetos enseñados, por la influencia de teóricos, o bien por la evolución de la sociedad. Un ejemplo lo constituye la reforma de las matemáticas modernas, la cual no se inició por el cuestionamiento de las características utilizadas por los objetos a enseñar del programa precedente, sino por la constatación de algunos investigadores de matemáticas de la inadecuación existente entre el Saber a Enseñar y el Saber Erudito. La evolución de los contenidos, puede también producirse por efectos de un elevado nivel de exigencias o de la diversificación de las finalidades de la enseñanza.

En resumen, la Noosfera es el lugar de reencuentro entre el sistema educativo y su entorno social, donde se juzga y se negocia la selección de los objetos a enseñar y donde intervienen numerosos actores con múltiples funciones.

El Saber a Enseñar está constituido inicialmente con la escritura de los programas, bajo la presión de los padres y representantes, docentes, textos escritos por profesionales, supervisores del Ministerio de Educación, personalidades reconocidas en la disciplina sobre la que escriben. El mismo se podría decir que corresponde al « Saber a Saber » La matriz que se presenta a continuación recoge lo relativo a la primera fase de la transposición:

Cuadro 1
Primera Fase de la Transposición Didáctica

	Saber Erudito	Saber a Enseñar
Creadores y Garantes	- Investigadores - Científicos	-Supervisores del Ministerio de Educación - Profesores
Legitimación	- Sociedad Científica - Usuarios	- Científicos que se interesan en la enseñanza (noosfera) - Usuarios

Segunda Fase de la Transposición Didáctica: Del Saber a Enseñar al Saber Enseñado

El Saber Enseñado

En cuanto al Saber Enseñado », es aquel Saber a Enseñar que ha sido adaptado por el profesor según sus propios conocimientos y representación, para ser administrados durante el proceso de enseñanza en la disciplina correspondiente y organizados en el tiempo. Aquí es el profesor quien tiene el rol preponderante, adapta a sus propios conocimientos los objetos a enseñar, los inserta en el saber escolar y los organiza en el tiempo. En este sentido, Henry (1991) considera que la selección que el profesor haga para una determinada situación de aprendizaje, tendrá consecuencias sobre la percepción del saber que los alumnos van a desarrollar y las concepciones que van a formar. Es decir, el profesor está constantemente adaptando el Saber a Enseñar (Saber Escolar) en Saber Enseñado. Este pasaje de la Transposición Didáctica es realizado cotidianamente por el docente. Pudiera señalarse que este tipo de saber es más autónomo, ya que cada profesor adapta los contenidos programáticos, lo que trae como consecuencia que los programas no sean respetados en su totalidad. Un valioso aporte en este pasaje de la Transposición Didáctica, lo constituye el trabajo realizado por Conne (1981) quien mostró, a través de observaciones de clase, la distancia existente entre el « saber a enseñar y el « saber enseñado »

El trabajo que de un objeto de Saber a Enseñar hace un objeto de enseñanza es lo que es llamado por Chevallard (1987, 1991, 1992) Transposición Didáctica. Según este autor, los objetos designados como « a enseñar » no pueden en ningún caso analizarse como simplificaciones de objetos más complejos, proveniente de la sociedad erudita; ellos son por el contrario el resultado de una preparación didáctica de una construcción que los hace diferir cualitativamente. Es un trabajo de construcción del Saber Enseñado a partir del Saber Erudito. Arsac (1992) lo llama "la infidelidad del Saber Enseñado al Saber Erudito" (p.

11). En otras palabras, hay un cambio de status del saber, el cual es reducido considerando sus orígenes históricos.

Lo señalado anteriormente implica que en esta transformación y reformulación del saber, éste (el saber) pasa por un proceso de despersonalización (Chevallard, 1991; Johsua y Dupin, 1993; Verret, 1975) y descontextualización, ya que tanto los procesos reales que condujeron a la producción del saber, como el medio epistemológico donde se originó permanecen ocultos, para poder estructurarlos de una manera lógica y coherente en los programas escolares, en los textos, en la preparación de secuencias de aprendizaje, o bien, en la preparación de cursos y prácticas efectivas de los profesores en clase.

En este sentido, Verret (1975) agrega a los procesos señalados anteriormente, el paso también del saber por un proceso de desincretización (traducción del francés *désyncrétisation*) al dividirse la teoría en « saberes parciales » autónomos, que dan lugar a prácticas de aprendizaje especializadas. En efecto, la enseñanza no puede basarse sobre una globalidad teórica, se hace necesario fragmentar el conocimiento en una serie sucesiva de capítulos y lecciones. Es necesario una presentación de la materia en contenidos, un cuerpo del discurso y un fin que es justamente el Saber a Enseñar. En consecuencia, la disociación de la teoría en conceptos reputados, independientes y puestos en relación, parece inherente a todo proyecto didáctico. Un ejemplo de ello, lo constituye la estructuración en Física de la teoría del Electromagnetismo en saberes parciales tales como: campo magnético, inducción electromagnética y oscilaciones eléctricas.

En resumen, la teoría de la Transposición Didáctica pone en evidencia dos puntos fundamentales: el primero, el problema de la legitimación de un contenido de enseñanza y el segundo, la aparición sistemática de una distancia entre el Saber Enseñado y las referencias que lo legitiman. Este distanciamiento es producto de los compromisos que pesan sobre el funcionamiento del sistema de enseñanza.

Necesidad de la Transposición Didáctica

La transposición didáctica es un proceso obligado y necesario ya que todo saber deberá presentar ciertas transformaciones antes de ser enseñado. Al respecto, Chevallard (1991) considera que el funcionamiento didáctico del saber es diferente del funcionamiento erudito (del francés *savant*), ya que estos a pesar de estar interrelacionados, sin embargo no son superpuestos. Es decir, señala el autor, existe el sistema didáctico constituido principalmente por los tres subsistemas: profesor, alumno y saber enseñado que comienza concretamente en el aula de clases y las interacciones entre ellos (Ver figura 7). Existe también el entorno próximo al sistema didáctico, el cual contiene el sistema de enseñanza que reúne el conjunto de sistemas didácticos y presenta un conjunto de dispositivos estructurales que permiten el funcionamiento didáctico interviniendo en diversos niveles. En este sentido, para que la enseñanza sea posible es necesario que exista compatibilidad del sistema con el entorno. Esta compatibilidad debe ser realizada sobre planos múltiples y distintos. Por una parte, el saber enseñado debe ser visto por los eruditos como próximo a su saber, ya que de lo contrario, estaría en peligro la legitimidad de la enseñanza de ese saber, el cual fue aceptado por la comunidad científica. En este caso, se puede decir que el saber está pasando por un proceso como dice Chevallard de *envejecimiento biológico*.

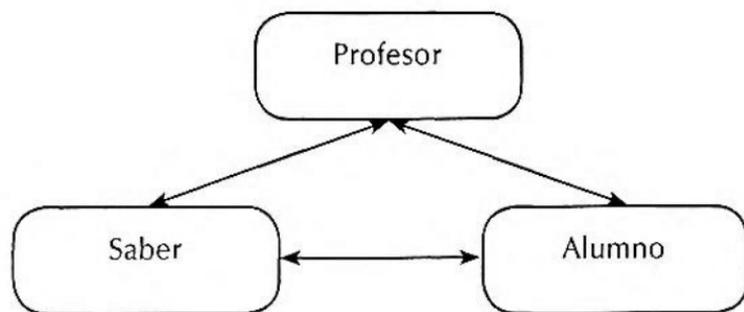


Figura 7. Sistema Didáctico

Por otra parte, y al mismo momento, el Saber Enseñado debe aparecer como suficientemente alejado del saber banalizado por la sociedad. El Saber Enseñado deviene desactualizado en relación con la sociedad. El saber sufre en términos de Chevallard, de un envejecimiento moral.

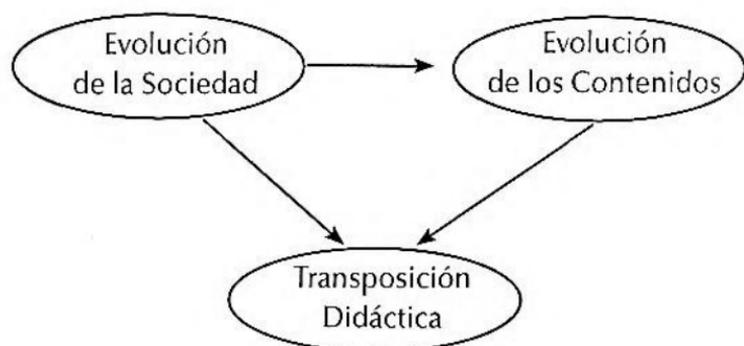


Figura 8. Necesidad de la Transposición Didáctica

En los dos casos, la utilización del saber enseñado trae como consecuencia una incompatibilidad del sistema de enseñanza con su entorno. Para reestablecer esta compatibilidad se hace necesario un flujo del saber proveniente del saber erudito. Un nuevo aporte disminuye la distancia con el saber erudito, aquel proveniente de los especialistas, y abre una distancia mayor con aquel utilizado por una fracción de clase social que por su formación tiene conocimiento en la disciplina a enseñar. Es aquí donde comienza el proceso de Transposición Didáctica.

En resumen, el resultado de esta actividad se traduce como una separación del entorno por una parte y una aproximación de la ciencia erudita por la otra. Sin embargo, para Chevallard (1991) no es esto precisamente el motor que impulsa tal actividad, el verdadero propósito es mejorar la enseñanza y los aprendizajes correspondientes.

La realización de una transposición particular, conduce a determinar nuevos objetos de enseñanza que puedan realmente permanecer

por un tiempo grande dentro del sistema de enseñanza y los cuales puedan integrarse con aquellos elementos que no fueron modificados. Pudiera hablarse de una « introducción didáctica del objeto de saber » (Chevallard 1985, 1991).



Figura 9. Introducción Didáctica del Objeto de Saber

La Transposición Didáctica y el Saber del Alumno

El proceso de Transposición Didáctica no se detiene en el Saber Enseñado por el profesor. Chevallard (1991) e investigaciones posteriores han expuesto la necesidad de extender este proceso hasta el « Saber del Alumno ». Para sustentar este criterio se partirá de dos hipótesis fundamentales, las cuales establecen las relaciones entre un sujeto y un saber:

La primera focalizada hacia los procesos de recontextualización y repersonalización que efectúa el alumno para poder construir su propio saber. Esto constituye la operación inversa que realiza el investigador para la producción del conocimiento, y la segunda, apoyada en la teoría constructivista del aprendizaje, la cual establece que el sujeto construye sus conocimientos por una interacción activa con sus concepciones o representaciones productos del entorno social.

En relación a la primera se puede indicar que la situación de aprendizaje ideal es aquella en la que los alumnos son puestos en situación

de resolver un problema en el cual, el conocimiento propuesto por el enseñante resulta el más adecuado para la solución, en este caso, el conocimiento es recontextualizado, es decir, este aparece como solución a un problema particular en el proceso personal de descubrimiento del alumno: repersonalización. Así, en la construcción del saber del alumno una recontextualización y una repersonalización aparecen, siendo esto lo inverso del proceso que realiza el investigador.

Por consiguiente, para que la herramienta descubierta por el alumno en la resolución de un problema determinado se convierta en un objeto de saber, es necesario un nuevo trabajo por parte del mismo: la despersonalización y la descontextualización. En conclusión, el alumno recorre etapas parecidas a aquellas del investigador, pero, en un marco creado artificialmente por el docente, y con un objetivo diferente, puesto que no se trata en este caso de comunicar su saber, es por ello que se considera este proceso como una génesis artificial del saber, en relación a la génesis natural histórica.

El estudio preciso de situaciones de clase, de los tipos de problemas y de las condiciones que se le debe imponer al alumno para llegar a esta génesis artificial, es el objeto de lo que llamamos « Ingeniería Didáctica »: el paso de la teoría a la práctica. Algunos ejemplos para ilustrar la recontextualización son: en matemática, una torta dividida en partes (para las fracciones), en química la temperatura y en física el movimiento de ida y vuelta de un móvil (para utilizar los números positivos y negativos).

En relación a la segunda hipótesis, se puede decir que este proceso de transposición que realiza el alumno para crear su propio saber, lo realiza, además de lo señalado anteriormente, partiendo de sus representaciones o concepciones, las cuales se definen como un contenido estructurado del pensamiento del sujeto concerniente a un fenómeno determinado, o de una clase de fenómenos (Robles, 1997).

Este género de representación inicial constituye indudablemente un obstáculo para la adquisición del conocimiento (Bachelard, 1938), será necesario, entonces, enfrentar el conocimiento científico con estas

representaciones naturales. Pero el problema no es de ninguna manera fácil, ya que numerosos estudios han demostrado la solidez de las mismas, lo cual se evidencia cuando el alumno las utiliza para explicar un fenómeno creando un mecanismo explicativo del mismo, aun cuando este se aleje del conocimiento real. Estas concepciones son por lo tanto generadoras de sentido, dificultando así el proceso de enseñanza. En este caso, el docente no debería negarlas ni buscar de destruirlas, la estrategia debería ser descubrirlas en los procesos de enseñanza y de aprendizaje y buscar de superarlas a través de un mecanismo de co-construcción del conocimiento entre alumno y profesor, y así poder lograr un cambio conceptual en el estudiante, que esté lo más próximo posible del concepto o contenido establecido en el saber enseñado programado por el profesor.

De lo anteriormente expuesto, y al relacionarlo con la segunda hipótesis, se puede concluir que, el conocimiento del sujeto no se construye por una acumulación sucesiva de ellos, los cuales se podrían considerar como un reflejo de la estructura de los objetos exteriores, sino por el contrario, es una creación producto de la interacción de las concepciones o representaciones del sujeto, con el saber enseñado por parte del docente. De allí que podamos establecer que una vez más se produce un nuevo saber "el Saber del Alumno" el cual de una manera u otra se distancia del Saber Enseñado.

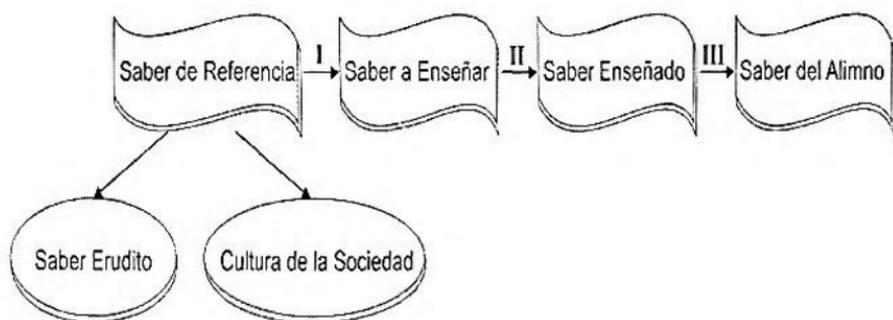


Figura 10. La Tercera Fase de la Transposición Didáctica

En conclusión, existen cuatro tipos de actores involucrados en el proceso de la transposición didáctica: **el investigador**, el cual produce su objeto de estudio, es responsable del rigor y de su validez. Él utiliza un lenguaje específico. **El especialista (programas oficiales y textos de estudio)**, quien selecciona los elementos del saber y produce una nueva elaboración «concreta y accesible». El docente, responsable de adaptar la enseñanza, visualiza el saber según su representación y control que pueda ejercer sobre el mismo, y **el alumno**, quien da el último sentido al saber.

Importancia del saber del alumno en el acto didáctico

...Los profesores de ciencias no entienden por qué los estudiantes no entienden ...

Gastón Bachellard

El modelo Constructivista del aprendizaje plantea que el conocimiento en los estudiantes se produce por medio de procesos de construcción activa que vinculan el conocimiento nuevo con el conocimiento previo; es decir, la información recibida recobra un sentido cuando el estudiante es capaz de relacionarla con lo que ya conoce respecto al tema en estudio. Por consiguiente, plantea Giordan (1995), esta corriente constructivista sigue las necesidades espontáneas y los intereses de los alumnos; proclama su libre expresión, su creatividad y su saber ser, dando primacía al descubrimiento autónomo y a la importancia de los tanteos en un proceso de construcción iniciado por el alumno.

Lo anteriormente planteado nos lleva a deducir que el Constructivismo considera el saber previo del alumno como la punta de lanza para iniciar el proceso enseñanza aprendizaje, en este sentido las palabras de Ausubel (1976) cuando hace referencia a que, “el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto, y enséñese consecuentemente” (p. 126), debe convertirse en el principio motriz de preparación de toda secuencia de aprendizaje.

Los planteamientos constructivistas indicados anteriormente son considerados en las propuestas curriculares para la Educación Básica (Primera y segunda etapas). Estos modelos proponen planificar las secuencias de aprendizaje utilizando la modalidad de los Proyectos donde se destaca la importancia, para la construcción del conocimiento, de la

relación entre los conocimientos previos, hoy denominadas concepciones, con los contenidos nuevos objeto del aprendizaje. Sin embargo, en las propuestas no se define qué son las concepciones, así como tampoco sus características, funcionamiento, origen y la manera de cómo se deben afrontar en los procesos enseñanza – aprendizaje – evaluación. Es dentro de este mundo de planteamientos y necesidades, que nos abocaremos a continuación, a realizar un análisis didáctico sobre el saber propio del alumno.

