



FACULTAD de CIENCIAS
de la EDUCACIÓN

**Integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-
aprendizaje de la Física desde la perspectiva del Modelo
de Investigación en la Escuela. Estudio de caso.**

Tesis Doctoral presentada por:

John Freddy Ramírez Casallas

Dirigida por:

Dr. Pedro Cañal de León

Dr. Antonio García Carmona

Presentada en el Departamento:

Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales
Facultad de Ciencias de la Educación
Universidad de Sevilla

Volumen 1

Sevilla, Febrero de 2015

Dedicatoria

A mis padres y hermanos,
primera matriz cronológica de este proyecto.

A mi amada esposa,
a Mariana y Juan Andrés,
nuestros amados hijos.

A mis amigos, por la ausencia a la que
les he sometido en este tiempo.

Para todos ellos mi infinito ofrecimiento,
tan solo realizable en la contundencia
y extensión de cada silencio.

Agradecimientos

De manera cronológica, doy gracias a mis padres, Fidelina y Eliseo, por cada uno de los múltiples apoyos que me han prestado desde que soy un niño. A mis hermanos, María Eugenia, Juan Carlos, Luz Adriana y Eliseo, por cada uno de las diversas formas de darme su aliento. A mi abuela Josefina, junto a mí madre, por su indeleble presencia en mi vida, imborrable aun después de su ausencia física. A mí tío Hildebrando, por el apoyo y constante ejemplo que siempre ha significado.

A mi esposa, le agradezco el sólido apoyo y soporte que ha significado en todo este proceso. A Mariana, mujer biófila, fuente constante de nuestras reflexiones sobre la forma de ver y respetar la vida en el Universo. A Juan Andrés, de profunda alegría y pensamiento, quien nos ha enseñado otras formas de ser niños y humanos. Gracias a ellos tres por existir y porque, sin su presencia y apoyo constante, no habría sido posible siquiera imaginar la culminación de este esfuerzo.

En la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla, agradezco al maestro Paco por las profundas charlas, los cafés y los abrazos. A la maestra Ana Rivero por las puertas abiertas de su amistad. A Rafa, por los diálogos constantes sobre cómo ser mejores profesores. A Toti, por su amabilidad y apoyo desde la Secretaría del Departamento.

Agradezco a los tres profesores que contribuyeron desde el inicio en esta investigación. De ellos, a la profesora seleccionada, por permitirme conocer la intimidad de sus clases y de su trabajo. La riqueza del conocimiento adquirido, y la consecuente complejidad que este arroja sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje, me lleva a expresar mi más alto respeto por todos los profesores y las profesoras que trabajan comprometidamente por lograr una mejor formación de nuestros estudiantes.

De forma especial, insondables gracias a mi maestro Pedro, por su tenacidad y disciplina. Ha sido para mí una gran fortuna, desde el primer momento, que aceptara apoyarme como Director de la tesis. A la maestra Ana Criado, quien en algún momento y por razones personales, debió desistir del proceso de dirección de esta tesis. A mi maestro Antonio, muchas gracias por acompañar en este trabajo de dirección a Pedro, poniendo su dedicación y profundo empeño. A

ellos, agradezco su dedicación, exigencia, respeto, lucidez y profundo apoyo. Este trabajo ha visto la luz tan solo gracias a su proceso de orientación.

En relación con el último periodo, dedicado a la finalización de la tesis, doy gracias al profesor Alejandro, a William, y a la señora Gloria Susunaga, directora de la institución educativa *La Sagrada Familia*, por el apoyo que me han ofrecido en la obtención de las Comisiones de Estudio de los años 2013 y 2014. Igualmente, a la Secretaría de Educación, en cabeza del señor Diego Gúzman, que me ha prestado apoyo, en el marco del programa de formación de maestros, para llevar a feliz término este esfuerzo. En consecuencia, a todos los ciudadanos de la ciudad, quienes con sus aportes hacen posible este tipo de empresas individuales y colectivas. Espero en los próximos años retribuirles ampliamente este respaldo, para lo cual, desde ya, como funcionario público me pongo a su servicio.

Presentación

Investigar el papel que juegan las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC), en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, desde la perspectiva del *Modelo de Investigación en la Escuela* se ha mostrado, desde el principio, una tarea de amplia y profunda complejidad. Y esto ha sido así por dos razones; la primera, porque extender hasta donde ha sido posible dos principios, como son: comprender el problema desde la complejidad del aula, y optar por la integración entre acción y pensamiento profesional, ha requerido solucionar retos inimaginables e inevitables. En segundo lugar, desde la perspectiva personal, porque al identificarme como profesor investigador en una institución escolar concreta, el conocimiento adquirido conlleva a exigir respuestas profundas y complejas a la realidad en la que nos sumergimos todos los días.

Esta doble perspectiva condiciona la forma de presentar esta memoria de tesis. Explicar su evolución y la forma en la cual se ha llegado a este punto, ya sería de por sí un esfuerzo que ameritaría un nuevo trabajo de investigación. Por lo que es más práctico presentar el esfuerzo acabado, final, pero sin perder de vista la doble perspectiva arriba enunciada, siempre presente.

En el plano organizacional, la memoria se compone de dos volúmenes. En cada uno de los capítulos que lo componen, es posible encontrar un índice que se complementa con una red de ideas que presenta una síntesis de su contenido. En el primer volumen se encuentra un índice general de la memoria, el cual se replica en lo que concierne a cada uno de los capítulos. A continuación de dicho índice, se encuentra una red de ideas que sirve de síntesis de toda la memoria de la tesis. De esta forma, al ofrecer claridad al texto mediante estos apoyos, se busca que los interesados en estudiarla tengan una experiencia placentera de lectura.

En el Capítulo 1, se presenta la revisión sobre los aportes al problema que pueden identificarse desde diversas vertientes. Esta indagación, tomando los principios ya expuestos, permite llegar a la convicción de que el problema de investigación es de una gran complejidad teórica y metodológica. En este primer aparte, ha sido posible definir tres objetos de estudio consolidados en la literatura que, además, han sido claves en la investigación: el Conocimiento Práctico Profesional (CPP), la Planificación de la Enseñanza y la creación de materiales y recursos (PE), y las Estrategias de Enseñanza (EE).

El Capítulo 2 se pone del lado de una concepción más social de las tecnologías. Primero, indagando por el papel de las mismas en la construcción del conocimiento científico. Después, pone el acento en el papel de las NTIC y su papel en la construcción de sociedades informacionales. En este contexto se busca destacar que: (i) el modelo neoliberal de desarrollo no es la única opción para integrar las NTIC a la vida social, y que (ii) desde la escuela es necesario optar por modelos de desarrollo alternativos. En este propósito, se identifica que, en el marco de aquel modelo, es posible identificar una *Ecuación Tecnificadora* que excluye al Ser humano al integrarlo como parte *maquinizada* de la vida social. Como alternativa, en el campo didáctico y pedagógico, se argumenta a favor de la idea de que en la escuela debemos trabajar por desarrollar sistemas de prácticas complejas, además de un pensamiento complejo, que permitan a nuestros ciudadanos participar significativamente en la superación los problemas socioambientales que nos aquejan.

El Capítulo 3 retoma los resultados del primero, con las pretensiones del segundo. Se orienta a la construcción de un modelo complejo de sistema-aula que permita comprender el tipo de prácticas que se construyen al interior de los procesos de enseñanza-aprendizaje. En la construcción del sistema-aula se integran los objetos de estudio CPP, PE y EE; en el desarrollo de la comprensión de las prácticas se incluyen los procesos de modelización y conceptualización y el protagonismo del Ser humano, como fundamentales en dichos procesos.