El Saber Propio del Alumno

En principio se puede afirmar que el conocimiento y uso didáctico del saber propio del alumno, son difíciles de arraigarse en el enseñante. Los profesores de educación Básica, Media y hasta de los primeros años de la universidad sienten cierta frustración cuando los alumnos crean algunos mecanismos para explicar un fenómeno cualquiera y dicha explicación está muy alejada de aquella del libro texto o de la estudiada en clase, interrogándose consecutivamente, de dónde extrajo el estudiante este razonamiento. En este sentido, plantea Bachelard (1938): *“... El adolescente llega al salón de clase con una serie de conocimientos empíricos ya constituidos: Se trata entonces, no de adquirir una cultura científica experimental, sino más bien de cambiar dicha cultura, de sobrepasar los obstáculos arraigados por la vida cotidiana”*, (p. 18). Este desconocimiento del funcionamiento cognitivo del alumno lleva al docente a concluir muy rápidamente que los mismos se involucran cada día menos en lo que se les enseña. Sin embargo, estos docentes no se interesan en estudiar las verdaderas causas de tales explicaciones, o en buscar en las teorías didácticas explicaciones coherentes y científicas a tal situación. Al respecto, los últimos trabajos en didáctica han mostrado ampliamente que ciertas respuestas de los alumnos a problemas de ciencias pueden estar alejadas del modelo canónico correspondiente. El imperativo en este tipo de respuesta son las concepciones o los modos de razonamiento siempre ligados al sentido común, los cuales se revelan muy bien anclados en el estudiante, en contraposición a aquellos producidos por una enseñanza científica.

Este tipo de respuestas de los alumnos son generalmente etiquetadas por los docentes como “errores”. Pero, el uso de este término para calificar dicha respuesta puede ser equivocada. Esta acepción, es muy general y no permite determinar la naturaleza profunda de la equivocación del alumno, sus causas eventuales y su mecanismo de funcionamiento. Es necesario considerar que “este error” es relativo y no tiende a ser banal.

En efecto, dicha relatividad radica en la posición personal asumida, si se toma como referencia al alumno, una explicación por él dada, jamás tendrá la característica de error, él está convencido de que su afirmación es correcta y coherente, esto es así puesto que no dispone de los elementos conceptuales diferentes que lo hagan contradecir, ya que un alumno no tiene necesidad de haber estudiado un contenido específico para dar una explicación a un fenómeno cualquiera que le sea propuesto en clase. Él tendrá siempre la necesidad de explicar el mundo que le rodea y por consiguiente crea modelos explicativos que a su juicio son coherentes y lógicos. Ahora bien, si consideramos la posición del profesor, el alumno está equivocado, ya que sus modelos explicativos son inadaptados, induciendo ideas falsas sobre el fenómeno en cuestión y por consiguiente alejadas del conocimiento científico. Esta posición es comprensible puesto que el docente tiene las herramientas para calificar la intervención o afirmación del alumno como “un error”, por su posibilidad de comparar lo dicho con el conocimiento científico. Lo que para uno es cierto para el otro es un error.

Todo parece indicar que el alumno se encuentra en una disyuntiva entre el conocimiento que ellos generan para dar sentido al mundo que les rodea, un mundo de objetos y personas, y el conocimiento científico, plagado de extraños símbolos y conceptos abstractos, referidos a un mundo más imaginario que real. Sólo una relación entre estos diferentes niveles de análisis de la realidad, basada precisamente en su diferenciación, puede ayudar a los alumnos a comprender el significado de los modelos científicos y, desde luego, a interesarse por ellos (Pozo y Gómez, 2000).

Este saber propio de los alumnos ha sido denominado de diferentes maneras en la literatura didáctica. El primero en denominarlo fue Gastón Bachelard, que los etiquetó con el nombre de obstáculo epistemológico, posteriormente fue llamado error, razonamiento natural, razonamiento implícito, modelos implícitos, cuadros de referencias alternativos, preconcepciones, representación, esquemas cognitivos, conocimiento previo, entre otros. A pesar de que estas diferentes terminologías no son gratuitas y tienen su trasfondo, la gran mayoría de los didácticos de las ciencias han coincidido en los últimos tiempos alrededor del término "concepción".

Definición de Concepción

El concepto didáctico de concepción ha dado lugar a diferentes definiciones, entre ellas tenemos: La posición de Giordan y De Vecchi (1987), quienes ven las concepciones como ideas del estudiante con cierta coherencia interna, capaces de crear una explicación coherente: *"Una concepción es un conjunto de ideas coordinadas y de imágenes coherentes, explicativas, utilizadas por el aprendiz para razonar frente a una situación problema."* (p.79)

Por otra parte, nos encontramos con la definición de Astolfi y Delvay (1993), quienes ven las concepciones como un elemento que se opone al aprendizaje: *"Todo aprendizaje viene a interferir con un conocimiento existente en el aprendiz, que a pesar de ser falso en el plano científico, sirve de sistema de explicación eficaz y funcional para él."* (p. 31).

Johsua y Dupin (1989), consideran que la apropiación de un conocimiento depende completamente de las concepciones. Si la enseñanza científica se rehusa a tomarlas en cuenta entonces ellas se mantienen, se refuerzan y perduran hasta el más alto nivel universitario. Su extrema solidez reside en el hecho que: *"Son las concepciones y modos de razonamiento ligados al sentido común que se revelan contra la adquisición del conocimiento científico."* (p. 121)

Tiberghien citada por Robles (1997), define las concepciones como un término asignado por el investigador al alumno, con el fin de

investigar el conjunto hipotético de situaciones coherentes en él, permitiéndole explicar un planteamiento dado:

Una concepción es un conjunto hipotético de proposiciones, saber hacer, procedimientos, habilidades manuales que el investigador atribuye al alumno con el objetivo de rendir cuenta de las conductas del mismo en un conjunto de situaciones dadas. Esta definición es construida a partir de una hipótesis subyacente esencial: el funcionamiento del alumno es coherente si nos ubicamos en su punto de vista (p. 29).

Del conjunto de definiciones planteadas se puede deducir que, las concepciones funcionan como una alternativa a las ideas científicas. Las mismas tienen la particularidad de que afloran en la clase cuando el docente somete a los alumnos a una situación problema y que amerita indudablemente una organización mental para el logro de una respuesta. Así los diversos componentes de una concepción son:

El Problema: Conjunto de cuestionamientos más o menos explícitos que inducen o provocan el surgimiento de la concepción. (Es algo así como el motor de la actividad intelectual).

El Marco de Referencia: Conjunto de conocimientos periféricos activados por el sujeto para formular su concepción (son las otras representaciones sobre las cuales se apoya el aprendiz para producir sus concepciones).

Las Operaciones Mentales: Conjunto de operaciones intelectuales o transformaciones que el alumno domina y que le permiten poner en relación los elementos del marco de referencia para así producir y utilizar la concepción (son las invariantes operatorias).

La Red Semántica: Organización utilizada a partir del marco de referencia y de las operaciones mentales. Ellas permiten dar una coherencia semántica al conjunto y por consiguiente producir el sentido de la concepción (el sentido del constructo aparece a partir de los nexos "lógicos" establecidos entre las diferentes concepciones principales y periféricas). Los Significantes: Conjunto de signos, trazas y símbolos necesarios para la producción y explicación de la concepción.

Funcionamiento de las Concepciones

Los diferentes componentes señalados anteriormente, funcionan de una manera interdependiente y superpuesta.

El modelo propuesto por Giordan y De Vecchi (1987), permite comprender dicho funcionamiento:

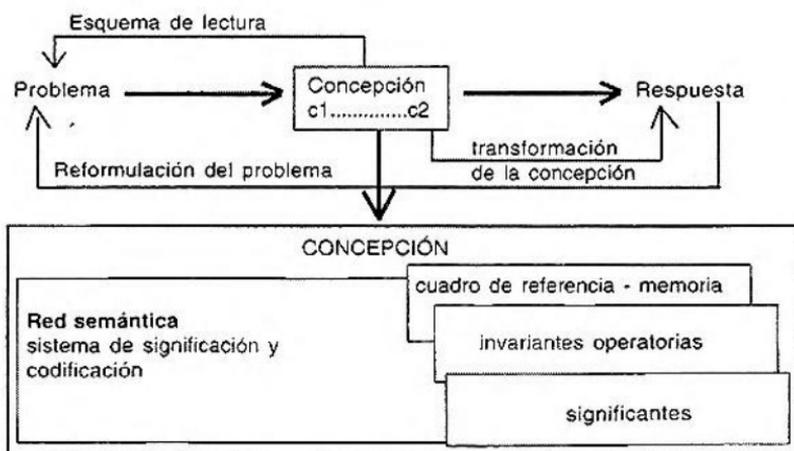


Figura 11. Funcionamiento de las Concepciones de los Alumnos

Desde el punto de vista del alumno, la concepción, de la cual él es raramente consciente, actúa como un esquema de lectura de la realidad, ella permite decodificar, en su propio lenguaje, el problema al cual se le confronta. Se puede decir que ha entendido algún concepto, por ejemplo, la inercia newtoniana, la fuerza aplicada, la rapidez de un móvil, la carga eléctrica etc., cuando se logra que lo conecte con sus concepciones y obtenga una traducción a sus propias palabras o conexión con la realidad. Todo ello bajo un complejo proceso cognitivo y metacognitivo. Se aprende un concepto, un proceso o se soluciona una situación didáctica, cuando se es capaz de dotar de significado a un material o una información que se le presenta.

Ahora bien, para ahondar más en detalle sobre el tema, abordaremos a continuación, cuál es el origen de las concepciones y cuáles son sus características.

Origen de las Concepciones

¿De dónde provienen las concepciones de los alumnos a propósito de algunos conceptos o fenómenos naturales? Las referencias parecen ser múltiples y el debate está siempre abierto entre los investigadores en didáctica. Entre esa variedad de proposiciones que podrían explicar dicho origen, nos apegamos en este escrito a considerar cinco posibles causas: la percepción, el medio social, el razonamiento por analogía, la vulgarización científica, la personalidad efectiva. (Ver figura 12).

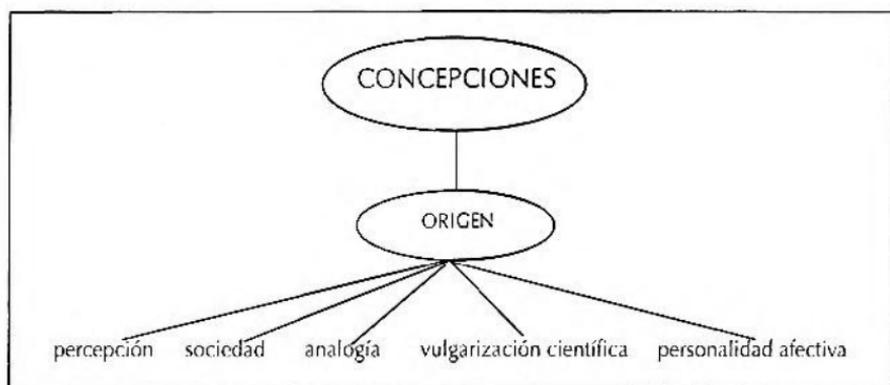


Figura 12. Origen de las Concepciones

La Percepción

Los alumnos, en el intento de dar explicaciones a las actividades cotidianas o a determinados problemas o situaciones que se le presentan, tienen la tendencia a crear explicaciones en función de los elementos observables del problema planteado. Por ejemplo, sólo consideramos que existe luz cuando es lo suficientemente intensa como para producir efectos perceptibles, en vez de pensar en una entidad que atraviesa el espacio. Del mismo modo, el azúcar “desaparece” cuando se disuelve, en vez de permanecer en forma de partículas excesivamente pequeñas como para poder ser vistas (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989). En relación al sonido, los estudiantes indican que cuando se golpea una fuente sonora “el aire se desplaza bajo la forma de pequeñas moléculas”,

en vez de indicar que se produce una transmisión de la perturbación a las moléculas adyacentes (Robles, 1997). Así, es la experiencia y la observación producto de la vida cotidiana la que tiene mayor influencia en la creación del mecanismo explicativo, sostenido bajo un enfoque eminentemente causal: se perciben las causas y los efectos de cualquier fenómeno, más no así lo que sucede en el intermedio.

La Sociedad

Es por todos conocidos que la sociedad, incluyendo los medios de comunicación, tiene una gran influencia en la formación del alumno, dicha influencia no siempre es positiva, ya que la mala utilización de algunos términos puede producir obstáculos en el posterior aprendizaje del niño, y por consiguiente, interfiriendo en una eficaz adquisición del conocimiento científico, así nos encontramos con conceptos como “acidez”, “energético”, “pureza”, etc., utilizados fundamentalmente con un sentido diferente al científicamente aceptado y que distorsionan su verdadero significado. Por otra parte, es trascendental la influencia de las tiras cómicas (comiquitas) para la creación de las concepciones, por ejemplo, las películas sobre mutantes, que inducen a asociar el concepto de mutación con cambios exclusivamente externos que convierten a la gente en superhombres. Otra influencia negativa, es la utilización de conceptos como sinónimos cuando ciertamente no lo son, ejemplo “fuerza” y “potencia».

La Analogía

Muchas veces los alumnos cuando son enfrentados en clase a una situación – problema y no encuentran ningún referente próximo dentro de sus conocimientos, recurren entonces, a comparaciones analógicas para proponer su solución. En este caso, plantean Pozo y Gómez (2000), las concepciones de los alumnos no provienen del sólo hecho del reflejo de errores conceptuales presentes en los libros textos, de la

percepción o del ámbito cultural, sino en muchos casos del referente analógico con otras disciplinas u otros contenidos. Al respecto señalan Giordan y De Vecchi, la analogía permite la creación y el uso de modelos como instrumentos que facilitan la comprensión de la realidad y, por lo tanto, del aprendizaje; dichos modelos analógicos funcionan cuando el alumno no encuentra dentro de sus conocimientos sobre la disciplina, una explicación razonable y, entonces activa por analogía, una concepción útil correspondiente a otro dominio del conocimiento. Así, por ejemplo, el alumno para explicar un fenómeno microscópico le asigna propiedades macroscópicas, ya que son las más conocidas por él (Quintana de R., 1996).

La Vulgarización Científica

Los textos de vulgarización, generalmente, son aquellos destinados a una comunidad en general; en este caso, el léxico utilizado para tal fin, tiende a ser más sencillo, motivado al público a quien va dirigido. Debe tenerse mucho cuidado con esta simplificación del verbo, ya que podría llevar a falsas interpretaciones por parte del lector. En este sentido, plantean Laroche y Désautels (1991), la vulgarización científica juega un papel importante en la creación de las concepciones, esto debido a la manera como las ciencias producen sus enunciados y la forma como son interpretados.

La Personalidad Afectiva

Esta característica de tipo psicoanalítica se refiere, a los efectos particulares producidos por la posición individual del hombre ante un problema científico. Así Hewson y Hamlyn (1983) reportan una influencia interiorizada del medio ambiente, en las poblaciones del sur de África, sobre el calor. Para estos, el calor es sinónimo de “algo malo” (maldita, triste, fatigante, etc.).

Características de las Concepciones

Se ha evidenciado que el conocimiento del alumno se construye por una puesta en relación, o a veces, por el conflicto que se produce entre su conocimiento y aquel que se quiere enseñar. Esto es debido a la puesta en marcha por parte del alumno, de marcos de referencia que le permiten interpretar determinado fenómeno. Al respecto, la didáctica ha puesto en evidencia ciertas características, que parecen ser comunes a las concepciones de los alumnos. Es importante definir estas características, para crear una matriz de reflexión que contribuya a mejorar la planificación de las secuencias de enseñanza, así como lograr en el estudiante un cambio conceptual. A continuación, mencionaremos algunas de ellas, producto de investigaciones y de la experiencia de los autores en este campo (Ver figura 13)

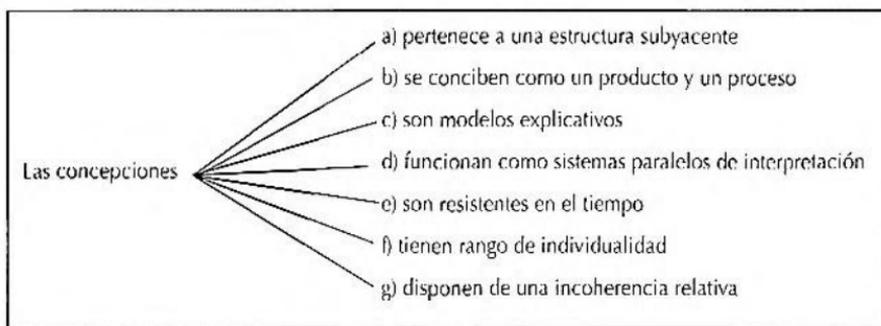


Figura 13. Características de las Concepciones

a) *Pertenece a una estructura subyacente*, en el sentido de que ella no es expresada directamente. El investigador debe hacer las inferencias necesarias sobre el funcionamiento mental del aprendiz, con el fin de hacer emerger las concepciones propiamente dichas. Estas no son una propiedad individual, sino una construcción del investigador para modelizar el funcionamiento cognitivo del alumno, con el objetivo de interpretar el procedimiento observado en las situaciones de aprendizaje.

b) *Se concibe como un producto y un proceso*: un producto en el sentido de producción del alumno, que envía a la vez a procesos mentales que provienen de una actividad de elaboración del aprendiz.

c) *Son modelos explicativos*: los cuales tienen las características de ser organizados, simples, lógicos y presentan una coherencia interna que el alumno moviliza para aprender, comprender y apropiarse del mundo que lo entorna en la vida cotidiana y en las situaciones escolares.

d) *Funcionan como sistemas paralelos de interpretación*: los mismos pueden coexistir en un mismo individuo y son movilizados indiferentemente según los contextos y las situaciones en las cuales se encuentra el alumno.

e) *Son resistentes en el tiempo*: lo que significa que se trata de una transformación cognitiva muy lenta, se da el caso de que las mismas persisten en el individuo hasta los niveles universitarios. En efecto, ciertas concepciones de los alumnos pueden revelarse con cierta estabilidad temporal. Al respecto, Resnick (1982) indica que los estudiantes abordan sus primeras exposiciones de ciencias, con "teorías" sorprendentemente precisas sobre el funcionamiento del mundo natural. A pesar de haber sido puestos en presencia de numerosos conceptos y teorías en una clase de ciencia, estos continúan utilizando sus teorías anteriores para resolver los problemas, respuestas que se ven muy alejadas de las explicaciones de los libros de apoyo o de las explicaciones del profesor. Estas explicaciones se mantienen hasta el nivel universitario y se convierten en verdaderos modelos teóricos alternativos.

f) *Tienen rango de individualidad*: Cuando los alumnos son confrontados a una situación en clase, puede ocurrir que se produzcan diversas interpretaciones. Esto es debido a la forma como cada quien interioriza su experiencia al construir sus propios significados, lo cual tiene una influencia directa en la forma como se capta la información. En este sentido, se puede señalar que las concepciones son construcciones personales elaboradas por el alumno al momento de enfrentarse a la situación problema. Sin embargo, se ha logrado encontrar el mismo

tipo de razonamiento en otro tipo de alumnos con diferentes edades y nacionalidades.

g) *Disponen de una incoherencia relativa*: En efecto, dicha relatividad radica en el hecho que el docente no es totalmente consciente del razonamiento personal del alumno. Así, el maestro se enfrenta a las contradicciones de los estudiantes, pero estos no se dan cuenta de las mismas, ya que para ellos desde su punto de vista, su modelo explicativo es coherente. Cuestión no compartida por el profesor quien se posa en otro ángulo. Lo importante en este caso, es que el docente reflexione y conozca a profundidad el saber del que dispone el alumno y a través de estrategias didácticas, generar en él, el conflicto cognitivo necesario que lo lleve a buscar otras explicaciones que satisfagan la situación problema.

Qué hacer con las Concepciones

Este tópico ha sido largamente discutido en las esferas de la investigación didáctica, se destacan al respecto tres posturas que podrían resumir dicha discusión: ignorarlas, evitarlas o conocerlas. Una gran parte de los docentes se posesionan en la primera (ignorarlas), en este caso ellos basan su enseñanza en la metodología de la transmisión del conocimiento, esto los lleva a deducir *a priori*, que la lógica del adulto sustituye muy rápidamente la lógica del alumno, lo que se traduce como una no consideración del saber del alumno en el proceso de enseñanza. Dicho rechazo del saber del alumno es completamente paralelo a la idea que comparten los docentes sobre el acto de aprender: el alumno es considerado como una caja vacía en la cual se acumulan los conocimientos.

Otro grupo de enseñantes prefieren evitarlas, ya que la consideración de las concepciones podría producir que el proceso de enseñanza, cayera en un círculo vicioso y así quedar anclado en él, lo que llevaría a que no se avanzara en la enseñanza del alumno. Esto evidencia que el docente tradicional, se centra en la lógica del saber y no en la del alum-

no, por consiguiente, no construye un modelo de aprendizaje donde las concepciones puedan ser tomadas en cuenta. Posición que también aparenta ser muy simplista y contradice los postulados constructivistas señalados en este escrito anteriormente.

La última opción propuesta es conocerlas, lo cual permite definir el funcionamiento cognitivo del alumno sobre el saber en juego, influyendo en una preparación flexible de las secuencias de aprendizaje / planificación.

Ahora bien, es ilusorio pensar que el sólo hecho de conocer las concepciones de los alumnos es un arma suficiente para combatir las, destruirlas o reemplazarlas por conocimientos correctos. En efecto, el procedimiento que conviene adoptar, es apoyarse en ellas para interferirlas y sobrepasarlas o sustituirlas, ya que está demostrado que se aprende "con" y "contra" las concepciones, de esta manera se ayuda al alumno a transformar sus concepciones para lograr el fin último del aprendizaje: el cambio conceptual. Al respecto señala Pozo y Gómez (2000), hay que hacer que el alumno reconstruya sus concepciones a través de la reflexión y la diferenciación conceptual, produciendo modelos y teorías que se aproximan lo más posible al saber escolar. Sólo de esta manera se consigue explicar lo que los conocimientos intuitivos muchas veces sólo logran predecir.

Es justamente esta posición constructivista, la que incita al docente a considerar la actividad intelectual del alumno como centro del aprendizaje, fundamentando su modelo de enseñanza en la premisa de que el aprendiz construye su saber sobre la base de los conocimientos que ya posee.

El otro problema que surge es cómo conocer las concepciones y cómo hacerlas emerger. En relación a lo primero y dado el poco tiempo de disponibilidad del que puede hacer uso el docente y la gran cantidad de contenidos a enseñar, se amerita que este realice una revisión bibliográfica sobre las investigaciones en didáctica sobre el tema que interesa, en ellas podrá lograr conocer una información detallada sobre las concepciones de los alumnos relativos al tema en cuestión. Éstas le podrían

servir de apoyo en la elaboración de su secuencia de aprendizaje o para conocerlas previamente y así poder verificarlas en clase utilizando alguna estrategia. Es en relación a estas estrategias que desarrollaremos el tópico siguiente.

Cómo hacer emerger las Concepciones

Se ha indicado previamente la necesidad que se tiene, en el proceso de enseñanza, de conocer las concepciones de los alumnos, ya que su conocimiento permite proponer actividades donde los alumnos se sientan confrontados con sus creencias y reconozcan la limitación de su mecanismo explicativo en la resolución de la situación planteada y pueda producirse el cambio conceptual requerido para el aprendizaje. En este sentido, es necesario considerar las diferentes estrategias metodológicas y/o didácticas que podrían cumplir el propósito de hacer emerger las concepciones y lograr promover un cambio conceptual; entre otras, se podrían mencionar: Torbellino de ideas, mapas de conceptos, juegos y simulaciones, resolución de problemas, trabajos experimentales y de campo, visitas guiadas, entre otras. Su rol fundamental sería favorecer el desarrollo de conceptos a través de las concepciones, propiciar la creatividad o conectar la realidad del aula con la realidad cultural y social del alumno.

Las Concepciones y el Cambio Conceptual

La idea central del cambio conceptual radica en el hecho de que el aprendizaje de conceptos científicos se concibe como un proceso donde tiene un rol importante los significados anteriores, las concepciones del estudiante, las cuales son sustituidas por otras nuevas más depuradas y más cercanas a los de la ciencia, lo que se ha denominado cambio conceptual. Este cambio es un proceso, que pasa por etapas de maduración, promoviendo la evolución de las teorías ingenuas del estudiante. La premisa principal de este modelo es que el reconocimiento de todo aprendizaje comienza con las concepciones del participante.

Plantea Duschl (1997) que los elementos esenciales para que se dé inicio al cambio conceptual son los siguientes:

- ❖ El alumno debe sentirse insatisfecho con su punto de vista anterior.
- ❖ La nueva idea debe tener sentido y ser más sofisticado en la explicación conceptual.
- ❖ La nueva idea debe ser aplicada en nuevas situaciones didácticas para establecer por qué es una explicación o un concepto más potente.
- ❖ Las concepciones no deben evaluarse sólo en relación a las opiniones científicas, sino también con respecto a las opiniones de los compañeros.
- ❖ Se debe promover una participación activa y el diálogo entre profesor y estudiante.
- ❖ Es fundamental planificar estrategias de enseñanza contundentes que reflejen una comprensión exhaustiva de la estructura de la ciencia.

Este proceso de cambio conceptual es complejo y lograrlo significa, establecer una verdadera relación entre hechos o datos, conceptos y principios (Pozo y Gómez, 2000). Los datos o hechos son importantes en el proceso de aprendizaje, informan algo acerca de la realidad, por lo que es necesario conocerlos si se quiere aprender ciencias; sin embargo, ellos no pueden estar en el currículo como elementos aislados, es necesario darle sentido y significado, lo cual significa que dichos datos deben relacionarse con un concepto o conceptos que le den significados y expliquen de manera objetiva, por qué se producen esos hechos o se dan esos datos y las consecuencias que causan; de tal manera que para que exista la comprensión, se amerita la relación objetiva entre datos, hechos y la red de conceptos que los explica y relacionan.

Por otra parte, esta relación debe ir más allá, hacia la generalización, es decir, hacia conceptos más complejos denominados principios que van de los específicos hacia los más generales. Estos representan un

gradiente creciente de generalidad, donde los principios específicos son el puente para conocer, comprender o inferir los principios generales. Por lo tanto, podemos decir que un estudiante adquiere un concepto cuando es capaz de dotar de significado a un material o dato que se le presenta, pudiendo explicarlo y relacionarlo con sus propias palabras. Ello se produce, indudablemente, estableciendo la relación del hecho o información con sus concepciones, donde descubre que su explicación le es insuficiente para explicar y en consecuencia a través del conflicto cognitivo, investiga, discute y asimila una nueva información más depurada, avanzando en el concepto que antes manejaba y estableciendo nuevos principios explicativos del fenómeno natural.

Conceptualización didáctica de modelo

*Sólo conocemos de las cosas
lo que nosotros mismos ponemos en ellas*

Immanuel Kant

Numerosos usos del término “modelo” referidos en esta sección, han aparecido en la lengua española en los últimos cuatro siglos. Sin embargo, desde la antigüedad, los diferentes conceptos asociados a estos usos ya existían, tanto los pintores como los escultores lo asociaban con los objetos que debían reproducir. Los filósofos griegos poseían modelos microscópicos de la materia y los grandes sacerdotes de Babilonia que sabían prever los eclipses, tenían una forma de modelo del universo. La palabra modelo fue utilizada inicialmente en el lenguaje de las artes en 1542, con el sentido de “figura a reproducir”, posteriormente ese sentido fue ampliado a toda representación reducida de una construcción, de un objeto destinado a ser reproducido a mayor escala (1563). A través del tiempo, la palabra modelo ha ido cambiando constantemente su sentido inicial, así, en el lenguaje corriente ha sido utilizada para caracterizar la calidad de alguien o de algo: “perfecto en su género” (1837) o “lo que debe ser imitado” (1648)... Posteriormente, en el vocabulario de las artes se le dio un sentido diferente al inicial: persona que posa para un pintor o un escultor (1676). En el siglo XIX, aparece un nuevo sentido: “tipo de fabricación” (1841) y el último sentido que ha sido incorporado por los físicos, didácticos y epistemólogos es el referido a “sistema que representa las estructuras esenciales de una realidad” (1940). La polisemia de esta palabra se sigue aún encontrando, y el debate sobre su significado persiste. La idea principal de la ciencia es intentar comprender y representar el universo cotidiano.

No es de sorprender entonces, que la modelización sea una actividad principal de la ciencia y que la palabra “ modelo” pueda tener diferentes sentidos. Sin embargo, todos los modelos tienen un objetivo (la cosa que estos tratan de representar) y una fuente (la idea u objeto del cual deriva la representación). El punto de vista tomado para efectos de esta presentación, es aquel de los epistemólogos.

La Noción de Modelo

Para Bachelard (1979) el modelo es un instrumento de inteligibilidad de lo real donde la complejidad de las propiedades no permite la entera comprensión por la ciencia. En este sentido, Delattre (1979) precisa que esta inteligibilidad no se reduce a la racionalidad interna del modelo, sino que incluye igualmente la racionalidad de las asociaciones establecidas entre las características del modelo y aquellas de lo real a modelizar. Un modelo, no es en ningún caso para Bachelard, una imitación de los fenómenos; es la representación de un sistema real, bien sea mental o físico, expresado en forma verbal, gráfica o matemática (Walliser, 1977). Este representa sólo algunas de las propiedades de lo real, más no el conjunto de ellas (Bachelard, op. cit. p.9). Por ejemplo, los modelos del gas perfecto permiten representar numerosas propiedades de los gases reales (expansibilidad...) pero no su licuefacción ni las reacciones químicas entre gases. En el estudio de la expansión de un gas, estas últimas propiedades, no pertinentes, no tienen necesidad de ser tomadas en cuenta por el modelo. Sólo la experiencia puede garantizar que una propiedad es efectivamente no pertinente. En efecto, un modelo es una ficción vigilada, controlada por los éxitos o los fracasos de la experiencia, sometida al criterio de una consistencia garantizada por la lógica o por la teoría explicativa (Mouloud, 1985).

Un modelo no puede entonces ser considerado como la realidad. Su meta es rendir cuenta de la realidad y de hacerla comprensible. Es una representación aproximada de un objeto de la realidad, no necesariamente observable, con fines teóricos. La frase: “un gas es un conjunto de moléculas” es una expresión verbal de un modelo particular. Aun

cuando esta expresión parezca banal para toda persona que haya aprendido un poco de física, el término “molécula” es bien un término del modelo. Es importante agregar la voluntad realista asociada a modelos científicos: se construyen modelos para aproximarse a la realidad.

Funciones de los Modelos

Esclarecer la función de los modelos es preguntarse finalmente sobre el poder de simular, figurar, reproducir y sobre el poder de regularización o normalización que pertenece a la representación y al lenguaje humano (Mouloud, 1985).

Para Bachelard (1979), el modelo, en su acepción más abstracta, funciona de una manera ostensiva; en su acepción más concreta de modelo visual, deja transparentar la dominante teórica; interesándose sólo en ciertos aspectos de lo real, el modelo hace abstracción de ciertos datos. Sin embargo, el modelo constituido tiene importancia en la modelización de los caracteres que le son propios y que no tienen correspondientes en lo real examinado. El modelo en las manos del físico es un objeto que primariamente es un objeto sustituto; pero es también secundariamente un objeto tomado en sí. Este funciona con una finalidad que le trasciende, pero según sus propias leyes.

Según Delattre (1979), un modelo tiene siempre como función rendir cuenta de datos experimentales más o menos numerosos y variados. Esta rendición de cuenta puede significar tanto describir cómo explicar. Este autor señala que desde que un modelo contiene una tentativa de explicación, se presenta bajo la forma de un proceso donde la combinación es mostrada como la causa inmediata de los fenómenos observados.

Por otra parte, de una manera más concisa, Walliser (1977) atribuye al modelo cuatro funciones: *una función cognitiva*, asegurada por los modelos explicativos y los modelos descriptivos; esos modelos representan un sistema existente el cual pone en evidencia ciertas propiedades, en particular, las relativas a las influencias de los factores de

entradas del sistema. *Una función de previsión*, relativa a los modelos de simulación y de previsión que permiten deducir el estado final del sistema puesto en una nueva situación a partir del conocimiento de su estado inicial. *Una función de decisión*, que recubre los modelos de optimización y los modelos de decisión cuyo rol es proporcionar una ayuda para modificar de manera óptima el sistema. *Una función normativa*, la cual da una representación ideal de ciertas propiedades de un sistema a producir o reproducir; los modelos asociados a esta función son los modelos prescriptivos y los constructivos. Walliser considera que todo modelo, independientemente del nivel en que se sitúe, puede ser considerado como un mediador entre un campo teórico donde él es una interpretación y un campo empírico o experimental, donde es una síntesis. Esta función de mediador ha sido también considerada por Bachelard (1979).

La finalidad asignada a la enseñanza de las ciencias va a la par con la reducción del método experimental a los procesos de inducción. En la opción inductivista, todo conocimiento es reputado devenir de la presentación inicial. En estas condiciones, el instante crucial es aquel de la observación y de la medida. La consecuencia esperada es la puesta en evidencia de leyes. El modelo a introducir aflora casi de la experiencia que pone el fenómeno en evidencia (Johsua y Johsua, 1988; Johsua, 1989; Johsua y Dupin, 1989, 1993).

Para Johsua y Dupin (1993) el sistema didáctico libera el conocimiento por fragmentos, sucesión de capítulos y lecciones, lo que necesita una entrada en materia, un cuerpo del discurso y un fin, que es justamente el modelo a transmitir. Este autor considera que dentro del marco didáctico, el modelo no es un dato inicial, sino justamente el objetivo declarado de la enseñanza. En consecuencia, la disociación del modelo en conceptos reputados independientes, los cuales son puestos en relación, parece inherente a todo proyecto didáctico: es lo que se llama la “desintetización (traducción del francés *désynthétisation*) del modelo”.

Ese proceso no puede reproducir el camino histórico, ya que finaliza, inevitablemente, en un marco escolar: se trata de construir una modelización

precisa y conocida de antemano. Ese proceso crea un marco epistemológico artificial, específico al proyecto didáctico. En éste se debe esperar que el sentido tomado por cualquier concepto sea notablemente diferente de aquel que ocupa en cualquiera concepción el físico, o dentro de otro marco artificial escolar. Pero al mismo tiempo, una latitud de selección está así a la disposición del docente, latitud donde puede legítimamente jugar en función de criterios que no están ligados a la física del físico (Johsua y Dupin 1989. p. 25)

En la elaboración de los conocimientos en ciencias experimentales, experiencia y teoría no tienen estrictas relaciones de anterioridad, sino que éstas se entremezclan, se nutren recíprocamente de una manera seguramente compleja. En efecto, Halbwachs (1974) considera que, en ese proceso de elaboración, el campo teórico y el experimental entretienen relaciones dialécticas y no jerarquizadas.

Para Johsua y Dupin (1993), Johsua y Johsua (1988) la situación didáctica introduce una obligación muy particular en esa relación, ya que se trata de proporcionar conocimientos a un novicio. Éste por definición, está lejos de poseer el modelo canónico que estaría en relación con las experiencias. Por naturaleza, la situación didáctica exige un inicio y un final que no existe en la ciencia erudita. Según el tipo de corte que se selecciona, se crea, según estos autores, una epistemología particular al sistema escolar. Si por ejemplo, se decide partir de la experiencia, se deberá presentar ciertas características como datos independientes de la teoría que se desarrollarán según su propósito.

La cuestión está ahora en saber cuál es la visión de la ciencia que conviene presentar. No hay proposición unánime de un modelo de actividad científica. No hay un método a privilegiar. "Cualquiera que sea la inconmensurabilidad del lenguaje teórico de la ciencia en relación al lenguaje de observación, lo propio del conocimiento científico es poder definir reglas de correspondencia que permitan interpretar la experiencia en el lenguaje de la teoría y referir los conceptos teóricos a observables..." (Kahn, 1988, p. 68).