Con base en estos soportes teóricos, en el Capítulo 4 se decide enfocar el problema como *Estudio de Caso Singular*. Conscientes de que el proceso de construcción de conocimiento y metodología se encontraban entrelazados, y por la extensión y complejidad de cada uno de los estudios, se decidió crear un segundo volumen. En este aparece la memoria detallada de cada uno de los estudios, con su específica construcción teórica, metodológica y debate. De esta forma, emerge el Estudio de Caso como un *sistema de métodos*, que le conceden identidad. En consecuencia, este capítulo se orientó a una síntesis metodológica, que complementa lo que se ha desarrollado en cada uno de los Estudios del volumen 2.

Finalmente, el Capítulo 5 contiene las conclusiones generales de la investigación y las proyecciones que se proponen. Corresponden a síntesis posibles de los resultados obtenidos en el volumen 2, en relación con cada uno de los capítulos anteriores en este volumen. En este capítulo se hacen, de manera concreta, contribuciones teóricas y problemas de investigación que alimentan la *genealogía de problemas* de la Didáctica de las Ciencias.

INDICE DEL VOLUMEN 1

	Página
Presentación	
Capítulo 1: Antecedentes y primeras bases teóricas	1
1.1 Perspectiva de análisis de la información basada en los principios Ontológicos, Ideológicos y Epistemológicos del proyecto IRES: La posibilidad de mapeo y la identificación de tendencias desde una perspectiva crítica	7
1.1.1. <i>Los criterios implícitos y el logro de una perspectiva crítica sobre la información</i>	7
1.1.2. <i>La magnitud de la tarea desde el análisis superficial de la evolución del sistema didáctico</i>	10
1.1.3. <i>Una perspectiva compleja de los criterios de búsqueda a partir de la revisión de vertientes, en relación con el desarrollo profesional del profesorado y las NTIC</i>	14
1.1.4. <i>Los criterios expresados como hipótesis de progresión y su apareamiento en diáadas como una forma de construir espacios de mapeo para identificar tendencias, cuestiones y objetos de estudio consolidados</i>	21
1.2 El estudio de las vertientes y la integración de nuevas tecnologías	27
1.2.1. <i>El estudio del desarrollo profesional en algunas vertientes</i>	27
1.2.1.1 La perspectiva del Cambio Conceptual	28
1.2.1.2. La perspectiva de la Escuela Francesa	37
1.2.1.3. El Conocimiento Didáctico del Contenido	41
1.2.1.4. El proyecto de Investigación y Renovación Escolar (IRES) y estudios afines	49
1.2.2. <i>El papel de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la educación y en la enseñanza (de la física)</i>	55
1.2.2.1. ¿Qué son las NTIC y cuál es el uso que se les ha venido dando en la enseñanza de las ciencias? Entre el estudio del medio y su integración en entornos complejos.	56
1.2.2.2. El modelo de competencias en la integración de las NTIC: algunos “agujeros” sin contestación	63

1.2.2.3.	¿Dificultades solamente al integrar las NTIC o es un problema que también se ha presentado con la integración de otras tecnologías en la enseñanza de las ciencias?	66
1.3	El mapeo, discusión y síntesis sobre las contribuciones alrededor del problema de investigación	68
1.3.1.	El plano Ontológico-Epistemológico	69
1.3.2.	El plano Ontológico-Ideológico	73
1.3.3.	El plano Ideológico-Epistemológico	77
1.3.4	Planteamientos de síntesis	79
1.3.4.1.	Algunos sistemas de ideas invariantes (objetos de estudio) en el análisis de las relaciones entre teoría y práctica profesional	79
1.3.4.2.	El sistema-aula, la modelización y la construcción de conocimiento complejo ¿para...?	85
Capítulo 2: Las NTIC y la necesidad de desarrollar acciones complejas al lado de pensamiento complejo, como parte de los procesos de cambio social desde la escuela		87
2.1	Desde la <i>ciencia</i> hasta la tecnociencia: El concepto de inforealidad	92
2.1.1.	<i>La evolución de la Física... y de la tecnología: Desde la ciencia moderna a una relación de interdependencia en la tecnociencia</i>	92
2.1.2.	<i>Las nuevas tecnologías y los efectos sobre la actividad científica contemporánea en Física y otras áreas</i>	97
2.1.3.	<i>Los conceptos de infomáquina e inforealidad</i>	102
2.2	La inclusión del Ser humano: ejemplos desde la economía y características de dicho proceso desde la pedagogía y la didáctica	106
2.2.1.	<i>La tecnociencia también es posible bajo el modelo del estado del bienestar social: el caso finlandés</i>	107
2.2.2.	<i>La hiperespecialización y los problemas socioambientales</i>	109
2.2.3.	<i>La inforealidad y el Ser humano en el contexto social: La identificación de una ecuación que permite el control de las acciones posibles... y del Ser humano</i>	112
2.2.3.1.	¿Es posible tecnificar al ser humano?	113
2.2.3.2.	Las complejas relaciones entre las acciones y la construcción del conocimiento	115
2.2.4.	<i>Es necesario formar para el desarrollo de un pensamiento complejo... y la construcción de acciones complejas</i>	119

Capítulo 3: Un modelo de sistema-aula para estudiar la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva del MIE 127

3.1.	Cuestiones e informaciones sobresalientes hasta este punto	132
3.2.	Las NTIC y la relación con el Contexto como esencial para superar desde la Escuela la ecuación tecnificadora	134
3.2.1.	<i>¿Qué son las NTIC?</i>	134
3.2.2.	<i>La necesidad de integrar el Contexto para superar la ecuación tecnificadora mediante las NTIC</i>	136
3.3.	La complementariedad entre los procesos de conceptualización y modelización en la perspectiva del Programa IRES	139
3.3.1.	<i>Rasgos generales del Programa IRES (Investigación y Renovación Escolar)</i>	139
3.3.2.	<i>El Proyecto Investigando Nuestro Mundo y el desarrollo profesional a la luz de la dinámica del aula</i>	145
3.3.3.	<i>El Proyecto Investigando Nuestra Práctica y el desarrollo profesional a la luz de la evolución del conocimiento profesional del profesorado</i>	148
3.3.4.	<i>Algunos movimientos de integración al interior del Programa IRES</i>	153
3.3.5.	<i>La presencia simultánea de los procesos de modelización y conceptualización en la ciencia</i>	158
3.3.6.	<i>La complementariedad entre componentes sobresalientes de conceptos y modelos</i>	162
3.3.7.	<i>La transferencia de la complementariedad entre modelos y conceptos al Conocimiento Escolar (CE) en el marco del Programa IRES</i>	166
3.4.	Un modelo de sistema-aula: componentes y principios de trabajo	172
3.4.1.	<i>La relación entre los sistemas de ideas invariantes y su relación con el desarrollo profesional</i>	173
3.4.2.	<i>Presupuestos y cuestiones alrededor del papel del modelo de sistema-aula en esta investigación</i>	180
3.4.3.	<i>Modelo de sistema-aula propuesto para este trabajo</i>	183

Capítulo 4: El estudio de caso y el diseño general de la investigación desde una perspectiva compleja 191

4.1.	El sistema-aula como un <i>metasistema</i> y consecuencias para su estudio	196
4.1.1.	<i>El sistema-aula como metasistema</i>	198
4.1.2.	<i>La presencia temporal a trozos del sistema-aula y sus posibilidades de transformación</i>	199