La Analogía como Concepto de Base del Modelo

El concepto de base que fundamenta la producción del modelo es la analogía (Bachelard, op. cit). Para este autor, el concepto de analogía y el concepto de modelo deben ser distinguidos uno del otro, no como conceptos extraños, sino como conceptos conexos que no tienen el mismo rango epistemológico. Por ejemplo, los modelos moleculares tienen como soporte la analogía con los modelos espaciales (por ejemplo, la representación geométrica molecular de los enlaces químicos covalentes, es decir, representación realizada con esferas y varillas), los modelos compactos (por ejemplo, la representación de los cristales polares)... Lo que quiere decir, que cuando se habla del modelo molecular, es necesario distinguir el modelo real científico de aquel de su *materialización*. Esta distinción puede ser explicitada con la utilización de un vocabulario específico para cada uno de los niveles: *Teoría, Modelo, Materialización del Modelo, Campo Experimental de Referencia*. Por ejemplo, la palabra "molécula" puede ser utilizada cuando se habla del modelo molecular de la materia desde un punto de vista científico y la palabra "cilindros", "bolas", "esferas", entre otras, cuando se hace referencia a los elementos considerados para representar a las moléculas:

Para el físico, un gas es un conjunto de moléculas. Esas moléculas tienen las tres propiedades siguientes.... Entre dos moléculas no hay materia, no hay gas, no hay aire.... Las moléculas que constituyen el gas pueden desplazarse en todo el volumen disponible.....(modelo científico).

.... entre los pequeños cilindros que se agitan, hay aire, efectivamente, ciertos cilindros que se encontraban en la parte izquierda, se desplazan hacia la parte derecha que no contenía nada.....(materialización del modelo científico).

[Texto tomado del escenario del film de Quintana de Robles, *Le Marechal y Robles*, 1995)]

El modelo por similitud o por analogía es la realización concreta de un fenómeno donde las medidas proporcionan los resultados de un fenómeno a otra escala o de otra naturaleza. Esta polivalencia concreta

es fundada en una polivalencia teórica y es esta última quien legitima la sustitución de un estudio experimental complicado por otro más accesible (Bachelard, op. cit. p. 7). La construcción de un modelo se efectúa apoyándose sobre el proceso de analogía que permite relacionar la realidad a un dominio más restringido pero abordable por el espíritu humano. La analogía permite la movilización de conocimientos anteriores la cual se efectúa por la proyección de las relaciones del dominio "fuente" (conocido) sobre el dominio "objetivo" (desconocido). En este sentido, es importante propiciarles a los alumnos las condiciones que les permitan pensar de manera analógica haciendo la distinción entre un nivel (modelo) y otro (materialización de ese modelo).

Es muy común en los estudiantes pensar, por ejemplo, que los modelos moleculares son modelos "a escala", es decir, gérmenes de modelos sobre los cuales, según el nivel de enseñanza y de explicación deseada, pueden incorporarse otras propiedades, otras relaciones, entre otros aspectos. En este caso, los modelos moleculares son modelos analógicos, y el hecho de que ellos sean, por ejemplo reducidos, a bolas unidas por varillas o a pequeños cilindros, no significa que esos elementos adquieran las propiedades reales de las moléculas. Las moléculas no son justamente esferas ni cilindros. Es el rol del profesor ayudar a los alumnos a distinguir los dos niveles, presentándoles las limitaciones de tal modelización (es comunicación didáctica).

Los pintores y los escultores no se contentan con una descripción de su modelo, ellos tienen necesidad de verlo, de introducirse en él; desde Miguel Ángel hasta Van Gogh, el genio nace de la observación del modelo, ya sea que se le dé forma a un cuerpo o que se delire frente a un paisaje; entonces, ¿por qué los alumnos deberían contentarse con algunas frases o fórmulas para comprender los modelos de la Física?

La modelización en la enseñanza de las ciencias

...La modelización es una herramienta de mediación privilegiada entre un fenómeno, su representación y explicación...

André Giordan

Cuando el hombre, cansado de observar el universo, se plantea la posibilidad de describirlo para comprenderlo, se puede decir que ha buscado reconstruir el mundo o al menos la parte que le interesaba. Para ello le ha sido necesario considerar dos niveles, el nivel del universo cotidiano y el nivel de su universo reconstruido. Estos dos niveles son puestos en correspondencia y esta actividad no es otra que una actividad de modelización. La modelización aparece entonces, como la puesta en relación de dos niveles de descripción de un mismo referente.

La didáctica por una parte y las ciencias cognitivas por la otra, intentan modelizar los aprendizajes para proporcionar la inteligibilidad. Las modelizaciones propuestas no son de la misma naturaleza, no tienen el mismo estado y no persiguen tampoco los mismos fines (Vergnioux, 1993). Para Vergnioux, las ciencias cognitivas pretenden ante todo, la formalización y sitúan su proyecto en un marco teórico más amplio que es aquel de la inteligencia artificial. Este autor considera que la didáctica, por su parte, procede más bien de manera pragmática, por el análisis de situaciones observadas, a la racionalización de esas situaciones a través de las tipologías o de las modelizaciones. El propósito es siempre la inteligibilidad pero, partiendo del campo práctico, su primera preocupación es el regreso a la práctica para esclarecerla y guiarla.

La modelización es una actividad central para las ciencias naturales que engendran modelos sucesivos, para rendir cuenta de los fenómenos

observados. La observación está en general, fuertemente influenciada por un modelo en curso de elaboración (Séré y Moppert, 1989, p. 32). Esta es una herramienta de mediación privilegiada entre un fenómeno y su representación (Giordan, 1987). En la enseñanza de las ciencias experimentales, los procedimientos de modelización son presentados como esencialmente voluntaristas, dependiendo del compromiso de sus promotores en una concepción constructivista de adquisición de los conocimientos y dentro de una ideología de desarrollo, ya sea de debate científico en la clase o de procedimiento científico como horizonte de las actividades de investigación propuestas a partir de un aprendizaje (Martinand, 1992; Johsua y Dupin, 1989). Actualmente, la modelización aparece cada vez más como un proceso central del funcionamiento del saber erudito en física. Sin embargo, la definición precisa de la noción de modelización no va en sí misma: es el didáctico quien designa lo que es modelización para él y entonces aspira una transposición, lo más fidedigna posible, al saber enseñado (Arsac, 1992). En efecto, si modelizar significa elaborar un modelo científico pertinente, desde el punto de vista de las teorías científicas actuales, entonces la modelización está reservada sólo a los investigadores. Hablar de modelización supone una actividad intelectual real, aún si ésta permanece parcial, guiada sobre ciertos puntos por el investigador quien propone las reglas del juego al atribuir una tarea precisa, fundada en una parte de acción, de observación y de deducción (Astolfi y Drouin, 1992).

La Actividad de Modelización. Su Interés

La modelización no se opone a la experimentación. Son dos procedimientos que se apoyan mutuamente. Toda experimentación puede llegar a una situación donde la solución necesite la construcción o el uso de un modelo e inversamente; la previsión hecha en el marco de un modelo, podrá ser verificada por la experimentación o la observación (Astolfi y Drouin, 1992, p. 69). La experimentación y la modelización no deben considerarse entonces como rivales, sino como complementarias, la primera es útil como prueba de una hipótesis, la segunda como

clave de interpretación. Los hechos experimentales, indispensables en el progreso de la ciencia, no pueden ser considerados separadamente; serían demasiado numerosos y no podrían ser memorizados, mucho menos enseñados.

Uno de los roles de la modelización es proporcionar al científico/docente de ciencias un medio de devolver los hechos experimentales a algunos principios y leyes que permitan organizar esos hechos, y de prever otros sin que se deje al azar el cuidado de descubrirlos. Host (1980) considera que la modelización aumenta de manera extraordinaria el poder de previsión de la ciencia, ya que un pequeño número de principios son suficientes para construir un dominio conceptual muy amplio.

El proceso de modelización permite a los alumnos una real toma en cuenta de los fenómenos y una interpretación constructiva. En efecto, en las actividades de modelización, los alumnos toman conciencia de que la construcción de un modelo es una actividad mental que debe seguir ciertas reglas de coherencia interna y de no contradicción con los fenómenos observados. En este mismo sentido, Astolfi y Drouin (1992) señalan que la modelización permite a los alumnos, no solamente comprender ciertos fenómenos, sino también prever el comportamiento de ciertos dispositivos, lo que no los conduce necesariamente a abandonar algunas interpretaciones ingenuas preexistentes. La comprensión de la estructura y del comportamiento de un dispositivo puede entonces convertirse en representaciones no científicas, las cuales, en este caso preciso, no son necesariamente obstáculo al dominio parcial de un fenómeno. Para estos autores, el rol de la modelización deviene modesto: destinado a responder a un problema local (o a varios) que no tiene solución fuera de este recurso; ésta no tiene la intención de desplazar el campo científico. Astolfi y Drouin consideran también que la existencia de varios modelos sobre un mismo referente da igualmente a la modelización un carácter más constructivo. En efecto, permite determinar la distancia existente entre un modelo y la realidad modelizada, cuidando la necesaria coherencia que debe existir entre los modelos y los efectos observables de la realidad representada. Es decir, la modelización cons-

tituye también un medio para los alumnos de tomar conciencia de las relaciones complejas entre teoría y experiencia.

El hecho que se deba frecuentemente modificar y aún rechazar un modelo, construyendo otro, no es una limitación de la modelización, sino por el contrario, representa una garantía de las posibilidades de autocorrección de un procedimiento, fundamentado en la construcción de modelos a través de diseños experimentales y/o la consideración de su coherencia con construcciones teóricas más vastas y mejor establecidas (Gil Pérez, 1987).

Los Diferentes Niveles de Modelización

Son tres los niveles considerados en el proceso de modelización: teoría, modelo y campo experimental de referencia (Tiberghien, 1994).

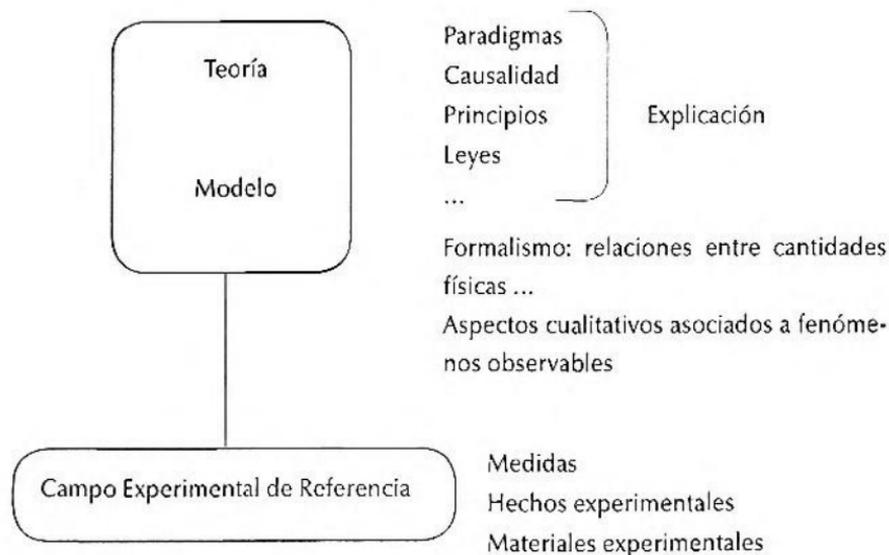


Figura 14. Una visión de la Modelización en Física según Tiberghien (1994)
(Traducción de los Autores)

Para Tiberghien (1993), **la teoría** corresponde al sistema explicativo de la modelización. Pertenecen a este nivel los paradigmas, en el sentido de que ellos representan el conjunto de creencias reconocidas que son compartidas por los miembros de un grupo de físicos; la causalidad, los principios de base subyacentes y los principios más específicos. **El modelo** consiste en formalismos y relaciones cualitativas y cuantitativas entre las magnitudes físicas. Las matemáticas formalizan el lenguaje esencial de este nivel. **El campo experimental de referencia** corresponde a las situaciones experimentales que pertenecen al dominio de validez de la construcción teórica (teoría + modelo) en juego en la modelización. Está constituido por los hechos experimentales, las indicaciones correspondientes a las medidas y los dispositivos experimentales. El lenguaje de este nivel corresponde a la descripción de los hechos experimentales en términos de **eventos** y de **objetos** utilizando un lenguaje natural con un significado mucho más preciso que aquel empleado en la vida cotidiana.

Tiberghien considera que un aspecto fundamental del saber en ciencia es su estado hipotético que implica procesos de validación y verificación específicos, los cuales hacen intervenir los tres niveles de la modelización. Por otra parte, modelizar supone, para Méheut y otros (1994), el apoyo en una descripción preliminar de los sistemas y fenómenos la cual se hace corresponder con una segunda descripción que corresponde a la simulación del fenómeno.

Además de los tres niveles propuestos por Tiberghien (1994), Quintana de Robles (1997) considera un cuarto nivel: **el modelo materializado**. Éste es la relación entre el modelo y su materialización en la simulación. Tal como lo expresa Bachelard (1979), el modelo materializado “muestra”, pero es una teoría abstracta quien da su justificación. La producción de modelos reducidos de la hidrodinámica por ejemplo, es justificada por la noción de similitud hidrodinámica (p.7). El modelo materializado puede ser definido como un conjunto de correspondencias analógicas entre un objeto teórico y un objeto construido, por ejemplo el modelo molecular (el modelo científico) que se tiene en la mente y la materialización de una molécula por pequeños cilindros que se tienen en la mano (es decir, que pueden tocarse). El modelo materializado es más fácilmente manipulable que el objeto construido. En

efecto, gracias a su funcionamiento y al juego de las operaciones que permite, se pueden obtener resultados aplicables al modelo científico.

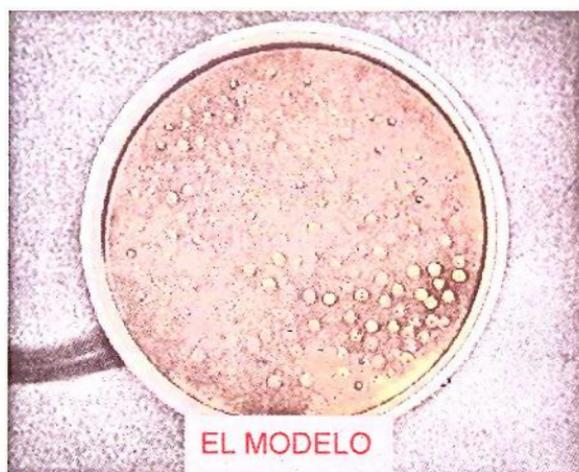


Figura 15. Materialización del Modelo Molecular de la Materia

El análisis de las relaciones establecidas por los alumnos entre los elementos de los niveles de modelización, aquí llamado actividad de modelización, permite un enfoque de la construcción del sentido a partir de la realización de una tarea (Tiberghien, 1994). Este análisis de las actividades de modelización reposa en el hecho de que la principal dificultad de los alumnos reside en el establecimiento de relaciones entre los niveles (Tiberghien y Megalagaki, 1995; Bécu-Robinault, 1997).

La modelización constituye pues, una actividad central de las ciencias experimentales que explícita o implícitamente, articula la enseñanza de estas disciplinas. Con la finalidad de acompañar al alumno en esta actividad y ayudar al docente en su enseñanza, se hace necesario construir soportes didácticos que tomen en cuenta la modelización, proporcionando así una ayuda que permita, tanto a los alumnos como al profesor, comprometerse con este procedimiento voluntario. Tal soporte deberá mostrar la multiplicidad de usos de un modelo simple, acompañado de algunas imágenes que permitan interpretar diversos hechos experimentales que pertenezcan bien sea, al mundo del laboratorio o a

la vida cotidiana. Será necesario igualmente establecer claramente una distancia entre el modelo y la realidad modelizada utilizándose un léxico propio de cada nivel, guardando cada uno su propia identidad. Por ejemplo, la técnica de incrustación de imágenes permitida por el video, aporta una nueva visión al aprendizaje de las actividades de modelización. La utilización de la simulación materializará el modelo, proporcionando así, al alumno, imágenes que le permitirán articular el universo real y el universo reconstruido del científico.



Figura 16. Articulación del Universo Real (nivel macroscópico) y el Universo Reconstruido del Científico (nivel microscópico) a través de la Simulación.

Uso de la Modelización para la Comprensión del Fenómeno Físico desde el punto de vista Macroscópico y Microscópico

Estudiar un objeto o fenómeno natural, en muchos casos, se debe hacer desde los puntos de vista macroscópico y microscópico: un trozo de hierro, el movimiento de un vehículo, el gas, la sal, un copo de nieve, etc.

El nivel macroscópico, es aquel que se encuentra en un plano de descripción visual o el estado en lo que se puede definir claramente el volumen, longitud o masa del cuerpo. Su explicación queda en un

plano de la mecánica clásica o la termodinámica que se ocupa preferentemente de sistemas macroscópicos. El nivel microscópico es un poco más complejo de analizar, ya que se trata de objetos o fenómenos que no están en el plano de la simple observación, no están a la vista, y su análisis o comprensión amerita la intervención de las teorías cuánticas, donde se interponen elementos como el átomo, molécula, electrones, protones, entre otros.

Diferentes trabajos de investigación han puesto en evidencia la dificultad presentada por los alumnos para articular los dos niveles de representación de los fenómenos: el nivel macroscópico y el microscópico. Lijnse (1990) considera que esta dificultad es probablemente debido a que los alumnos deben aprender a pensar en términos de un modelo que ellos no pueden ver y por ende no tienen necesidad de utilizarlo. El modelo molecular por ejemplo, ha sido construido por los físicos para explicar experiencias y fenómenos que, para ellos, no requieren el mismo nivel de explicación. Así mismo, Chomat y otros (1990) señalan que evaluaciones realizadas han permitido constatar una mala separación de esos dos niveles por los alumnos. Esas evaluaciones hacen aparecer razonamientos calificados de "paso a paso" por Chomat y otros (la influencia de una magnitud sobre otra) aún cuando eso se encuentre al interior de un mismo nivel de descripción o de un nivel a otro. Ellos consideran que del colegio a la universidad, aspectos pre-cuantitativos de esos modelos son mal dominados; ya sea sobre el plano de la coherencia interna de los modelos dinámicos, o sobre el plano de las relaciones entre magnitudes macroscópicas y aquellas características del modelo.