4.1.3.	<i>Los componentes de los sistemas, su organización y cuestiones sobre su cambio</i>	201
4.2.	La elección del estudio de caso y su formulación compleja	203
4.2.1.	<i>Diseño General Complejo del estudio de caso</i>	205
4.2.2.	<i>Problema de Investigación e Hipótesis General del estudio de caso y su papel como ventana al fenómeno</i>	209
4.3.	Problemas, Objetivos, Estudios de la investigación	215
4.3.1.	<i>La correspondencia entre Problemas, Objetivos y Estudios</i>	215
4.3.2.	<i>Síntesis del Estudio 1: Significatividad del caso de la profesora seleccionada para esta investigación</i>	220
4.3.3.	<i>Síntesis del Estudio 2: Cambio del Conocimiento Práctico Profesional Declarado de la profesora en el periodo 2000-2004.</i>	225
4.3.4.	<i>Síntesis del Estudio 3: Caracterización de las prácticas de enseñanza de la Física que realiza la profesora con las dos unidades didácticas</i>	226
4.3.5.	<i>Síntesis del Estudio 4: Relación entre teoría y práctica profesional con la integración de las NTIC en la enseñanza de la Física</i>	231
4.3.6.	<i>El Método de investigación como un sistema de métodos y generación de conocimiento</i>	234
Capítulo 5: Conclusiones generales y proyecciones		237
5.1.	Aportes a los problemas de investigación propuestos	242
5.1.1.	<i>Problema 1</i>	242
5.1.2.	<i>Problema 2</i>	244
5.1.3.	<i>Problema 3</i>	245
5.1.4.	<i>Problema 4</i>	247
5.2.	Aportes teóricos y problemas por explorar	249
5.2.1.	<i>Los beneficios de estudiar el desarrollo profesional desde la perspectiva del cambio</i>	249
5.2.2.	<i>El sistema-aula: Un metasistema que va entre lo pensado, lo posible y lo co-construido por la profesora</i>	251
5.2.3.	<i>El absolutismo epistemológico: ¿Una categoría que requiere ser ampliada?</i>	254
5.2.4.	<i>La necesidad de una epistemología política</i>	258
5.3.	Consideraciones sobre el método de investigación como sistema de métodos	261
	Referencias Bibliográficas	265
	Índice de Figuras y Tablas	291

INDICE DEL VOLUMEN 2

	Página
Presentación	
Estudio 1: Significatividad del caso de la profesora seleccionada para esta investigación	1
E1-1. Caracterización de los Contextos institucional y Nacional en relación con la Física escolar	7
E1-1.1. <i>El sentido ideológico de los cambios curriculares nacionales</i>	7
E1-1.2. <i>El currículo nacional en Ciencias Naturales (Física)</i>	12
E1-1.3. <i>El currículo institucional y los logros de la profesora en la institución</i>	18
E1-2. Trayectoria académica de la profesora como estudiante y profesional	21
E1-3. Modelo Didáctico Personal y Dilemas Prácticos declarados por la profesora	23
E1-3.1. <i>Caracterización del CPP y la Hipótesis de Progresión de los Modelos Didácticos</i>	24
E1-3.2. <i>El Modelo Didáctico Personal (MDP) y Dilemas de la Práctica de Enseñanza Declarados de la profesora: Diseño y construcción de instrumentos ajustados para tal fin</i>	29
E1-3.2.1. Razones y diseño del Cuestionario 1: Pensamiento del Profesor y MDP Declarado	29
E1-3.2.2. Razones y diseño del Cuestionario 2: Dilemas y Problemas de la Práctica de Enseñanza	35
E1-3.3. <i>Límites y posibilidades de la comprensión del CPP mediante la identificación de los MDP y Dilemas y Problemas Prácticos de la Enseñanza Declarados</i>	39
E1-3.3.1. El conocimiento del CPP: Relaciones entre fuentes, instrumentos y modelo teóricos	39
E1-3.3.2. Criterios generales de análisis	42
E1-3.3.3. Caracterización del procedimiento de análisis	44
E1-3.4. <i>Descripción y síntesis de los resultados</i>	52
E1-3.4.1. Pre-análisis de los cuestionarios. Categorización de la información del año 2000	52
E1-3.4.2. Interpretación de las proposiciones obtenidas en el año 2000	53

E1-3.4.3.	Consideraciones sobre el MDP declarado y los Problemas Prácticos Profesionales para el año 2000 y representación como sistemas de ideas	57
E1-3.5.	<i>Discusión y conclusiones sobre el CPP a partir de la identificación del MDP y los problemas prácticos profesionales declarados</i>	60
E1-4.	Perfil NTIC de la profesora	61
E1-4.1.	<i>Discusión de los datos recopilados sobre el perfil personal-profesional de la profesora</i>	62
E1-4.2.	<i>Un indicador estadístico de la significatividad del caso seleccionado</i>	64
E1-5.	Conclusiones	65
	Referencias Bibliográficas	68

Estudio 2: Cambio del Conocimiento Práctico Profesional Declarado de la profesora en el periodo 2000-2004	75
--	----

E2-1.	La Evolución del Conocimiento Práctico Profesional y la idea de Código Didáctico	81
E2-1.1.	<i>Fundamentos teóricos e hipótesis de progresión sobre la evolución del CPP</i>	82
E2-1.2.	<i>Posibilidades y limitantes de estudios diversos para caracterizar la evolución del CPP: las funcionalidades teóricas y prácticas del concepto de Código Didáctico</i>	85
E2-2.	Diseño Metodológico para la caracterización de la evolución del CPP	89
E2-2.1.	<i>Modelo de doble camino para obtener sistemas de ideas que representan los cambios entre los años 2000-2004 ($SIRC4 = SIRC_{2004-2000}$)</i>	91
E2-2.2.	<i>Análisis de Contenido sobre entrevista semiestructurada a la profesora a partir del $SIRC4 = SIRC_{2004-2000}$</i>	95
E2-2.3.1.	Ontología de la entrevista, Categorías de análisis y Tablas de códigos	99
E2-2.3.2.	La matriz de co-ocurrencias y su función en este enfoque fenomenológico	103
E2-2.3.3.	Caracterización del procedimiento, los instrumentos y criterios básicos del análisis de contenido	104
E2-2.3.4.	Protocolo del Análisis de Contenido	108
E2-3.	Descripción y Análisis de los Resultados	110
E2-3.1.	<i>El MDP y los Problemas Prácticos Profesionales para el año 2004</i>	110

E2-3.1.1.	Pre-análisis de los cuestionarios. Categorización de la información del año 2004	110
E2-3.1.2.	Interpretación de las proposiciones obtenidas en el año 2004	111
E2-3.1.3.	Consideraciones sobre el MDP declarado y los Problemas Prácticos Profesionales para el año 2004 y representación como sistema de ideas	115
E2-3.1.4.	Discusión y conclusiones sobre el CPP a partir de la identificación del MDP y los problemas prácticos profesionales declarados en el año 2004	116
E2-3.2.	<i>El SIRC4 como representación del cambio entre los años 2000 y 2004</i>	117
E2-3.2.1.	Identificación del cambio usando el Segundo Camino de análisis	118
E2-3.2.1.1.	Preanálisis del cuestionario 1 (Modelo Didáctico). Identificación del MDP ₂₀₀₄₋₂₀₀₀	118
E2-3.2.1.2.	Preanálisis del cuestionario 2 (Dilemas de la Práctica de Enseñanza). Identificación del DPE ₂₀₀₄₋₂₀₀₀	122
E2-3.2.2.	Obtención del SIRC4 como resultado del cruce de los dos caminos de análisis: Concordancias y divergencias	127
E2-3.3.	<i>El SIRC4E como resultado de una entrevista semi-estructurada con la profesora, usando el SIRC4 como guión</i>	133
E2-3.3.1.	La Ruta de la entrevista en el marco del SIRC4	134
E2-3.3.2.	Descripción resumida y analítica de las ideas del SIRC4E como categorías de estudio	135
E2-3.3.2.1.	Categoría 01	140
E2-3.3.2.2.	Categoría 02	140
E2-3.3.2.3.	Categoría 03	141
E2-3.3.2.4.	Categoría 04	142
E2-3.3.2.5.	Categoría 05	144
E2-3.3.2.6.	Categoría 06	145
E2-3.3.2.7.	Categoría 07	146
E2-3.3.2.8.	Categoría 08	146
E2-3.3.2.9.	Categoría 09	147
E2-3.3.2.10.	Categoría 10	148
E2-3.3.2.11.	Categoría 11	149
E2-3.3.2.12.	Categoría 12	149