Es necesario, que esta articulación se sitúe, no solamente a nivel de los aspectos del saber en ciencias [teoría, modelo, modelo materializado y campo experimental (Quintana, 1997)], sino también entre las diferentes formas de representación: verbal, imagen, esquema, lenguaje matemático. En este sentido, Duval (1995) considera que el progreso de los conocimientos se acompaña siempre de la creación y del desarrollo de sistemas semióticos nuevos y específicos que coexisten más o menos con el primero de ellos, aquel de la lengua natural. Así la formación

del pensamiento científico es inseparable del desarrollo de simbolismos específicos para representar los objetos y sus relaciones. Este autor establece además, que deben ser tomados en cuenta para el estudio del desarrollo de los conocimientos, tres fenómenos: la diferenciación entre lo que se representa y lo representado, la diversificación de las representaciones semióticas y la coordinación entre los registros. Sería interesante tomar en cuenta, además de los niveles del saber, los registros semióticos ligados a la pluralidad de las representaciones empleadas en la enseñanza de las ciencias. Dentro de esta perspectiva, para estudiar el aprendizaje de la física, Bécu-Robinault (1997) puso en relación un conjunto de situaciones experimentales con el modelo y los sistemas de representaciones semióticas. Para esta autora, el sentido de los conceptos involucrados en la experiencia, es construido en la articulación de estos tres polos (Ver figura 17).



Figura 17. Aspectos Involucrados en la Construcción del Sentido de un Concepto en Física según Bécu-Robinault (1997)

Las imágenes en la enseñanza de las ciencias naturales

...Las imágenes son sensibles e inteligibles a la vez y como tales representan el nexo más fuerte que pueda existir entre las cosas y sus ideas...

Jean Amos Comenius

La utilización de la imagen en la enseñanza de las ciencias naturales no es nada reciente, así podemos encontrar que en el siglo XVII en Bohemia, Italia, el pedagogo Comenius, considerado por muchos el padre de la pedagogía por la imagen afirmaba: "...cuando queremos enseñar y no se disponen directamente de los objetos estudiados, podemos recurrir a las imágenes que los representan".

Numerosos trabajos han puesto el acento en el rol comunicativo de la imagen (Metz, 1970; La Borderie, 1972; Eco, 1972; Joly, 1993). Por ello el siglo XX fue considerado el siglo de la imagen y vio nacer una nueva comunicación que ha contribuido a la enseñanza científica. En diferentes disciplinas de las ciencias, las imágenes visualizan los fenómenos físicos que se producen en la naturaleza y ayudan a su interpretación y comunicación.

La literatura sobre la imagen como herramienta de enseñanza de las ciencias naturales, es particularmente pobre a pesar de que este medio de comunicación ha proliferado en el dominio científico. Se debe por lo tanto ampliar el campo bibliográfico con el fin de precisar el puesto que tiene la imagen en la enseñanza.

Los innovadores siempre se han interesado en la imagen como un medio de enseñanza. Sin embargo, el status y el rol acordado a este

soporte didáctico en la enseñanza no siempre ha sido el mismo. En los últimos años, la imagen ha sido utilizada, por una parte, en razón de su poder de convicción y de designación, y por otra, a causa de su capacidad supuesta de facilitar el aprendizaje. Pero ello, no siempre ha sido así. Antes de que la imagen se afirmara como un medio didáctico, pasó por una fase donde era considerada como un obstáculo al aprendizaje. Parece interesante entonces presentar algunas referencias que precisan estas fuentes de obstáculos. Tres referencias podrían resumir esta posición.

Para Bachelard (1996), la imagen es considerada como un obstáculo al acceso de un verdadero pensamiento científico. Para este autor la figuración de un concepto o de una noción, por esencia abstracto, es para los científicos un sustituto irrisorio y una representación sospechosa, representando un verdadero obstáculo.... "la acumulación de imágenes hace evidentemente torta a la razón, donde el concreto acopio sin prudencia hace obstáculo a la vista abstracta y neta de los problemas reales" (pág. 75)

En el mismo sentido, se encuentran las ideas de Tardy (1996), que se opone a la imagen en la enseñanza de las ciencias porque facilitan el imaginario y la fascinación, incompatibles con una cierta orientación metodológica del trabajo escolar.

Por el contrario, Piaget (1969) señala el poder de la imagen indicando la existencia de un léxico propio como especie de un verbalismo de la palabra. Remarca que puede ayudar por su potencia de movilización, al aprendizaje de conceptos, pero que ella no es, en sí misma, fuente de aprendizaje.

Paralelamente a esta concepción de obstáculo, se ha desarrollado un interesante estudio para la imagen. Un grupo de trabajos de investigación la han valorado con una perspectiva didáctica generadora de conocimientos.

Astolfi (1989), señala que la imagen es una excelente ayuda, indica que, puede ser considerada como una ayuda didáctica, en la medida que se refiera a un aprendizaje conceptual particular. Es didáctica y no

solamente metodológica, puesto que se refiere a la apropiación de un campo nocional particular de las ciencias.

En la misma sintonía, Duchastel, Fleury y Provost (1988), explican el rol que debe tener la imagen en didáctica. Estos autores proponen tres roles: Un rol atencional (que puede motivar;) un rol explicativo (que puede facilitar la comprensión) y un rol retencional (que puede ayudar a la memorización). En consecuencia, se puede concluir que es una fuente introductora de conocimiento científico, llegando a clarificar una explicación verbal haciéndola más comprensible para el estudiante.

Por su parte Jacquinet (1977) considera que la imagen favorece en el alumno una autoconstrucción del saber en práctica. Para Martins (1990), este soporte puede facilitar la comprensión de conceptos y de nociones gracias a la ilustración de lo abstracto. Not (1979) sostiene una posición favorable en cuanto a los aportes de la imagen en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Considera que una de las condiciones fundamentales para que la adquisición del conocimiento se produzca, es la capacidad del individuo a reconstruir a nivel de sus estructuras mentales, las propiedades reales de los objetos o fenómenos naturales. En este sentido, las imágenes externas pueden ser utilizadas en función de la materia científica a enseñar, pero teniendo en cuenta las características del soporte utilizado en relación a los objetivos didácticos fijados. Por otra parte, Gay y otros (1996) consideran que la imagen en una situación de clase de ciencias permite al profesor y a los estudiantes tener una nueva fuente de referencias comunes y de compartir más fácilmente un mismo lenguaje. Para Martins (1990) la puesta en escena del saber moviliza el conocimiento del estudiante y lo invita a desarrollar operaciones intelectuales complejas, que concluyen en la reconstrucción simbólica del objeto representado. Esto pone en evidencia que la riqueza del trabajo intelectual desarrollado a partir del soporte imagen presenta límites pero, sin embargo, puede ir más allá de la función de memorización o de motivación.

Parece, entonces, interesante utilizar la imagen como una herramienta en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, dada

la capacidad de movilización perceptiva, afectiva y motivacional reconocida al lenguaje de las imágenes. Como lo dice Duchastel y otros (1988), "la imagen juega un rol de complemento didáctico donde la función es precisamente la de favorecer la comprensión y la retención de informaciones verbales comunicadas."

En sintonía con lo anterior afirma Tossi (1993), que las imágenes permiten presentar y explicar todos los fenómenos o situaciones que son necesarios mostrar para la enseñanza científica, o cuando las palabras son ineficaces o sólo pueden dar una idea vaga e imprecisa de la situación. Afirma, por otra parte, Joly (1993) que las imágenes externas pueden servir de sustituto razonado de lo inobservable. Las imágenes imitan, más o menos correctamente, un modelo y/o pueden dar la ilusión de la realidad, sin verdaderamente serlo.

Unidos a esta idea, se plantea que las imágenes pueden tener un rol fundamental para la construcción de una interpretación de los fenómenos naturales:

- a) Por la posibilidad de mostrar en clase fenómenos naturales.
- b) Por no respetar el orden cronológico de las experiencias efectivas, la imagen puede servir para la representación simultánea de dos mundos diferentes: el de los objetos y eventos y el del modelo y su materialización.
- c) Porque posee la propiedad de la doble comunicación (la redundancia) discurso e imagen. La imagen aparece como una forma de interacción imagen-discurso-hombre, donde la imagen y discurso juegan un rol fundamental en la comunicación y aprendizaje de nuevos conocimientos.

En este sentido, Robles (1997) plantea que es importante el uso de la imagen en situaciones físicas donde se hace necesario simular el fenómeno en estudio, para ello sostiene que las imágenes en movimiento o audiovisual son importantes para mostrar una simulación microscópica y dinámica de la propagación del sonido. Cuestión importante ya que la imagen en movimiento permite presentar y explicar todos los fenómenos o situaciones en las cuales los elementos dinámicos juegan un

rol fundamental en la enseñanza de la física o cuando la palabra resulta ineficaz o sólo puede dar una idea vaga o imprecisa de la situación, haciendo incomprensible el fenómeno que se desea enseñar. Tal aseveración es reafirmada por Otero (2003), al señalar que en un análisis de textos es imperativo describir, cuáles son las características de las imágenes externas más empleadas y de las estrategias de visualización utilizadas, adoptando un estilo icónico o esquemático, que permita describir las relaciones entre imágenes e información verbal.

Sin embargo, es importante destacar que las imágenes no pueden ser utilizadas como argumentos visuales, para convencer al estudiante de la veracidad de lo expuesto, (Valladares y Perales, 2002). No se debe caer en el uso y abuso de la imagen, porque se caería en la ambigüedad llevando a un aprendizaje nulo; la imagen es un recurso polisémico, el cual es necesario utilizar bien para no crear concepciones alejadas del criterio científico.

Es bueno considerar que las imágenes no constituyen una solución definitiva en la enseñanza científica, es necesario definir algunos criterios o características en la enseñanza de las ciencias. Al respecto propone Perales (2008):

- a) No se deben considerar las imágenes como meros objetos contemplativos, antes al contrario, se ha de trabajar sobre ellas observándolas, modificándolas, criticándolas, sustituyéndolas... La nueva sociedad de la información presente en la vida de nuestros jóvenes requiere una capacitación específica que desemboque en una verdadera alfabetización científico-visual acorde con su peso específico en dicha sociedad.
- b) La gran diversidad de imágenes presentes en la educación formal e informal exige una rigurosa selección de las mismas en función de los objetivos educativos planteados, sin descartar el uso de distintos tipos de imágenes para representar un mismo hecho científico.
- c) Existe una tendencia a sustituir la manipulación real de objetos por imágenes estáticas o dinámicas, entre las cuales los

programas de animación o simulación poseen un protagonismo creciente. Su utilización puede ser didácticamente útil cuando se cumplen determinadas condiciones, pero siempre y cuando no constituyan la única fuente de aprendizaje en detrimento del contacto real del estudiante con su entorno.

- d) Se hace preciso indagar de un modo exhaustivo, en las 'ideas previas o concepciones' que los estudiantes mantienen sobre los códigos gráficos empleados habitualmente en sus canales de información, y en los modos de reconducirlas en el caso de que difieran de las correctas.

Una de las principales funciones de las imágenes simbólicas en el conocimiento científico, es la de constituir un medio de representación de dicho conocimiento a través del proceso de modelización, por lo que debiera potenciarse su uso teniendo presente una clara separación entre los planos real, teórico y simbólico. Ello implica recuperar las imágenes preexistentes pero también formas alternativas.

Interacción Texto – Imagen

Los estudios acerca de la relación imagen-discurso es muy reciente, por lo que su teoría es muy escasa; sin embargo los trabajos de Bernabeu (2002) y Gutierrez (2012), podrían resumir una aproximación objetiva de lo que se está realizando actualmente en este campo.

Cuando se habla de la relación que se puede establecer entre la imagen y el texto o discurso de acompañamiento, puede ocurrir que exista preponderancia del texto sobre la imagen o viceversa o que ambos se complementen, lo cual permite que el sentido esté dado por la combinación de ambos elementos, estableciendo diferentes relaciones, tal como lo señala Bernabeu (2002):

- a) Relación de apoyo o anclaje. El texto sirve de apoyo a la imagen: El texto fija y concreta el significado de la imagen: por un lado contribuye a una correcta identificación de la realidad

representada; por otro, ayuda a descodificar correctamente las connotaciones de la misma, disminuyendo su polisemia.

- b) Relación de parasitismo: Se produce cuando uno de los dos impone su significado, anulando al otro;
- c) Relación de simbiosis: Es la de enriquecimiento entre texto e imagen. El texto y la imagen se aportan mutuamente nuevos significados, tanto connotativos como denotativos.

Señala esta misma autora que pueden producirse casos en que se produzca una contradicción entre la imagen y la palabra, creando conflictos que crean extrañeza en el lector, obligándolo a producir su propia interpretación.

Por otra parte, indica Gutiérrez (2012), en la combinación texto-imagen produciendo un mismo mensaje, se hace necesario tomar en cuenta la cantidad de palabras frente a la imagen o cantidad de imágenes frente al texto, para lograr entender el mensaje total que se quiere definir.

Cuando el sentido de la imagen sea fehaciente y fácilmente identificable con un objeto, se puede decir que hay mayor tendencia a la iconicidad, conllevando a la significación del valor de identidad de lo representado con respecto de la realidad. Una imagen será puramente icónica cuando muestre un fragmento de la realidad, tal como pueda aparecer ante nuestra visión normal, bajo aspectos simples, cotidianos, etc. Como caso contrario, aparece la abstracción, lo que significa que lo mostrado es distinto a la visión ordinaria de la realidad.

Otro caso interesante, se refiere a la monosemia o polisemia de la imagen, donde el significado de la imagen es obvio, señalando un mensaje claro y sencillo. Cuando su significado es más complejo induciendo varios significados, estamos en presencia de la polisemia, lo cual es necesario reducir a través del discurso.

También es necesario conocer los niveles de connotación y denotación de la imagen, en la primera se hace una visión literal de la imagen, en el segundo caso se refiere a los mensajes no explícitos que

aparecen en una lectura compleja de la imagen. Se trata de la interpretación que realiza el lector. Muchas imágenes poseen un alto grado de connotación.

El Vídeo como Soporte Didáctico para la Enseñanza y el Aprendizaje de la Ciencia

La utilización de medios audiovisuales en todos los campos del saber no es una novedad. Muchas investigaciones hacen énfasis sobre el efecto positivo de la lengua y específicamente del medio audiovisual en los procesos de enseñanza y aprendizaje; sin embargo, son muy pocas las que han puesto en evidencia la complejidad del lenguaje fílmico y su efecto sobre el aprendiz, menos aún en el marco de la enseñanza y del aprendizaje de la ciencia. Los autores consideran que lo audiovisual es un sistema portador de un mensaje complejo, donde el alumno tiene la triple posibilidad de interpretar: sea con las imágenes, con el discurso que acompaña el documento o bien, produciendo una interpretación donde el origen sea una mezcla del mensaje icónico y verbal, lo que lo convierte en una fuente generatriz de conocimiento y en consecuencia en una herramienta interesante de utilizar en el proceso instruccional, visto su capacidad de movilización perceptiva, afectiva y motivacional y al rol de complemento didáctico, donde la función es, precisamente, favorecer la comprensión y la retención de las informaciones verbales comunicadas (Astolfi, 1989; Duchastel, Fleury y Provost, 1988; Jacquinet, 1977; Martins, 1990).

El discurso, por naturaleza, impone un orden de presentación de las ideas, ya que se enuncia de manera lineal y unidireccional. Este orden está íntimamente ligado al sentido del discurso. La lectura de una imagen, al contrario, deja una gran libertad a aquel que la descubre, y el sentido que pueda extraerse es de hecho menos fácilmente impuesto por su creador. En el caso de un film, cada imagen podría ser leída y decodificada libremente por el espectador si el desarrollo del film deja el tiempo para ello; se da raramente el caso que el realizador impone,

por el orden en el cual hace desfilan las imágenes, una cierta construcción del sentido. Desde ese punto de vista, el film posee en parte los atributos de libertad de lectura y de imposición dado por el orden de presentación de las ideas.

Para Piaget (1969):

la imagen, el film, los procedimientos audiovisuales, son auxiliares preciosos a título de ayudantías o apoyos mentales y es evidente que representan un neto progreso en relación a una enseñanza puramente verbal. Existe un verbalismo de la imagen así como el verbalismo de la palabra, y confrontados con los métodos activos, los métodos intuitivos no hacen sino sustituir, cuando ellas olvidan el primate irreducible de la investigación personal o autónoma de la verdad, ese verbalismo es más elegante y refinado que el verbalismo tradicional" (p.110).

Este autor afirma que una pedagogía fundada en la imagen, enriquecida por el dinamismo aparente del film, deviene inadecuada a la formación del constructivismo operatorio, porque la inteligencia no se reduce a las imágenes de un film. "El conocimiento no es el hijo de la percepción; sin duda la imagen puede ayudar por su potencia de movilización pero ella misma no es fuente de aprendizaje." (Piaget, J. Citado por Mottet, 1996 a. p.4).

Por el contrario, Not (1979) adopta una posición más favorable en relación con el aporte de lo audiovisual para los procesos de enseñanza y aprendizaje. Este autor considera que una de las condiciones fundamentales, para que la adquisición de los conocimientos se produzca es la capacidad del individuo para reconstruir a nivel de sus estructuras mentales, propiedades reales de los objetos. El individuo debe así recorrer, en sentido inverso, el camino hecho para la elaboración de las escenas que han dado origen al film. En este sentido, los mensajes audiovisuales no solamente pueden ser empleados en función de la materia a enseñar, sino también teniendo en consideración las características del soporte utilizado relacionados con los objetivos pedagógicos establecidos.

El video es para Astofi (1989) una ayuda pedagógica, en la medida de que ésta se refiera a un aprendizaje particular. Este autor señala que es pedagógica, y no solamente metodológica, ya que se articula alrededor de la apropiación de un campo de nociones particulares. Considera que el video no es verdaderamente una ayuda pedagógica si el ritmo de observación de los documentos video es controlado por aquellos que observan.