E2-3.3.2.13. Categoría 13	150
E2-3.3.2.14. Categoría 14	150
E2-3.3.2.15. Categoría 15	151
E2-3.3.2.16. Categoría 16	151
E2-3.3.3. Representación sistémica y discusión del CPP validado para el año 2004 (SIRC4E)	152
E2-4. Conclusiones	154
E2-4.1. <i>Un modelo comprensivo sobre el SIRC4E, en el marco de primeras relaciones entre el pensamiento y la acción pedagógica</i>	154
E2-4.2. <i>Conclusiones sobre la evolución profesional de la profesora</i>	160
Referencias Bibliográficas	161

Estudio 3: Caracterización de las prácticas de enseñanza de la Física que realiza la profesora con las dos unidades didácticas 165

E3-1. Las interacciones entre CPP, PE y EE: el estudio de la estructura y la organización de los subsistemas como ruta para caracterizar las prácticas de enseñanza	171
E3-1.1. <i>El CPP, la PE y las EE: Componentes de un sistema en re-organización permanente</i>	172
E3-1.2. <i>El estudio de la PE y las EE en el ámbito del currículo</i>	176
E3-2. Diseño metodológico general para el estudio de la PE y las EE	178
E3-2.1. <i>Descripción de los productos comunicativos sometidos a estudio</i>	178
E3-2.2. <i>La técnica de Análisis de Contenido: reorganización de los criterios de análisis</i>	180
E3-2.2.1. Categorías de análisis y criterios emergentes para identificar las interacciones	181
E3-2.2.2. La co-ocurrencia como evento dependiente del subsistema ontológico: Implicaciones en el proceso de selección de las secuencias discursivas	184
E3-2.2.3. Criterios que orientan el Análisis de Contenido en el estudio de la estructura y/o la organización de los subsistemas	185
E3-3. Descripción y Análisis de los Resultados	188
E3-3.1. <i>Resultados y discusión sobre el estudio de la PE</i>	188
E3-3.1.1. Método de estudio para realizar Análisis de Contenido de la PE	188
E3-3.1.2. Síntesis de las relaciones obtenidas entre las categorías del SIRC4E	191
E3-3.1.3. Síntesis de las relaciones obtenidas entre	

	las categorías emergentes	193
E3-3.1.4.	Análisis y discusión de las relaciones entre categorías de acuerdo con las dimensiones Explícito-Implícito e Interacción Fuerte-Interacción Débil	201
E3-3.1.5.	Interpretación de la relaciones entre las categorías que se identificaron en el estudio de la PE	203
E3-3.1.6.	Interpretación de las relaciones enriquecidas por las categorías que presentan interacciones fuertes en el sistema CPP \leftrightarrow PE	209
E3-3.1.7.	Revaloración de la autonomía de la profesora desde la perspectiva del sistema CPP \leftrightarrow PE y secuenciación de actividades sugerida	212
E3-3.1.8.	Conclusiones sobre la estructura y/o organización del sistema CPP \leftrightarrow PE y secuenciación de actividades sugerida	216
E3-3.2.	<i>Resultados y discusión sobre las EE</i>	217
E3-3.2.1.	Método de estudio para realizar Análisis de Contenido de las prácticas de enseñanza	217
E3-3.2.2.	Las estrategias de enseñanza identificadas en las dos unidades didácticas	219
E3-3.2.3.	Identificación de las relaciones entre las categorías del SIRC4E y emergentes para las dos unidades didácticas. La coherencia del sistema CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE \leftrightarrow CPP	229
E3-3.2.3.1.	Valoración de las categorías del SIRC4E	230
E3-3.2.3.2.	Valoración de las categorías emergentes	240
E3-3.2.3.3.	Valoración de la coherencia del sistema CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE \leftrightarrow CPP	244
E3-3.2.4.	Identificación de las co-ocurrencias entre categorías y las prácticas de enseñanza en cada una de las unidades didácticas	246
E3-3.2.5.	El análisis conceptual de las dos unidades didácticas: semejanzas y diferencias desde la perspectiva de las actividades	253
E3-3.2.5.1.	Análisis conceptual de la unidad Termodinámica	254
E3-3.2.5.2.	Análisis conceptual de la unidad Ondas	264

E3-3.2.5.3. Valoración del comportamiento de las estrategias de enseñanza de acuerdo al estudio conceptual de las unidades	271
E3-3.2.6. Conclusiones sobre la estructura y/o organización del sistema CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE \leftrightarrow CPP y su relación con la dinámica de las unidades didácticas	276
E3-4. Conclusiones	278
Referencias Bibliográficas	279

Estudio 4: Relación entre teoría y práctica profesional con la integración de las NTIC en la enseñanza de la Física	285
--	-----