Una de las principales críticas hecha al video es la pasividad de los espectadores unida a la imposibilidad de interferir en el curso del mensaje transmitido. Para reconciliar la imagen y la actividad, Mottet (1996,b) propone tres ideas: (1) la actividad del sujeto puede ser extendida a las imágenes; (2) una imagen no se lee de la misma manera según el contexto de actividad en el cual se sitúa, y (3) la actividad relativa a las imágenes no está completa hasta tanto ésta no recaiga sobre una expresión o una acción que la objective y la manifieste. Este autor considera que la actividad relativa a las imágenes, puede tomar diversas formas según se trate para el alumno: de leer las imágenes, de modificarlas o de producir.

La aparición constante de nuevos medios de difusión (telecomunicaciones espaciales, CD, televisión por cable....) hacen cada vez más variadas las situaciones posibles de aprendizaje (Jacquinot, 2012). Con esta visión, Viel y Lefevre (1989) señalan que actualmente, gracias al desarrollo de nuevas tecnologías de comunicación, donde lo audiovisual es el principal actor semántico, la formación se ve dotada de otras ayudas didácticas cada vez más eficaces y decisivas para su evolución.

Film y video han invadido nuestro medio, en particular, gracias a la televisión que difunde simultáneamente de 6 a 40 programas según los equipos de cada hogar. La escuela ha permanecido alejada de esta explosión, utilizando con parsimonia el video. Además, la introducción de la modelización ha sido poco tratada en términos audiovisuales en el seno de los establecimientos escolares.

El film, específicamente en el marco de la técnica video, ofrece la posibilidad para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: (a) de

suplir los límites de los sentidos en la observación de fenómenos que, por su velocidad, son demasiados rápidos o muy lentos para poder ser percibidos solamente con el ojo; (b) presentar simulaciones sobre fenómenos difíciles de comprender por los alumnos; (c) facilitar el acceso y la expresión de elementos difícilmente expuestos con el solo lenguaje verbal. El film favorece la comprensión de los alumnos ya que les permite ver al mismo tiempo lo que se explica, lo que los conduce a concentrarse sólo en la comprensión del contenido más que sobre la investigación de lo que es necesario comprender, por ejemplo, imaginar lo que se dice. Esta técnica permite a los alumnos estructurar lo que ven. En ese sentido, Duchastel y otros (1988), consideran que la imagen juega un papel de complemento didáctico donde la función es precisamente favorecer la comprensión y la retención de las informaciones verbales comunicadas.

Las imágenes en movimiento constituyen una base de referencias comunes a un profesor y a sus alumnos para resolver juntos problemas y hablar un mismo lenguaje (Gay y otros, 1996). En el caso de un profesor que presente la imagen dinámica de un modelo físico con la ayuda del video, se puede esperar que el docente y los alumnos tengan en común imágenes mentales más próximas que si los alumnos hubiesen tenido que construir una representación del modelo a partir de una presentación solamente verbal del docente.

Como lo resalta Bandura (1980), el individuo es capaz de extraer modelos de comportamiento a partir de la observación de otros individuos en situación. Este análisis activo de la realidad que entorna al sujeto, le permite elaborar una representación que, aún siendo parcial e incompleto, le permitiría establecer un primer contacto con el objeto. Una vez determinada la interacción, la práctica proporcionará las condiciones al individuo para ajustar, reglar, mejorar o confirmar los modelos de salida.

Para Jacquinet (1984), el video permite también reproducir el desarrollo de un evento, la ejecución de un procedimiento o la evolución de un fenómeno. La característica de esta reproducción sería mostrar un

desglose de la realidad en la cual, la distancia con el desarrollo real de esos contenidos es reducida.

Martins (1990) señala que, gracias a la utilización de ese soporte, se puede provocar en el estudiante los siguientes efectos: sobre estimulación sensorial, activación de la comprensión de conceptos gracias a la ilustración de lo abstracto, sensibilización al tema e implicación más intensa del individuo en el proceso de aprendizaje por la vía de la llamada a lo imaginario.

Tres roles son atribuidos por Duchastel y otros (1988) a la imagen: un rol de atención (puede servir para motivar), un rol explicativo (puede facilitar la comprensión) y un rol de retención (puede ayudar al recuerdo eventual). El rol explicativo es el más didáctico de los tres ya que la imagen pretende clarificar una explicación verbal rindiéndola más inteligible para el alumno. Para esos autores, esos roles no están ligados a la forma de la imagen y una imagen particular no tiene necesariamente un rol único en una situación dada. Una imagen particular puede entonces tener más de un rol a la vez actuando sobre diversos procesos cognitivos. Para Sanner (1983), Drouin (1997), la imagen ejerce naturalmente sobre el estudiante una doble implicación: Por una parte, *el pensamiento operacional* (en el plano del intelecto) es el motor que permite apropiarse del saber; y por la otra, *la afectividad* (en el plano del afecto) proporciona la energía indispensable al motor para toda actividad de conocimiento. El impacto afectivo de la imagen constituye una fuente de motivación para el aprendizaje; para el individuo es tan significativo como los eventos (Cornelius, 1977; Jacquinet, 1985; Giordan, 1987; Giordan, 1988). Esta doble implicación confiere a la imagen una acción más global en los procesos de enseñanza y aprendizaje que no es precisamente el concepto.

Como puede constatarse, los principales aportes del video están frecuentemente sesgados hacia la ilustración o la ayuda a la motivación o a la memorización; sin embargo, Martins, (1990) estima que la escenificación del saber moviliza las adquisiciones del aprendiz y lo invita a desarrollar operaciones intelectuales complejas, que llevan a la recons-

trucción simbólica del objeto representado. Esto pone en evidencia que la riqueza del trabajo intelectual desarrollado a partir de los soportes audiovisuales presenta límites, pero puede ir más allá de la función de memorización o motivación. Es posible entonces, que la percepción visual sea generadora de conocimiento. Por otra parte, como lo destaca Mottet (1996a), las actividades relacionadas con imágenes contribuyen no solamente a dar sentido a los conocimientos memorizados y a contextualizarlos, sino también a estructurarlos. Por los contenidos diversos, las imágenes permiten asociar los conceptos, trazas figurativas y anclajes contextuales que los enriquecen en comprensión y les abren nuevos campos de aplicación y por las configuraciones estructurales, que los distinguen a la vez de la percepción directa y del lenguaje verbal, éstas hacen aparecer nuevas relaciones, nuevas formas que pueden inducir organizaciones o reorganizaciones conceptuales.

En efecto, el alumno tiene necesidad de tener una "imagen de referencia" que permita movilizar puntos de referencia sobre los cuales serán articulados los nuevos conocimientos. El video puede proporcionar elementos para la elaboración de esta representación mental pero nada reemplaza, parece ser, el contacto directo con la realidad concreta (Malglaiwe, 1990).

Se considera interesante la utilización del video como un soporte didáctico para la modelización del saber en ciencias, dada la capacidad de movilización perceptiva, afectiva y de motivación reconocida al lenguaje audiovisual. Más precisamente en este caso, la imagen dinámica, juega un rol de apoyo del mensaje verbal, como es el caso de la imagen fija (ilustraciones acompañadas de un texto) en la mayoría de los manuales escolares. La imagen dinámica difiere de la fija por la cantidad superior de información que ella proporciona. En este sentido, se puede pensar que el video puede tener un rol menos secundario en la comunicación que la imagen fija. En este mismo orden de ideas, el video permite construir, de manera controlada, un conjunto de conocimientos interrelacionados para ser presentados a los alumnos. Este soporte brinda también la posibilidad de presentar simulaciones referidas a ciertos comportamientos de fenómenos físicos como por ejemplo el molecular,

que en una sesión normal de clase, tomaría mucho más tiempo para presentarla por la instalación de los aparatos, puesta en funcionamiento del simulador, reglajes.... Por otra parte, el video permite hacer referencia e insistir sobre aspectos dinámicos de estos comportamientos. Otro aspecto que parece interesante, en relación con la utilización del video, es la posibilidad de utilización del efecto de superposición de las imágenes. En efecto, gracias al video se es capaz de mostrar simultáneamente la experiencia y su simulación. Esto significa que, desde el punto de vista del saber, dos niveles de modelización pueden ser evidenciados al mismo tiempo: el nivel de los objetos y de los eventos y el nivel de la simulación, por ejemplo. Es interesante mostrarlos simultáneamente ya que una parte del aprendizaje de las ciencias pone en juego relaciones entre niveles.

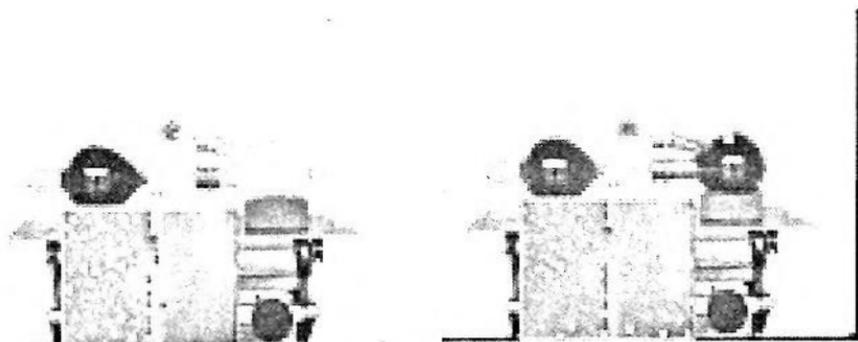


Figura 18. Relación entre dos niveles de modelización: Modelo y Campo Experimental. Imágenes tomadas del film sobre la expansión de un gas (Quintana de Robles, M; Le Marchal J-F y Robles, A. 1995).

Los aporte de la informática en ciencias experimentales

*... No necesito saberlo todo, tan sólo necesito
saber dónde encontrar aquello que me hace
falta, cuando lo necesite ...*

Albert Einstein

El estudio de la ciencia pretende estimular en el alumno, el aprendizaje de las operaciones mentales necesarias para la interpretación de fenómenos y de procesos, la familiarización con la utilización de la metodología científica y con el lenguaje de la disciplina. Es por ello que es necesario aplicar estos conceptos fundamentales, leyes, principios físicos y químicos, al medio en el cual se desenvuelve el educando. Ello permitiría asimismo al alumno, la emisión de sus propios juicios, la toma de sus decisiones y la resolución de los problemas de su vida cotidiana. Así, se le garantizaría el logro de un aprendizaje más significativo y acorde con sus necesidades cognitivas reales.

En este sentido, no conviene presentar al alumno los conocimientos de manera enciclopédica que memorice y en donde los procesos de enseñanza y aprendizaje sean utilizados para inducir al alumno a recordar el esquema del conocimiento a ser aplicado; sino más bien, este proceso debe aparecer como el resultado de la interiorización de la estructura del pensamiento a través de un aprendizaje que permita reorganizar y transferir el acto mental previamente interiorizado.

Para la enseñanza de la ciencia, las actividades experimentales tienen un interés esencial, en la cual la experiencia directa no debería en ningún caso ser sustituida. Es necesario que los alumnos toquen realmente con la mano la realidad física de las sustancias, materiales, montajes y aprendan a superar las dificultades de su utilización.

Cernesse (1991) afirma que todos los análisis confirman una excelente memorización de lo que se hace con las manos por un lapso de quince años, o más, mientras que el olvido recubre los conocimientos provisionales obtenidos por el sólo discurso magistral.

Los trabajos prácticos hacen ganar tiempo ya que la comprensión se encuentra mejorada enormemente por los enunciados de ejercicios y problemas que devienen realidades concretas y, finalmente, a causa de la memorización inmediata que economiza largas repeticiones estériles. Es por ello, que las manipulaciones que van a ser efectuadas por los alumnos deben ser objeto de una preparación minuciosa por parte de los enseñantes.

Sin embargo, a pesar de la importancia que tienen los trabajos prácticos para la enseñanza de la ciencia, estos son guiados por especies de fichas experimentales que en algunas ocasiones, no son lo suficientemente claras, y además, los profesores, relativamente poco numerosos, no pueden satisfacer las necesidades de la totalidad de los alumnos. Todo esto trae como consecuencia, que el alumno no llegue a obtener los resultados deseados, cuando quiere pasar de la teoría a la experiencia de laboratorio. El alumno encuentra mucha dificultad durante la realización de los trabajos prácticos.

Algunos investigadores [Bouysset, Kraemer y Viel (1985); Viel y Lefevre (1989); Tiberghien y otros, (1992); Serra, Tropis y Bouysset (1993); Psillos, Niedderer y Vincentini (1997); Quintana (1997), Buty, (1997); entre otros], consideran que una solución alternativa a la utilización de estas guías de laboratorio elaboradas por el profesor para la realización de las prácticas en la Educación Secundaria puede ser la utilización de sistemas interactivos multimedia. Estos sistemas pueden constituirse en herramientas importantes para ayudas colectivas o individualizadas.

En efecto, la autoformación y la tele-enseñanza utilizando los medios modernos basados en los multimedia y las telecomunicaciones, parecen prometer un gran futuro (Bates, 1990; Derycke, 1991). Las justificaciones no son sólo de orden material y financiero, sino también

de orden didáctico (autonomía del estudiante, devolución). En este tipo de enseñanza, uno de los vértices del triángulo didáctico, el maestro, está ausente, bien porque es remplazado por la máquina o bien porque es deportado geográficamente (en un lugar diferente) o temporalmente (el diálogo con el alumno se hace en tiempo diferido). En las disciplinas donde el verbo es el medio esencial de comunicación, estos métodos no parecen presentar grandes problemas, ya que el diálogo se hace siempre por medio del texto. Es sobre todo, en ciencias experimentales que esto se realiza de otro modo; es decir, el aprendiz debe realizar tareas materiales (experiencias), donde la relación habitual entre el alumno y el docente utiliza los cinco sentidos: el oído, la vista tetradimensional (espacio y tiempo: la observación de la evolución de los fenómenos), el tacto (la acción manual sobre la experiencia), el gusto y el olfato por ejemplo en química.

La particularidad de la autoformación en ciencias experimentales, utilizando una experiencia asistida por computador (EXAC), reside en el hecho de que el sistema tutorial debe apreciar la actividad del alumno en la realización de los trabajos de laboratorio. Se puede utilizar para ello la toma automática de datos en las experiencias. Es necesario que las investigaciones hechas por el computador puedan ser suficientemente precisas, sino el aporte didáctico corre el riesgo de ser negativo. Es necesario igualmente que el programa proponga una rica gama de situaciones experimentales diferentes, de manera de dar un grado de interactividad suficiente (Picard y Tropis, 1994). Picard y Tropis consideran que a pesar de que los sistemas expertos pueden aportar soluciones muy interesantes, se conoce, sin embargo, la dificultad de concepción de las aplicaciones a partir de tales sistemas, para llegar a resultados que frecuentemente carecen de generalidad.

En un protocolo de autoformación o de tele-enseñanza en ciencias experimentales, el aprendiz debe manipular solo el material de la experiencia. El control y la secuencia de su trabajo son efectuados, por la máquina (en autoformación o en tele-enseñanza), por una persona física (en tele-enseñanza), en este caso el tutor quien se encuentra durante el mismo tiempo (en tiempo real) o algún tiempo después (en

tiempo diferido) en otro lugar. El problema consiste entonces en dar a la relación profesor-alumno toda la riqueza aportada por la utilización de todos los sentidos, remplazándola por una transmisión de datos por vía electrónica. Es necesario encontrar un medio de sustitución para las acciones que no pueden ser hechas a distancia (tocar las experiencias, por ejemplo). Esto no pone en tela de juicio las prácticas didácticas y toda una metodología adecuada queda a definir y a experimentar.

Si se desea esquematizar la interactividad entre el profesor y el alumno durante una sesión de trabajo práctico, se puede decir que cada uno de ellos puede constatar y puede reproducir las acciones que el otro ejerce sobre la experiencia. El proceso es así idéntico para los dos, pero las motivaciones son diferentes. El aprendiz lo hace para entrenarse, el profesor para mostrar o controlar.

En una aplicación a distancia, el tutor y el aprendiz deben poder, cada uno de su lado, tomar el control de la experiencia del otro. Puede así imaginarse las siguientes situaciones:

- ❖ el tutor toma el control de la experiencia del alumno para mostrar,
- ❖ el tutor toma el control de la experiencia del alumno para evaluarlo,
- ❖ el alumno toma el control de la experiencia del profesor ya que no tiene el material a su disposición,
- ❖ el alumno toma el control de la experiencia del profesor ya que no sabe por sí mismo realizarla.

Esta toma de control pasa por la utilización de tres tecnologías: el pilotaje de experiencias, la transmisión de imágenes y la telemetría. Es necesario agregar la necesidad de un diálogo verbal sea por mensajería textual o por telefonía.

Todo ello necesita el empleo de puestos informatizados, uno para el tutor y otro para el aprendiz, unidos por el intermediario de una red pública de telecomunicaciones numéricas. Los puestos deben poseer las siguientes funciones:

- ❖ adquisición de medidas físicas y automatismos,
- ❖ adquisición y numerización de imágenes fijas o animadas,
- ❖ mensajería,
- ❖ transmisión de su analógico o numerizado,
- ❖ transmisión de datos en tiempo real o transmisión por ficheros,
- ❖ almacenamiento sobre el servidor para los diálogos en tiempo diferido,
- ❖ tutoriales especializados para el empleo en autoformación.

Descripción de un Sistema Interactivo Multimedia

Un sistema interactivo multimedia está basado según la Didacteca Regional-FERMI (1994), en (a) la gestión de recursos de puestos de trabajo como banco de imágenes (lector de CD, DVD,.....), interactividad material; (b) la gestión de las interacciones pedagógicas APRENDIZ-TUTOR (acceso a la función tutorial).

Está compuesto por dos módulos: explotación y concepción. Se puede utilizar el módulo de explotación solamente si hubo, al menos, una utilización del módulo concepción (un curso debe al menos haber sido creado para ser explotado).