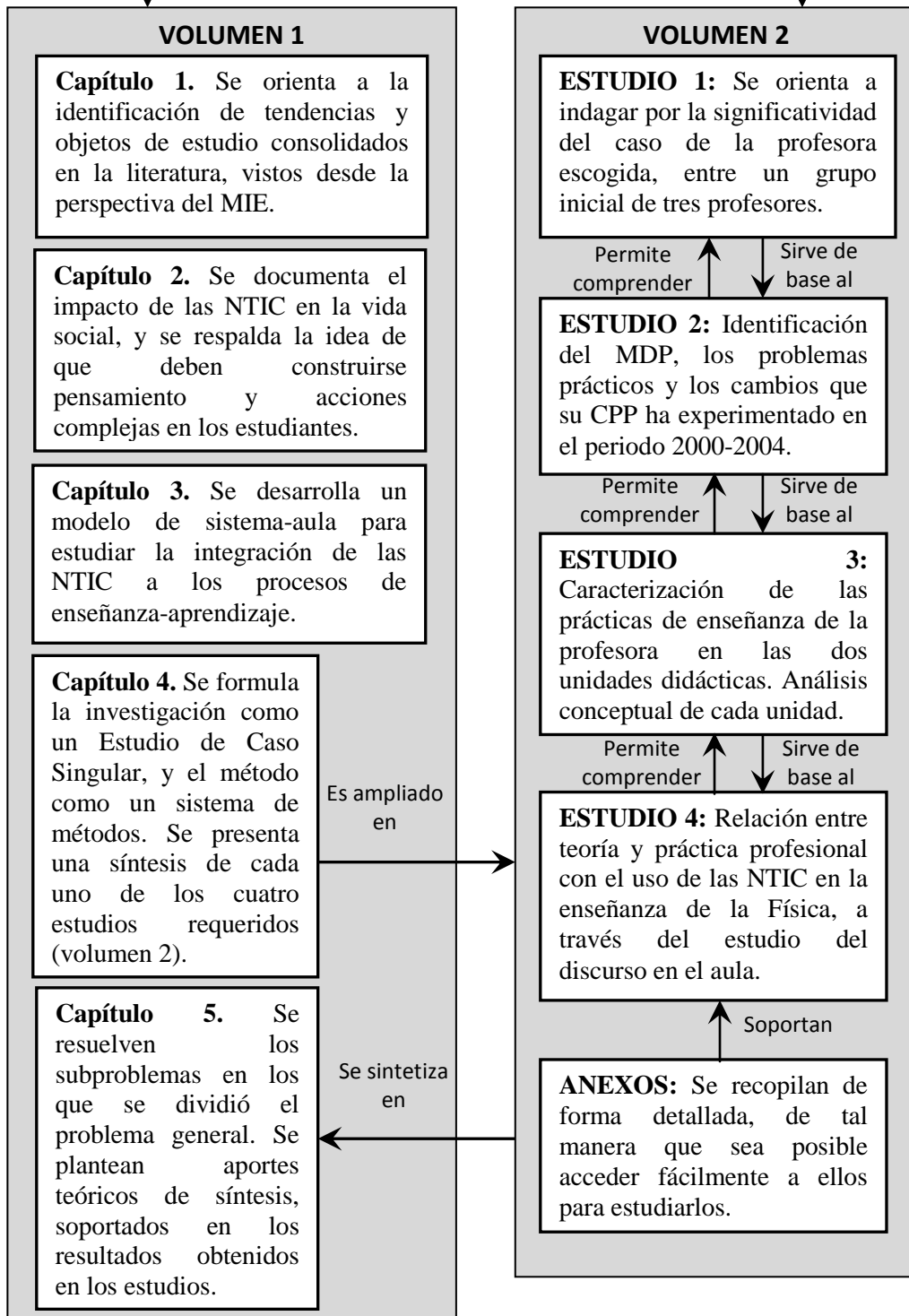
E4-1. El Análisis Crítico del Discurso (ACD) desde un enfoque didáctico	292
E4-1.1. <i>Enfoques teóricos, metodológicos y ontológicos en análisis del discurso: la diversidad y dispersión como panorama común</i>	292
E4-1.2. <i>Compatibilidad del modelo de sistema-aula con el concepto de discurso asociado a su cambio y transformación: un primer acercamiento desde el enfoque de esta investigación</i>	300
E4-1.3. <i>La posibilidad de contar con los componentes básicos de una propuesta teórica en ACD: una formulación desde lo didáctico</i>	302
E4-2. Diseño metodológico para el estudio del discurso y los cambios en el sistema-aula	305
E4-2.1. <i>Planteamientos ontológicos en el estudio del discurso en el marco del sistema-aula</i>	306
E4-2.2. <i>Descripción del método de estudio: Principios y criterios</i>	308
E4-3. Descripción y Análisis de los Resultados	312
E4-3.1. <i>Resultados y discusión sobre el estudio de la organización y el cambio en las dos unidades didácticas</i>	313
E4-3.1.1. Caracterización de las relaciones de poder, afecto y conocimiento, y derivación de las fuentes de interpretación [Argumento 1: analítico]	313
E4-3.1.2. Análisis de los resultados anteriores bajo el criterio de concurrencia [Argumento 2: sistémico]	316
E4-3.1.3. La reducción ontológica: Una primera estructura general en el discurso de la profesora	317
E4-3.1.4. Modelización formal y reducción del sistema de ideas: Una estructura general del discurso que organiza y explica las	

	variaciones entre las dos unidades didácticas	324
E4-3.2.	<i>La integración de las tecnologías (y las NTIC) en los procesos de enseñanza-aprendizaje</i>	332
E4-3.2.1.	Las teorías prácticas de la profesora sobre el manejo de los contenidos y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación	334
E4-3.2.2.	El Pulsómetro de Franklin en la Unidad Termodinámica	340
E4-3.2.3.	Las integración de las tecnologías en la unidad Ondas	341
E4-3.2.3.1.	El proceso de integración de la experiencia con los péndulos	341
E4-3.2.3.2.	El proceso de integración de la Cubeta de Ondas y la experiencia del bolígrafo	342
E4-3.2.3.3.	El proceso de integración del programa Física con Ordenador (NTIC)	348
E4-3.2.4.	Síntesis sobre el proceso de integración de las tecnologías (y las NTIC) en las dos unidades didácticas	351
E4-3.2.5.	Discusión de resultados y conclusiones sobre la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de acuerdo con la organización de las dos unidades didácticas	357
E4-4.	Conclusiones	360
	Referencias Bibliográficas	363
	Índice de Figuras y Tablas	367
Anexos		377
Anexo E1-1.	Cuestionario 1 sobre Pensamiento y Modelo Didáctico Personal	379
Anexo E1-2.	Cuestionario 2 sobre Dilemas y Problemas de la Práctica Profesional	387
Anexo E1-3.	Código didáctico para la profesora en el año 2000	393
Anexo E1-4.	Cuestionarios para valorar el perfil TIC de la profesora	397
Anexo E2-1.	Código didáctico para la profesora en el año 2004	403
Anexo E2-2.	Transcripción del contenido de la entrevista del 10 de abril de 2005, correspondiente al proceso de verificación y/o	

explicación de los cambios detectados entre los años 2000 y 2004, a partir del análisis de los cuestionarios sobre Pensamiento profesional declarado y Dilemas de la práctica profesional	407
Anexo E2-3. Libro de códigos para realizar Análisis de Contenido de la entrevista con la profesora	441
Anexo E2-4. Formato de la ficha para realizar Análisis de Contenido a la entrevista con la profesora	461
Anexo E2-5. Fichas diligenciadas con el contenido de la entrevista	463
Anexo E3-1. Plan de Asignatura del curso de Física	501
Anexo E3-2. Listado de códigos para análisis de la Planificación de la Enseñanza y las clases de la profesora mediante el programa Atlas.ti	529
Anexo E3-3. Transcripción de las interacciones verbales que corresponden a las clases de la Unidad Termodinámica [Sin presencia de NTIC].	539
Anexo E3-4. Transcripción de las interacciones verbales que corresponden a las clases de la Unidad Ondas [Con presencia de NTIC].	569
Anexo E3-5. Sistema de ideas de referencia en Termodinámica	711
Anexo E3-6. Sistema de ideas de referencia en Ondas	733
Anexo E3-7. Fenómenos como resultados de patrones identificados en el tipo de interacciones que mantiene la profesora con los estudiantes en la unidad Ondas	737

Problema general: *¿Cómo integra una profesora las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, desde la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela?*

En su desarrollo se organizan



Red de Ideas que sirve de síntesis general de la memoria de tesis

LISTADO DE ACRÓNIMOS (Volumen 1)

Acrónimo	Significado
NTIC	Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación.
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación.
CPP	Conocimiento Práctico Profesional.
PE	Planificación de la Enseñanza y Creación de Materiales y Recursos.
EE	Estrategias de Enseñanza.
CDC	Conocimiento Didáctico del Contenido.
CE	Conocimiento Escolar.
IRES	Programa de Investigación y Renovación Escolar.
MIE	Modelo de Investigación en la Escuela o Modelo de Investigación Escolar.
INP	Proyecto curricular Investigando Nuestra Práctica, parte del programa IRES.
INM	Proyecto curricular Investigando Nuestro Mundo, parte del programa IRES.
MD	Modelo Didáctico.
MDP	Modelo Didáctico Personal.
MDTrad	Modelo Didáctico Tradicional.
MDEsp	Modelo Didáctico Espontaneísta.
MDTec	Modelo Didáctico Tecnológico.
MDInv	Modelo Didáctico Investigativo.
SIRC4	Sistema de ideas que representa el cambio del CPP de la profesora en un lapso de tiempo de cuatro años.
SIRC4E	SIRC4 validado mediante entrevista a la profesora.
ACD	Análisis Crítico del Discurso.

Capítulo 1:
Antecedentes y primeras bases teóricas

Índice Capítulo 1

1.1 **Perspectiva de análisis de la información basada en los principios Ontológicos, Ideológicos y Epistemológicos del proyecto IRES: La posibilidad de mapeo y la identificación de tendencias desde una perspectiva crítica**

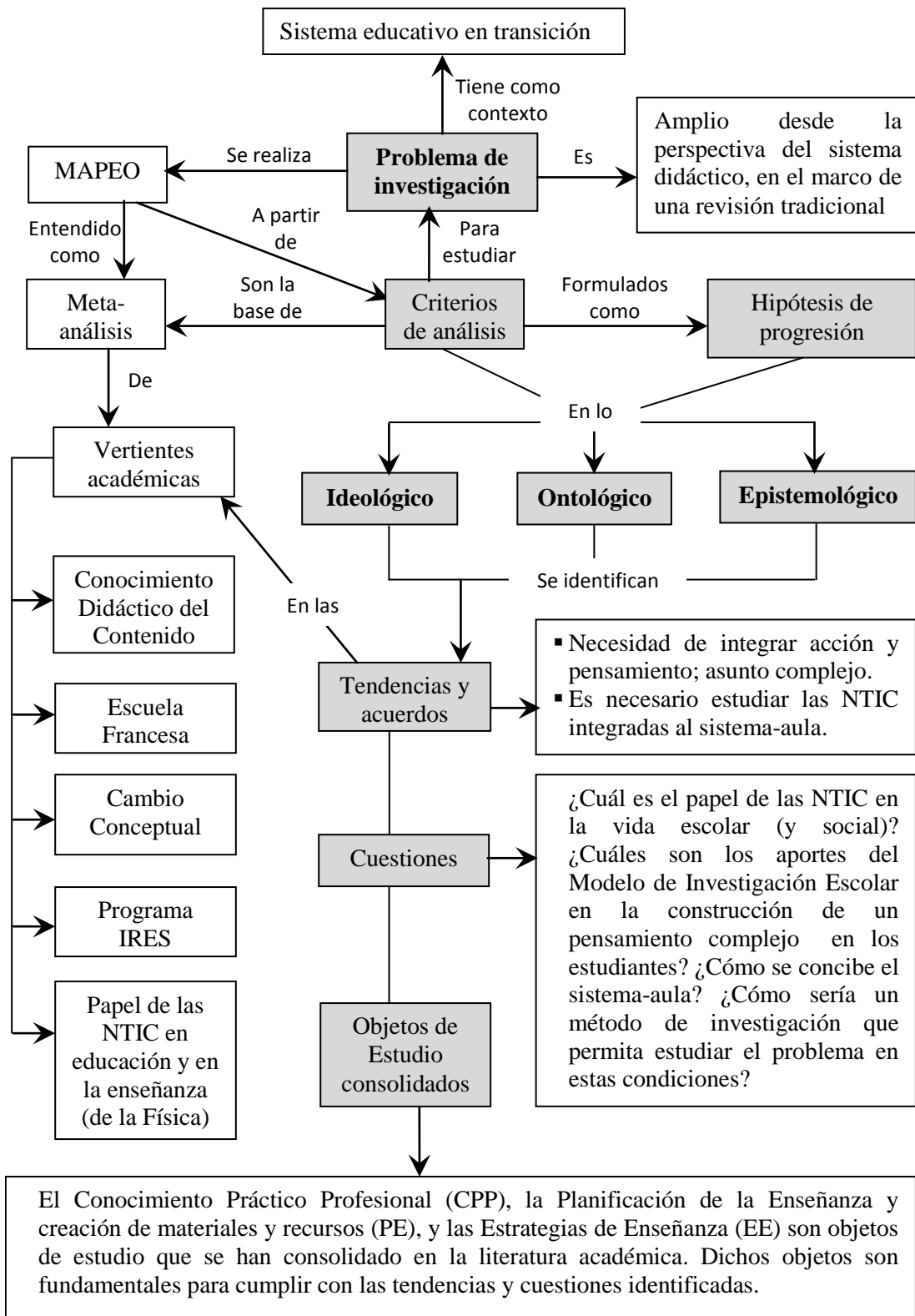
- 1.1.1. *Los criterios implícitos y el logro de una perspectiva crítica sobre la información*
- 1.1.2. *La magnitud de la tarea desde el análisis superficial de la evolución del sistema didáctico*
- 1.1.3. *Una perspectiva compleja de los criterios de búsqueda a partir de la revisión de vertientes, en relación con el desarrollo profesional del profesorado y las NTIC*
- 1.1.4. *Los criterios expresados como hipótesis de progresión y su apareamiento en diadas como una forma de construir espacios de mapeo para identificar tendencias, cuestiones y objetos de estudio consolidados*

1.2 **El estudio de las vertientes y la integración de nuevas tecnologías**

- 1.2.1. *El estudio del desarrollo profesional en algunas vertientes*
 - 1.2.1.1 La perspectiva del cambio conceptual
 - 1.2.1.2. La perspectiva de la Escuela Francesa
 - 1.2.1.3. El Conocimiento Didáctico del Contenido
 - 1.2.1.4. El proyecto de Investigación y Renovación Escolar (IRES) y estudios afines
- 1.2.2. *El papel de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la educación y en la enseñanza (de la física)*
 - 1.2.2.1. ¿Qué son las NTIC y cuál es el uso que se les ha venido dando en la enseñanza de las ciencias? Entre el estudio del medio y su integración en entornos complejos.
 - 1.2.2.2. El modelo de competencias en la integración de las NTIC: algunos “agujeros” sin contestación
 - 1.2.2.3. ¿Se trata de integrar las NTIC o es un problema que también se ha presentado con la integración de las tecnologías en la enseñanza de las ciencias?

1.3 **El mapeo, discusión y síntesis sobre las contribuciones alrededor del problema de investigación**

- 1.3.1. El plano Ontológico-Epistemológico
- 1.3.2. El plano Ontológico-Ideológico
- 1.3.3. El plano Ideológico-Epistemológico
- 1.3.4 Planteamientos de síntesis
 - 1.3.4.1. Algunos sistemas de ideas invariantes (objetos de estudio) en el análisis de las relaciones entre teoría y práctica profesional
 - 1.3.4.2. El sistema-aula, la modelización y la construcción de conocimiento complejo ¿para...?



Red de Ideas que sirve de síntesis del Capítulo 1: Antecedentes y primeras bases teóricas

El profesor que despierta entusiasmo en sus alumnos consiguió algo que ninguna suma de métodos sistematizados, por más correctos que sean, puede obtener.

John Dewey (1859-1952)

En 1988 Cañal y Porlán publicaron en la revista *Enseñanza de las Ciencias* las bases de un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico investigativo, que posteriormente cristalizaría en el proyecto *Investigación y Renovación Escolar* (IRES). El modelo se concibe, en buena medida, a partir de la Teoría General de Sistemas de Bertalanffy (1976), que expresa una posición particular sobre las relaciones entre pensamiento y acción pedagógicas, sustentadas en las siguientes ideas y tesis:

- Por analogía a los *ecosistemas*, el sistema-aula puede llamarse *gnosistema*, concebido como “un sistema compuesto por elementos humanos que mantienen relaciones entre sí y con el contexto aula” (p. 55).
- El sistema-aula es una matriz donde se da *procesamiento de la información*, fenómeno con carácter constructivo expresado en aprendizajes de tipo conceptual y operativo que tienen patrones de carácter evolutivo y gradual.
- La *energía* que mueve el sistema-aula es la motivación de estudiantes (para aprender) y de los profesores (para enseñar).
- A pesar de las regularidades que se puedan establecer al comparar diferentes aulas de clase, cada sistema-aula es singular en términos de sus características estructurales y su funcionamiento, lo que trae como consecuencia negar la posibilidad de un tratamiento estereotipado.
- El *método* de enseñanza y aprendizaje está inspirado en la investigación, especialmente aquella que contribuya a que los estudiantes se aproximen a la realidad sionatural y lleguen a comprenderla.