El módulo concepción permite concebir y modificar los cursos a partir de bancos de imágenes y de bancos de datos, y de administrar el contexto del servidor (abonados, cursos disponibles). Este módulo está más particularmente destinado al (los) tutor(es), conector(es) de los cursos.

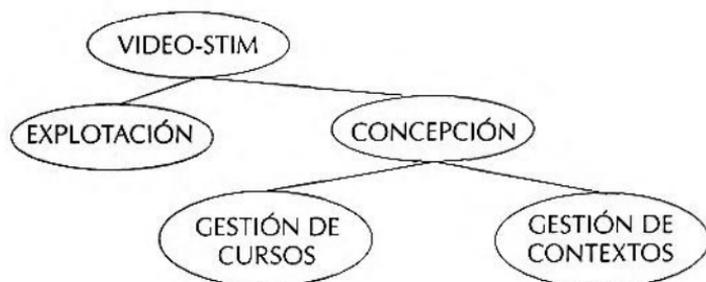


Figura 19. Módulo Concepción de un Sistema Interactivo Multimedia

El módulo explotación es utilizado cuando el aprendiz está en situación de auto-aprendizaje y cuando el tutor asegura la continuidad de la enseñanza. Por medio de este módulo, los tutores y los aprendices pueden conectarse y estar en situación de tutoriado.

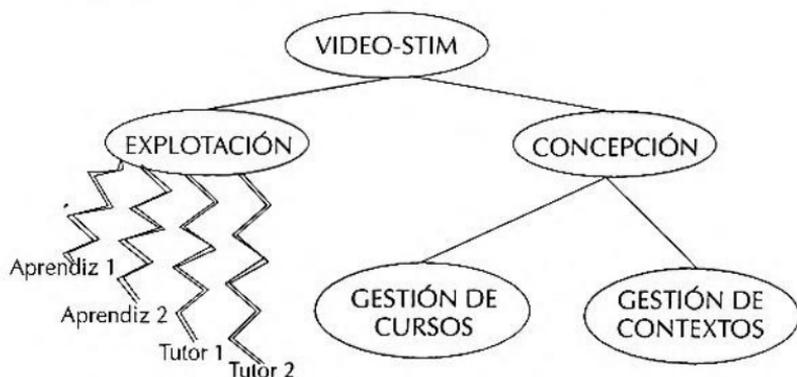


Figura 20. Módulo Explotación de un Sistema Interactivo Multimedia

Una estación de trabajo de un sistema interactivo multimedia está compuesto de los siguientes elementos:

- ❖ Un puesto de consulta, es decir, un computador compatible PC;
- ❖ Banco de imágenes, es decir, un lector de discos videos más una caja de pilotaje.
- ❖ Un monitor, es decir, un monitor video o un televisor.

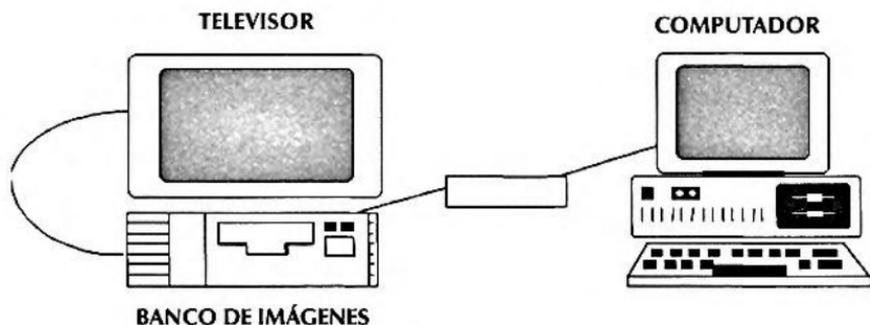


Figura 21. Estación de Trabajo de un Sistema Interactivo Multimedia

A partir de una estación de trabajo, el utilizador puede conectarse con un servidor que se encuentre ubicado exteriormente a la estación. Este podrá entonces, formarse recorriendo el banco de imágenes (video) al cual estará asociado un cierto número de informaciones complementarias multimediales; en caso de dificultades, el utilizador deberá contactar un tutor que se encuentre también conectado al mismo servidor.

Descripción de un Curso

El nombre de curso, según la Didacteca Regional FERMI (1994) (op. citada), está asociado a un soporte video. Aquí se utiliza un disco video, cada imagen está referenciada por un número: se puede entonces dirigir cada imagen por su número.

El curso está estructurado en capítulos. Un capítulo es una secuencia video, ella tiene entonces una imagen de inicio y una imagen de fin, es decir, un número de inicio y un número de fin.

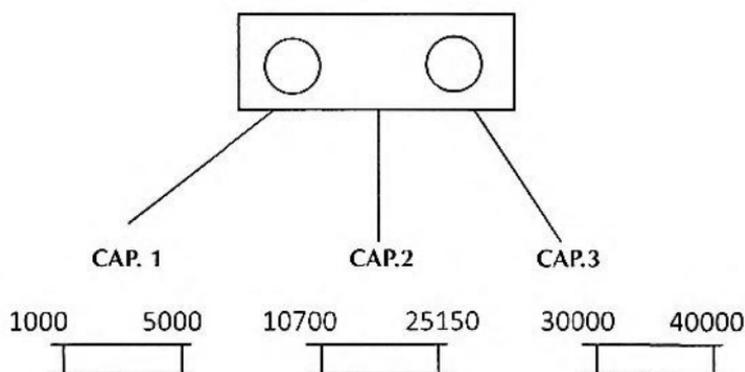


Figura 22. Banco de imágenes descompuesto en tres capítulos.

En realidad un capítulo está constituido de una secuencia video, de informaciones multimedia y de preguntas de control. El video se visualiza en la pantalla del monitor (televisión). Las informaciones multimedia se observan en el puesto de consulta: estas constituyen unas páginas multimedia llamadas ayudas, asociadas a una o varias partes de la secuencia video, o bien a la secuencia video completa, las cuales aparecen a solicitud del aprendiz. Una pregunta de control se exhibe en el momento que el aprendiz sobrepasa el borne vídeo al cual ella está asociada. El aprendiz no está obligado a responderla. Es posible encontrar una serie de preguntas por cada capítulo.

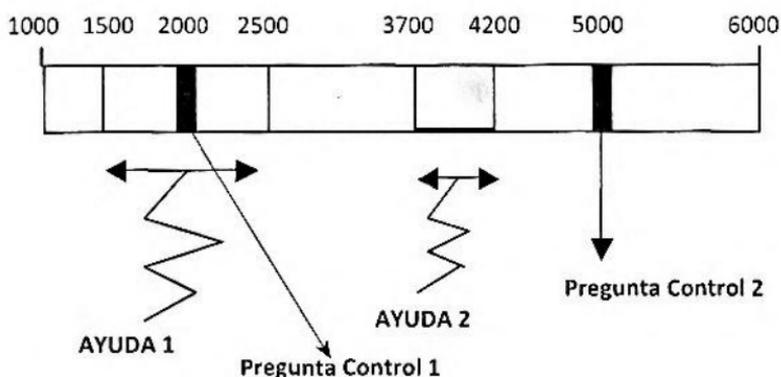


Figura 23. Estructuración de un capítulo en: secuencia video, informaciones multimedia (ayudas) y preguntas de control.

Las ayudas y las preguntas control son facultativas.

El Sistema Interactivo visto por el Aprendiz

El aprendiz se conecta al sistema a partir de su puesto de trabajo. Después de haber especificado su nombre y su palabra clave, debe seleccionar un curso entre todos aquellos que se encuentran registrados. Luego escogerá un capítulo relacionado con el curso. El sistema ubica entonces el banco de imágenes sobre el borne del inicio del capítulo

escogido. El aprendiz observa la secuencia video y puede pilotear con la ayuda del computador.

Si es necesario, se puede tener acceso a una ayuda estática bajo la forma de una página multimedia afichada sobre el computador. Es importante que esta página exista y sea asociada a una secuencia video que incluya la imagen a la cual el aprendiz haya solicitado esta ayuda.

Si el aprendiz lo desea puede igualmente contactar a un tutor conectado sobre el servidor. El contacto se hace por el intermediario de un correo multimedia. El aprendiz puede plantear una pregunta, dejar un mensaje, hacer un comentario. La solicitud del aprendiz es almacenada sobre el servidor y el tutor le responde en diferido.

Una o varias preguntas de control pueden ser planteadas al aprendiz. Este puede responder o bien continuar su curso.

El Sistema Interactivo visto por el Tutor

El tutor se conecta al sistema a partir de su puesto de trabajo. Después de haber especificado su nombre y su palabra clave, debe escoger un curso entre todos aquellos que se encuentran registrados. Entonces aparecerá la lista de preguntas que le han sido planteadas en relación al tema en cuestión.

La Modelización Didáctica con la Utilización de un Dispositivo Informático

Balacheff (1990) distingue tres tipos de modelización; por una parte, la concepción de un modelo construido por el didáctico; en general es un modelo no estrictamente simbólico (el autor hace referencia aquí a los modelos no formales) proveniente del análisis didáctico del comportamiento del aprendiz y de sus efectos. Por otra parte, a nivel del dispositivo informático, dos modelos: el modelo comportamental y el modelo epistémico, los cuales son calculados por la máquina. El

esquema presentado a continuación ilustra las relaciones entre estos modelos, de acuerdo a la percepción de Balacheff.

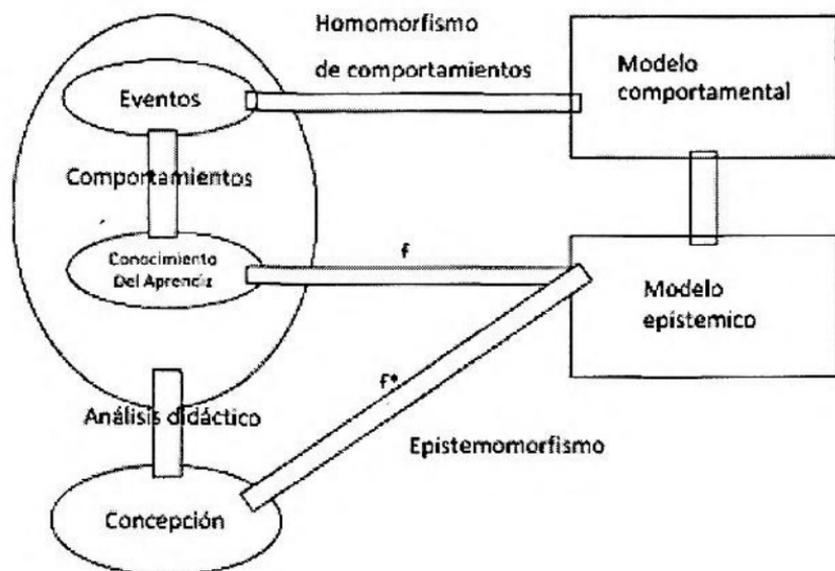


Figura 24. Relación entre los Modelos existentes a nivel del Dispositivo Informático según Balacheff (1990)

El conjunto de eventos es el conjunto de lo que es « observable » por el dispositivo informático, gracias a sus captadores, tales como por ejemplo los periféricos clásicos: teclado, ratón. El conjunto así constituido es singularmente más pobre que aquel accesible al observador humano, en particular el didáctico. En efecto, el didáctico tiene acceso a unos observables no verbales, relacionados con comportamientos intencionales o no, es decir, verbalizaciones inaccesibles al sistema. Él debe efectuar un desglose y una codificación de lo real, así ofrecido a su percepción, para producir el protocolo de estudio pertinente que someterá a su análisis. El conjunto de los eventos es definido por Balacheff (op. cit) limitando sus elementos a la información (la señal) captada por el dispositivo informático.

El **modelo comportamental** es obtenido como producto del conjunto de eventos a partir de un tratamiento que consiste, primero en quitar todos los eventos que no sean pertinentes y luego remplazar ciertas secuencias de eventos por un descriptor de más alto nivel. Se obtiene así una secuencia permitiendo al alumno repetir la sesión de manera fiel, tomando en cuenta la problemática en la cual se encuentra. Balacheff considera que en este caso no hay interpretación, sino una transducción regular. Esta transformación, la cual es llamada homomorfismo de comportamiento, exige un desglose del conjunto de eventos y de selecciones, en particular por el tratamiento de los eventos continuos donde no hay unicidad y donde la sola legitimidad está constituida por los marcos teóricos y problemáticas en la cual se encuentra. Como Homomorfismo de comportamiento puede llamarse a todo proceso de representación del conocimiento que respeta propiedades de estructura; de alguna manera, se trataría de una encarnación del conocimiento en la materia que constituye el dispositivo informático.

En cuanto al **modelo epistémico**, está construido a partir del modelo comportamental. Corresponde en efecto, a lo que se llama en general en la literatura modelo del estudiante; su construcción requiere de una interpretación del modelo comportamental, que no es otra cosa, que el diagnóstico; es decir, la reconstrucción a partir de los observables, de los procesos de resolución de problemas o de la descripción de estados cognitivos del alumno. La función del diagnóstico depende fundamentalmente de las teorías seleccionadas al momento de su especificación, de la naturaleza y el funcionamiento del conocimiento del aprendiz y de las formas de aprendizaje. Es a este nivel que se plantea el problema del reconocimiento y de la interpretación de los errores.

Referencias

- Aguilar E. y Viniegra, I. (2003). *Atando teoría y práctica en la labor docente*. Paidós Educador.
- Ajdkiewics, K. (1994). *Introducción a la filosofía. Epistemología y metafísica*. Ediciones cátedra. Madrid.
- Amarillas, M. Y Jacobo, H. (2004). *Comunicación en la Interacción didáctica: autopoiesis y aprendizaje*. Theory, Methodology, Technology Proc.of the First Int. Conference on Concept Mapping Pamplona, Spain. En <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-178>.
- Arsac, G. (1992). L'évolution d'une théorie en didactique : l'exemple de la transposition didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. Vol. 12. N° 1.
- Astolfi, J. (1989). Quel(s) sens pour aides didactiques?. In *Les aides didactiques pour la culture et la formation scientifique et technique*, Giordan, A., Martinand, J. y Souchon, C. Actes JIES. XI.
- Astolfi, J.-P. y Drouin, A.-M. (1992). La modélisation à l'école élémentaire. In J.-L. Martinand. *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Didactique des disciplines. Équipe INRP/LIREST.
- Astolfi, J.-P. y Drouin, A.-M. (2001). La modélisation à l'école élémentaire. In J.-L. Martinand. *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Didactique des disciplines. Équipe INRP/LIREST.
- Astolfi, J.-P. y Develay, M. (1993). *La didactique des sciences*. Presse Universitaire de France.
- Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa : un punto de vista cognoscitivo*. Ed. Trillas, México.
- Bachelard, G. (1996). *La formation de l'esprit scientifique*, 16ème edition. Paris Vrin.

- Bachelard, S. (1938). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre y M. Thellier (Eds.), Actes du colloque. *Élaboration et justification des modèles*. Vol. 1. Paris : Maloine.
- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre y M. Thellier (Eds.), Actes du colloque. *Élaboration et justification des modèles*. Vol. 1. Paris : Maloine.
- Balacheff, N. (1990). *Nature et objet du raisonnement explicatif*. Colloque Esprit/LIREST.
- Bandura, A. (1980). *L'apprentissage social*. Pierre Mardaga éditeur.
- Bates, A. (1990). *Application of new technologies in distance education*. Actes du coloque Perspectives on distance education. Vancouver.
- Bécu-Robinault, K. (1997). *Rôle de l'expérience en classe de physique dans l'acquisition des connaissances sur les phénomènes énergétiques*. Thèse soutenue devant l'Université Claude Bernard pour l'obtention du Diplôme de Doctorat.
- Bernabeu, N. (2002). *La lectura crítica de los medios: Las relaciones significativas entre el texto y la imagen*. Disponible: <http://www.quadraquinta.org/materiales-didacticos/trabajo-por-proyectos/piensa-prensa/guiasdelprofesor/guia1/guia1-08.html>
- Blacio, G. (1996). *Didáctica General*. Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
- Bouysset, C.; Kraemer, R.; y Viel, L. (1985). *Réflexions sur les apports didactiques des systems d'acquisition de données dans l'enseignement des disciplines scientifiques*. Actes du séminaire couplage de micro-ordinateurs avec travaux pratiques et périphériques multimedia. Toulouse.
- Brousseau, G. (1995, 1999). L'enseignant dans la théorie des situations didactiques. In : Noirfalise R., Perrin-Glorian M.-J. (eds.) *Actes de la VIII^e Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp.3-46). Clermont-Ferrand : IREM de Clermont-Ferrand.
- Butty, Ch. (1997). *A computer based teaching sequence for learning trough experimenting in geometrical optics*. Science Education research in Europe. First international conference of the European science Education research association. September: Rome Italy.
- Cabero, J. y al. (1999). *Tecnología educativa*. Síntesis Educación. Madrid. España.

- Calvo, M. (2010). *Transdisciplinariedad, vínculos e integración de saberes*. En http://letrasuruguay.espaciolatino.com/aaa/oliva_calvo_marisel/transdisciplinariedad.htm
- Castillo, S. y Cabrerizo, J. (2006). *Formación del Profesorado en Educación Superior. Didáctica y Curriculum*. V: 1. McGraw Hill. Madrid, España.
- Cernesse, R. (1991). *Enseigner les sciences physiques: Réflexions Pédagogiques*. Lyon: Centre Regional de Documentation Pédagogique.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage, Éditions.
- Chevallard, Y. (1987). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage, Éditions.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné. 2eme edition avec un exemple de transposition didactique de Yves Chevallard et Marie Albert Johsua*. La pensée sauvage. Grenoble.
- Chevallard, Y. (1992). *Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthropologique. Recherche en didactique des mathématiques*. Vol 12. N° 1
- Chevallard, Y. y Johsua, M.A. (1982). *Un exemple d'analyse de la transposition*.
- Chomat, A., Larcher, C. y Méheut (1990). *Modèle particulière et démarches de modélisation*. RCP Modélisation. LIRESP-INSPE.
- Conne, F. (1981). *Savoir et Connaissance dans la perspectiva de la Transposición Didactique. Recherche en Didactique des Mathématiques*. Vol. 12, n° 2. La pensee sauvage. Paris.
- Conne, F. (1992). *Savoir et Connaissance dans la perspectiva de la Transposición Didactique. Recherche en Didactique des Mathématiques*. Vol. 12, n° 2. La pensee sauvage. Paris.
- Cornelius, H. (1977). *Emploi du film et/ou de la vidéo: quelques critères de choix pour les enseignants*. Media. 98.
- De Oliveira, I. (2000). *La Comunicación – Educación. coordenadas, abordajes y travesías. La comunicación/educación como nuevo campo del conocimiento y el perfil de su profesional*. Siglo del hombre editores. Bogotá. Colombia
- Delattre, P. (1979). *Le problème de la justification des modèles dans le cadre du formalisme des systèmes de transformations*. In P. Delattre y M. Thellier (Eds.). *Actes du colloque. Élaboration et justification des modèles*. Vol. 1. Paris : Maloine.