Ya, desde el marco del proyecto IRES, las tesis anteriores se han transformado, produciendo desarrollos y aportes relevantes bajo dos principios básicos: (1) la necesaria relación entre pensamiento y acción pedagógicas, y (2) la inevitable presencia del sistema-aula como concepto integrador para caracterizar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esto se pone de manifiesto en las tesis

doctorales de los propulsores del proyecto: Porlán (1989) avanza en el estudio de las concepciones epistemológicas del profesorado, poniendo su centro en el pensamiento pedagógico; y Cañal (1990), inmerso en aulas de clase, estudia la enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes, poniendo su centro de atención en la acción pedagógica. En ambas vertientes, consolidando con dichas tesis los fundamentos de la dimensión académica del proyecto IRES, la integración entre acción y pensamiento, o entre teoría y práctica profesional, se convierte en un indicador del desarrollo profesional del profesorado (Cañal, 1997; Porlán y Rivero, 1998; Porlán y otros, 2010; Pozuelos y otros, 2010).

La reciente tesis doctoral de Álvarez (2011), avanza en esta línea al ocuparse de la relación teoría-práctica en la enseñanza y el desarrollo profesional docente, desde el enfoque de estudio de caso.¹ Sostiene que “*es algo sobre lo que apenas se ha investigado sistemáticamente en la historia de la investigación educativa*” (p. 1). Asimismo, extiende en la fundamentación teórica que:

“[...] Ni lo autores con más recorrido en este asunto, ni todos aquellos que publican sobre el tema puntualmente, afirman que se dan relaciones armónicas entre teoría y práctica.” (p. 7)

Con este panorama, y para los propósitos de la presente investigación (estudiar la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física bajo la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela), se pudo ratificar, tras una exploración exhaustiva de la literatura, que *en este ámbito particular los estudios son realmente escasos*. De hecho, la gran mayoría de estudios que se han tenido en cuenta aportan solo parcialmente a esta relación.

Los anteriores resultados tienen al menos dos lecturas: una positiva, en el sentido que hace evidente que la presente investigación explora caminos nuevos en la investigación didáctica; y otra, inquietante, que se puede representar en varias cuestiones: ¿cómo garantizar que se ha realizado una buena revisión para este estudio?, ¿cómo organizar y estudiar información que aportan otros estudios a este?, ¿cuáles son los criterios que sirven para analizar e identificar tendencias de interés para esta investigación?

A continuación, se muestra la forma en que se obtuvieron criterios específicos para valorar la información que se ha obtenido, y las respuestas específicas que se han concedido a los interrogantes complejos, que se han configurado en el desarrollo de este aparte.

¹ La autora de la tesis tiene como informante al profesor de primaria José María Rozada, quien con sus importantes aportes académicos ha contribuido en el logro de comprensiones renovadas sobre el profesorado, su enseñanza y desarrollo profesional en el estado español. Además de ser un estudio académico, aprecio dicho estudio como un homenaje a este profesor español, del cual deseo hacer resonancia en esta tesis.

1.1. Perspectiva de análisis de la información basada en los principios Ontológicos, Ideológicos y Epistemológicos del proyecto IRES: La posibilidad de mapeo y la identificación de tendencias desde una perspectiva crítica

1.1.1. *Los criterios implícitos y el logro de una perspectiva crítica sobre la información*

Como profesor investigador de la escuela secundaria y media estatal colombiana, parto de una convicción primordial en el marco de la Sociedad de la Información y el Conocimiento (Ramírez, 2006):

“En una cultura democrática (la posibilidad de crear conocimiento, lo que incluye contar con información para hacerlo) se hace importante en los procesos de participación ciudadana, y en una Sociedad de la Información y el Conocimiento es fundamental para que se consolide como tal. Restringir este proceso para que sea posibilidad de algunos elegidos no es más que atentar en contra del desarrollo humano y establecer las condiciones para instaurar una nueva versión de sociedad esclavista - que ahora no necesita de monopolizar las tierras y los recursos para apoderarse de la fuerza física de trabajo – basada en la restricción de la posibilidad humana de pensar y reflexionar sobre su mundo.”
(p. 2)

En consecuencia, realizar una tesis doctoral no es solamente un evento de tipo académico sino una acción social en la construcción de una mejor sociedad, de corte democrático.² Por su carácter situado (Toulmin, 1977 [1972]), los sistemas de ideas se encuentran referidos a contextos, en este caso doblemente como profesor e investigador en Didáctica de las Ciencias, desde los cuales se ha hecho necesario identificar varias dualidades que nos tocan fuertemente en la actualidad y que tienen su dimensión instrumental al servir como criterios de valoración de la información y el conocimiento (tabla 1.1).

Información de acceso libre	↔	Información de acceso restringido (o de pago)
Regional	↔	Internacional
Redes de investigadores	↔	Autores individuales
Conocimiento Práctico	↔	Conocimiento teórico
Congresos (formas diversas de trabajo)	↔	Revistas (esencialmente artículos)
Liberación (insumo social para la auto-organización)	↔	Control de la información (mercancía)

Tabla 1.1. Dualidades detectadas en el proceso de revisión de la información. Fuente: el autor.

² Existe en la actualidad toda una corriente de trabajo que apoya desde la metodología cualitativa el desarrollo de un conocimiento científico liberador y democrático, respuesta crítica al proceso de globalización neocapitalista (Lincoln y González, 2008).

De entrada, la formulación de estas dualidades a partir de procesos de reflexión sobre el papel como profesor e investigador en contextos particulares, es una forma de aportar en la construcción de conocimiento complejo sobre el problema a investigar (Morin, 1984; García-Díaz, 1998); pero también es una declaración previa que permite hacer explícitos los intereses del investigador, evitando así los *sesgos irrazonables* al solicitar de éste los argumentos de fondo, que ayuden a superar procesos de simplificación del conocimiento y, por ende -en la sociedad actual-, de restricción del poder. La declaración de estos intereses desde el trabajo científico (Habermas, 1984) es una apuesta por un tipo de investigación crítica, que usa como primera estrategia hacer explícitas estas dimensiones y llevarlas desde el plano del *habla* hasta el del *discurso* en el contexto didáctico (Ballenilla, 2003).

La dimensión *Información de acceso libre* \leftrightarrow *Información de acceso restringido (o de pago)* permite denunciar, al menos desde Colombia, que existe una fuerte presión por considerar como “conocimiento autorizado” tan sólo aquel que proviene de fuentes reconocidas a nivel internacional, comúnmente de pago. En este ámbito, las críticas de Spinak (1998) han demostrado la visión simplificadora que las publicaciones del *mainstream* (de corriente principal) han tenido sobre nuestras realidades³; pues, como es natural, aquellas no miran todas las realidades sino que aprecian sus propias realidades, sus propios contextos de producción, en la medida que sus protagonistas son seres humanos que participan de contextos situados (comités, editores, fondos de financiación, programas nacionales, etc.). *De aquí que, más allá de considerar si la información pertenece a bases de pago o de acceso libre, lo importante para este estudio es que la investigación elegida sea una buena investigación.*

La dimensión *Regional* \leftrightarrow *Internacional* llama la atención sobre el sesgo que existe en nuestras concepciones, algunas veces orientada a valorar lo regional excluyendo lo internacional, o viceversa; especialmente ahora, hacia lo internacional, como resultado de un modelo de desarrollo de país que pone el mayor énfasis en la *globalización comercial*, viéndose principalmente desde fuera y dejando de lado la preocupación por lograr ciudadanos que desarrollen plenamente sus capacidades de pensar, reflexionar, y actuar sobre su mundo (Ramírez y Morales, 2006). Un matiz crítico al respecto en el ámbito académico, lo plantean Capel, Rodrigues y Ueda (2001) en el marco de un estudio bibliométrico de la revista *Scripta Nova*, en referencia a la calidad internacional de la revista:

“Estimo que esa práctica de utilizar y citar trabajos escritos en diferentes lenguas debe ser considerada como esencial para establecer criterios de calidad de una revista, o incluso de toda publicación científica. En cualquier campo de la ciencia, pero en

³ Las críticas del uruguayo Ernesto Spinak han llevado a la construcción del proyecto ISIS, desarrollado con apoyo de la UNESCO; un programa para la gestión de bases documentales de acceso libre.

particular en el de las humanidades y las Ciencias sociales, ese criterio es especialmente relevante, ya que refleja la apertura intelectual del autor y el respeto a otras tradiciones.” (s.p.)