- Derycke, A. (1991). *Réseaux et apprentissage cooperative: vers l'université ouverte de troisième génération*. Actes du colloque SYNAPSE 91. La grande Motte.
- Didactèque Régionale- FERMI (1994). *Vidéo- Stim: Le gestionnaire de cours multimedia*. Toulouse: Université Paul Sabatier.
- Driver, R. Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Morata. Madrid. España.
- Drouin, A. (1987). *Des images et des sciences*. Aster. N° 4. Communiquer les sciences. INRP. Paris.
- Duchastel, P. Fleury, M. y Provost, G. (1988). *Rôles cognitifs de l'image dans l'apprentissage scolaire*. *Bulletin de Psychologie*. Tome XI.1. N° 386.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Narcea. Madrid.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Peter Lang.
- Eco, U. (1972). *La structure absente. Introduction a la recherche sémiotique*. Paris. Mercure de France.
- Eco, U. (2005). *La estructura ausente*. Editorial Lumen. México.
- Elortegui, N., Rodríguez, J., Moreno, T., González, J. (2005). *Situaciones Problemáticas y Modelos Didácticos*. Disponible: http://nti.educa.rcanaria.es/blas_cabrera/Didactica/pdf/Situaciones%20problematicas%20globalizacion.pdf. (Consulta: 2005. Mayo 20)
- Estacio, A., y Cordido, I. (1989). *La comunicación didáctica. Principio activo de la intencionalidad de educar*. Edición Instituto Pedagógico de Caracas.
- Fernández J. (1984). *Sentido de la didáctica dentro del campo de las ciencias de la educación*. Madrid. UNED.
- Ferrater, J. (2004). *Diccionario de filosofía*. Ariel filosofía. Barcelona. España
- Gallego, R. (1996). *Discurso constructivista sobre las ciencias experimentales. Una concepción actual del conocimiento científico*. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá
- García Aretio, L. (2001). *La Educación a distancia. De la teoría a la práctica*. Ariel Educación. España
- Gay, A., Gréa, J.; y Sabatier, Ph. (1996). *Images biologiques et activité de diagnostic d'élevage*. Aster. N° 22. Images et activités scientifiques. INRP. Paris.

- Gil Pérez, D. (1987). Différences entre "modèles spontanés", modèles enseignés et modèles scientifiques : Quelques implications didactiques. In Giordan, A.; Martinand, J.-L. (Eds). *Modèles et simulation*. Actes des Neuvièmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique. Chamonix.
- Giordan, A. (1987). Modèles et simulation : une mode ou des outils pour la communication, l'éducation et la culture scientifiques? In Giordan, A.; Martinand, J.-L. (Eds). *Modèles et simulation*. Actes des Neuvièmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique. Chamonix.
- Giordan, A. (1988). Les enzymes de l'estomac concassent, pétrissent, malaxent la nourriture ou... Préalables pour une didactique de l'image. In *Bulletin de Psychologie*, Tome XLI. "La communication par images". N° 386.
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1987). *Los orígenes del saber. De las concepciones a los conceptos científicos*. Diada editora. España.
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber. De las concepciones a los conceptos científicos*. Diada editora. España.
- Gumperz, J. (1982). *Discourse Strategies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gutierrez, A. (2012). *Las Relaciones significativas entre el texto y la imagen*. Disponible: <http://es.slideshare.net/alfredoU2/relacin-entre-texto-e-imagen>.
- Habermas, J. (1991). *Teoría de la acción comunicativa: Complementos y estudios. Previos*. Cátedra, Madrid.
- Habermas, J. (2007). *La lógica de las Ciencias Sociales*. Editorial Tecnos. España.
- Halbwachs, F. (1974). *La pensée physique chez l'enfant et le savant*. Neuchâte: Delachaux y Niestlé.
- Henry, M. (1991). Une présentation de la didactique en vue de la formation des enseignants. *Didactique des Mathématiques*. IREM- Becanson.
- Hewson, M.G. y Hamlyn, D. (1983). *The influence of intellectual environment on conceptions of head*. *Eur. J. Sci. Educ.*, 6(3), pp. 245-262.
- Host, V. (1980). Les opérations intellectuelles en activités d'éveil scientifiques. *Repères*, 58. Paris. INRP. credenciales
- Jacquinet, G. (1977). *Image et pédagogie. Analyse sémiologique du film à intention didactique*. Presses Universitaires de France. Coll. L'Éducateur. Paris.

- Jacquinet, G. (1984). *Langages, apprentissage et théorie de la représentation*. In *Communication Information*. Vol 2-3. "Les représentations". Textes réunis par Schielle, B. y Belisle, C.
- Jacquinet, G. (1985). *L'école devant les écrans*. Coll. Science de l'éducation. éd. ESF Paris.
- Jacquinet, G. (2012). *Image et Pédagogie*, Éditions des archives contemporaines. Paris.
- Johsua S. (1989). *Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire*. Aster. N° 8. Expérimenter, modéliser. INRP Paris.
- Johsua, S. y Dupin, J-J. (1989). *Représentations et modélisations : "débat scientifique" dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Collection exploration recherches en sciences de l'éducation. Éditions Peter Lang SA.
- Johsua, S. y Dupin, J-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Presses Universitaires de France. Collection premier cycle.
- Johsua, S. y Johsua, M. (1988). *Les fonctions didactiques de l'expérimental dans l'enseignement scientifique*. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*. Vol. 9. N° 1.
- Joly, M. (1993). *Introduction à l'analyse de l'image*. Paris, Nathan.
- Kahn, P. (1988). *Théorie et Expérience*. Éditions Quintette. Paris.
- La Borderie, R. (1972). *Les images dans la société de l'éducation. Étude critique des fonctions de la ressemblance*. CASTERMAN. Belgique.
- Larochelle, M. y Desautels, J. (1991). *Qu'est-ce que le savoir scientifique ?* Les presses de l'Université de Laval. Canada.
- Lijnse, P. (1990). *Macro-micro: what to discuss?*. In P.L. Lijnse; P. Licht; W. de Vos; A.J. Waarlo (Eds). *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. A central problem in secondary science education*.. Utrecht. pp. 6-11.
- Malglaiive, G. (1990). *Enseigner à des adultes*. ed. PUF Paris.
- Manterola, C. (2012). *Curriculo ¿Qué y Cómo Enseñar enseñar? Escenarios Didácticos*. Editorial Laboratorio Educativo. Caracas.
- Martinand, J. L. (1989). *Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques*, *Les Sciences de l'éducation*. 2.

- Martinand, J.L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris. INRP.
- Martins, E. (1990). *Communication médiatisé et processus d'évolution des représentations*. Étude de cas: la représentation de l'informatique. Thèse de Doctorat. Université Lumière Lyon 2.
- Medina, A. (1989). *Didáctica e interacción en el aula*. Madrid. Cincel.
- Merleau-Ponty, M. (1983). *The structure of behavior*. Beacon Press – Boston
- Metz, C. (1970). Au delà de l'analogie, l'image. In *Communications*, N° 15. Pp 1- 10.
- Moles, A. (1975). *La comunicación y los mass-media*. Mensajero. Bilbao.
- Mora Escudero Muñoz, J.M (1981). *Modelos didácticos*. Barcelona. Oikos – Tau
- Morin, E. (1986). El método. *El conocimiento del conocimiento*. Ediciones Cátedra. Madrid.
- Mottet, G. (1996 a). Images et activités scientifiques. Réintégrer l'image. *Aster*. N° 22. Images et activités scientifiques. INRP. Paris.
- Mottet, G. (1996 b). Les situations-Images. Une approche fonctionnelle de l'imagerie dans les apprentissages scientifiques à l'école élémentaire. *Aster*. N° 22. Images et activités scientifiques. INRP. Paris.
- Mouloud, N. (1985). Modèle. *Encyclopaedia Universalis*. Corpus, volume 12.
- Not, L. (1979). *Les pédagogies de la connaissance*. Science de l'homme. Ed. Privat.
- Otero, M. (2003). *Imágenes y Enseñanza de la física. Una visión cognitiva*. Tesis de grado. Doctorado. Universidad de Burgos.
- Perales, F. (2008). La imagen en la enseñanza de las ciencias: Algunos resultados de investigación en la Universidad de Granada, España. *Formación Universitaria* – Vol. 1 N° 4, pág. 13 – 22.
- Pérez Gómez, A. (1985). La investigación didáctica – Modelos y perspectivas en Gimeno Sacristán. *La enseñanza, su teoría y práctica*. Madrid. Akal
- Piaget, J. (1969). *Psychologie et pédagogie*. éd. Denoel. Paris.
- Picard, P. y Tropis, M. (1994). *EXAO et autoformation: Une platine expert pour enseigner l'A op. Infra*. Rapport Interne. IDEAO. Laboratoire d'études des méthodes modernes d'enseignement. Université Paul Sabatier- Toulouse France. DITN7, Bureau des technologies nouvelles pour l'enseignement.

- Pozo, J. y Gómez, M. (2000). *Aprender y enseñar ciencias*. Ediciones Morata. Madrid. España.
- Psillos, D.; Niedderer, H. y Vicentini, M. (1997). *Case studies about innovative forms of labwork in science education*. Science education research in Europe. First international conference of the European Science Education research association. September: Rome Italy.
- Quintana de Robles, M. (1996). Videos and representation at a microscopic level. Case of gas expansion. *Actes de ESERA, Third European Summerschool*, Barcelone, Spain. (à paraitre).
- Quintana de Robles, M. (1997). *Étude Didactique de Films comme aide pour l'enseignement de la physique*. Tesis de Doctorado. Universidad Claude Bernard- Lyon I. Francia.
- Quintana de Robles, M.; Le Maréchal, J.-F. y Roblecredenciales, A. (1995). *La détente d'un gaz. Représentation microscopique*. [Film].. CNRS. Université Lumière Lyon 2. UMR GRIC - Équipe COAST.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. Vigésima segunda edición. ESPASAcredencialescredenciales
- Resnick, L.B. (1982). *Knowing Learning and Instruction*. Hillsdtile, N.J.: LEA.
- Rivilla, A. y Salvador, F. (2005). *Didáctica General*. Prentice Hall. España.
- Robles, A. (1997). *La vidéo comme support didactique en physique. Interprétation microscopique d'un phénomène macroscopique : la propagation du son*. Tesis de Doctorado. Universidad Claude Bernard- Lyon I. Francia.
- Robles, A. y Quintana, M. (2000). El Saber del Alumno en el Currículo Básico Nacional. Reflexiones Didácticas. *Anuario Educación Integral. Reflexiones y Experiencias*. Año 3. N° 3 y 4. Universidad Nacional Abierta.
- Russell, S.; Tolmin, L.; Ming P. y Myung K. (2000). *Semántica del discurso*. Narcea. Madrid.
- Sacristán, J. (1985). *La pedagogía por objetivos*. Madrid. Morata
- Sanner, M. (1983). *Du concept au fantasme*. Coll. L'éducateur. éd. PUF. Paris.
- Searle, J. (1994). *Actos de habla*. Madrid: Cátedra.
- Séré, M. G. y Moppert, M. (1989). Présentation d'un modèle particulière cinétique des gaz à des élèves de 6ème. Obstacles et acquisitions. *Petit x*. N° 21. 31-42.

- Cheré, M. G. y Tiberghien, A. (1989). La formation des concepts décrivant les états de la matière au collège. *Bulletin de l'union des physiciens*. N° 716. 911-929.
- Cherra, G.; Tropis, M. y Bouysset, C. (1993). *Les apports de l'informatique aux nouveaux programmes de seconde*. Rapport final. IDEAO. Laboratoire des Méthodes Modernes d'enseignement. Toulouse France.
- Cardy, M. (1996). *Le professeur et les images*. Paris. PUF.
- Tiberghien, A. (1993). Cas de la didactique de la physique. Quatrième école d'été de l'A.R.C. *Communication et Multimodalité dans les systèmes naturels et artificiels*.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching - learning situations. *Learning and Instruction*. Vol. 4. N° 1.
- Tiberghien, A. y Megalagaki O. (1995). Characterization of a modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy. In *European journal of psychology of education*. Vol. X. N° 4. pp. 369-383.
- Tiberghien, A. y otros (1992). *Modélisation de la résolution de problème dans un environnement informatique d'apprentissage*. Rapport final de projet de recherche. Centre National de la Recherche Scientifique. Laboratoire COAST.
- Torres, C. (2005). *Conocimiento explícito e implícito. Dos formas distintas de pensamiento*. The Pennsylvania University. USA. Disponible: <http://www.edeportes.com/efd10/torres.htm>. (Consulta: 2005. Junio 27)
- Tossi, V. (1993). *El lenguaje de las imágenes en movimiento*. México. Ediciones Grijaldo.
- Valladares J. y Perales, F. (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de física y química. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. 1(2). 114 - 129
- Van Dijk, T. (2000). *El discurso como estructura y proceso*. Barcelona: Gedisa..
- Vergnoux, A. (1993). Sciences cognitives et didactique. *Pluridisciplinarité dans les sciences cognitives*. Textes réunis par O. Boussaid, M. Brissaud, G. Ritschard, J-P. Royet. Éditions Hermes. Paris.
- Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Honoré Champion, Paris.
- Viel, L. y Lefèvre, R. (1989). L'interactivité, ressource de l'aide pédagogique. In *Actes des 11e journées internationales sur l'éducation scientifique*. A. Giordan, J.I. Martinand et C. Souchon. Éditeurs.

- Villasmil, P. (2008). *Las interacciones comunicativas entre profesores y alumnos en el marco de la enseñanza*. Disponible: <http://64.233.169.104/search?q=cache:SeQ6YGs2jn4J:www.cesdonbosco.com/revista/revistas/revista%2520ed%2520futuro/EF11/REVISTA%2520N%C2%BA11E>.
- Vygotski, I. (1985). *Pensée et langage*. Traduction en français de Françoise Sève, suivi de commentaire sur les remarques critiques de Vygotski par Jean Piaget. Terrains/ Éditions Sociales.
- Walliser, B. (1977). *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de systèmes*. Éditions du Seuil. Paris.

Este libro se terminó de imprimir en el año 2016, en la ciudad de Caracas-Venezuela, en los Talleres de L + N XXI Diseños, C.A., con un tiraje de 95 ejemplares



MIRIAM QUINTANA DE ROBLES

Profesora en la especialidad de Física y Matemática egresada del Instituto Pedagógico de Caracas; Especialista en Evaluación Educacional; Magíster en Educación mención Evaluación Educacional; Magíster en Didáctica de las Disciplinas Científicas opción Física, egresada de la Universidad Paul Sabatier Toulouse-Francia con Mención Honorífica; Doctora en Didáctica de las Disciplinas Científicas, egresada de la Universidad Claude Bernard, Lyon-Francia, y obtuvo la más alta Mención Honorífica otorgada por el Sistema Educativo francés a tesis doctorales. Ejerce la docencia como Profesora de Física desde el año 1981 en Caracas, Venezuela, y durante su ejercicio ha administrado cursos de Matemática, Investigación Educativa y Didáctica, en los diferentes niveles de Educación: Básica, Media Diversificada y Profesional y Educación Superior. Es Investigadora asociada al Laboratorio de Investigaciones Didácticas COAST adscrito a la Universidad Lyon II en Francia. Corresponsal para la América Latina de la Revista Internacional Didáctica DIDASKALIA, editada por el Instituto Francés de Investigaciones Pedagógicas. La investigación en Didáctica de la Ciencia y la Evaluación Educacional son sus áreas de concentración, y es autora de diferentes publicaciones en revistas nacionales e internacionales, así como ponente en diversos eventos a nivel nacional e internacional. Dominio escrito y oral de los idiomas español y francés. Actualmente, es Directora General de Planificación y Desarrollo de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador y Profesora Titular adscrita al Departamento de Pedagogía, en el Instituto Pedagógico de Miranda "José Manuel Siso Martínez" de esta Universidad.

Apuntes Didácticos sobre la

Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Naturales

Ante la necesidad de que los docentes que se dedican a la enseñanza de las ciencias naturales en los diferentes niveles educativos, investiguen y conozcan, las diferentes teorías que sustentan el sistema y el acto didáctico, para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de estas disciplinas y así enfrentar, objetivamente, el dinamismo cognitivo que se produce entre los participantes, antes, durante y después del desarrollo de la clase, se propone a este conglomerado académico el texto Apuntes Didácticos sobre la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Naturales.

Diferentes investigaciones en el campo didáctico, han demostrado que la clase tradicional (contenidos, objetivos, tareas) ha fracasado y poco ha aportado al mejoramiento del aprendizaje de las ciencias. En este texto, se presentan de una manera compendiada diferentes lecciones que conforman algunas teorías de la didáctica específica, que visualiza el qué, el cómo y el por qué cambiar la enseñanza tradicional, considerando todo aquello que represente el conocimiento del alumno y la manera como modeliza el saber, ante diferentes situaciones didácticas, mediante una interacción dinámica entre el campo teórico, el modelo, la materialización del modelo y el campo experimental de referencia.