En la misma línea argumental y en relación con la *universalidad científica* de los conocimientos y sus similitudes con la jerarquía del idioma inglés, los canadienses Désaultes y Larochelle (2003) citan el siguiente texto de Fourez y otros (1997):

“<<La universalidad de los conocimientos científicos se parece a la del inglés: después de múltiples relaciones de fuerzas, resistencias, negociaciones e imposiciones, esta lengua se ha vuelto un pasaje obligado (impuesto) para quienes quieren participar en ciertos intercambios. Así ocurre con las conceptualizaciones de la ciencia que, poco a poco, eliminan otros conocimientos en favor de aquéllos que la comunidad científica ha estandarizado.>> (p. 17)

En esta línea, lo que puede dar esta impresión de universalidad a los conocimientos científicos tiene que ver con el hecho de que los científicos contribuyen a la construcción y el mantenimiento de la red de actores y actrices humanos y no humanos que acaba por capturar en sus mallas casi a la totalidad de las sociedades, como es el caso de la red de estaciones meteorológicas que cubre actualmente todo el planeta. **Estas redes aseguran una cierta perennidad a los enunciados y las prácticas tecnocientíficas desde el momento en que, al participar, los científicos en Barcelona, Pekín, Moscú o Boston se ponen de acuerdo, por ejemplo, para pensar que las ondas electromagnéticas viajan en el vacío o que el planeta se calienta. [...]** [El resaltado es nuestro] (p. 11)

En consecuencia, el criterio consiste en integrar fuentes regionales e internacionales (no solamente anglosajonas) en el proceso de investigación, ya sean de acceso libre o de pago.

La dimensión *Redes de Investigadores* \leftrightarrow *Autores puntuales* pone el acento en que no existen *autores solitarios* en el campo de la investigación educativa, pero tampoco existen redes sino ha sido posible conformar ideas y principios mínimos de organización. Lo que existen son autores integrados en redes que se pueden distanciar o acercar en la forma de ver diversas problemáticas, *por lo que lo adecuado sería acoger propuestas de autores entendidas como la producción puntual de redes, o aportes de redes conformadas por diversos autores, siendo válidos tanto los aportes de unos como de otros.*

La dimensión *Conocimiento Práctico* \leftrightarrow *Conocimiento Teórico*, como ya se ha sugerido desde la perspectiva del proyecto IRES, y con las variantes -que veremos más adelante en el capítulo 3- que diversos autores han venido desarrollando en su interior, se acoge desde un proceso de investigación en el que de forma permanente se aboga por *la integración entre teoría y práctica.*

La dimensión *Congresos (Ponencias y comunicaciones)* \leftrightarrow *Revistas (artículos)*, aunque no desconoce que una ponencia se puede transformar en artículo o viceversa,

llama la atención sobre la importancia de reconocer que ambos son espacios importantes y diferentes en la construcción de conocimiento y difusión (agregación) de información, pues de esta forma los investigadores y los profesores construyen conocimiento en el área, como es el caso uno de los tres Congreso Internacionales más importantes a nivel mundial, organizado por la revista *Enseñanza de las Ciencias* (Pro Bueno, 2009).

La dimensión *Liberación (insumo social para la auto-organización) ↔ Control de la información (mercancía)* reconoce que existen informaciones de valor en el ámbito, que se ponen a disposición y acceso libre, como un insumo social que permite procesos de auto-organización de comunidades de trabajo en el ámbito, tal y como ocurre con la revista *Investigación en la Escuela*, a cuyos números puede accederse gratuitamente, salvo los de los dos últimos años. *Desde esta perspectiva se expresa una posición clara por la liberación de la información que, sin desconocer los requerimientos de financiamiento de diversas empresas académicas (revistas, congresos, libros, etc.), evita que el proceso de investigación caiga en manos de intereses orientados al control de la información.*

En síntesis, desde un posicionamiento crítico sobre la información y el conocimiento, en esta tesis se valoran primordialmente las buenas investigaciones que, en la medida de lo posible, como empresa humana para el autor⁴, y sin importar su región de procedencia, la lengua, su valor económico, los titulares de su producción contribuyan a una construcción respetuosa del problema con respecto a otras tradiciones en el área. Y, también, con el propósito de aportar en los procesos de auto-organización de los investigadores en didáctica y del profesorado de ciencias.⁵

1.1.2. *La magnitud de la tarea desde el análisis superficial de la evolución del sistema didáctico*

Establecidos de manera explícita algunos criterios acerca de la naturaleza del tipo de información que se considera relevante en esta investigación, la pregunta por el tamaño o magnitud de la empresa ha surgido en consecuencia. Dicha cuestión se debe responder desde un enfoque evolutivo, pues aunque la Didáctica de las Ciencias es en la actualidad un campo de conocimiento consolidado, no es menos cierto que respecto al conocimiento de tan sólo hace algunas pocas décadas las concepciones, teorías y principales tesis han variado notablemente (ver Gil, 1994; Furió, 1994). Por lo que se ha decidido realizar el análisis superficial (de forma analítica) de algunos cambios que han tenido los elementos

⁴ Por ejemplo, no hablo y leo japonés y chino, información que por ahora no puedo acceder en esos idiomas, pero eso no quiere decir que no sea interesante conocer las formas en que trabajan la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias en estos países. Descarto de plano que algunos artículos en inglés representen toda la diversidad de los esfuerzos que se hacen en estos países.

⁵ La diversidad de este conocimiento se irá evidenciando en el desarrollo de los diferentes capítulos de esta tesis.

del sistema didáctico: profesor, estudiantes, conocimiento y contextos, en ese relativo corto periodo de tiempo para mostrar lo *grueso* de dichos cambios y acercarnos a concebir (al menos intuir) la magnitud de tal tarea.

Este sistema es hoy *evidente* para la pedagogía y didáctica occidental, pues refiere a elementos que aunque son verdaderos sistemas en sí mismos, conservan su identidad, pero también es cierto que mediante procesos de socialización hemos aprendido a reconocerlos como tal. Esta realidad que hoy nos parece objetiva, esconde en el fondo un lenguaje que la acota y define (Ballenilla, 2003:74) como sistemas particulares; lenguaje y objetos del mundo que tienen su origen especialmente en una sociedad feudal que se inspira en la tradición monástica para emprender las labores escolares (primera revolución educativa), pero que va teniendo transformaciones sucesivas gracias a las interacciones entre factores endógenos y exógenos a la escuela (Brunner, 2000). Lo cual se decanta en una configuración específica de dichos factores (ver tabla 1.2) denominada revolución, siendo factible incardinar nuestra actual posición histórica entre la tercera y la cuarta.⁶

En el marco histórico de la transición entre estas dos última revoluciones, es posible dar lugar a las transformaciones que propone Porlán (1998:179) para pasar desde una Didáctica de las Ciencias en su etapa tecnológica, caracterizada por una visión positivista de la Ciencia (una versión simplificada de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Ciencia, que adopta la lógica científica como principio didáctico), a otra caracterizada por una visión más relativista de Ciencia; la cual plantea: una visión más compleja de los procesos de enseñanza-aprendizaje; el estudio de las concepciones de los alumnos; la crítica a los modelos tradicional y tecnológico; la apertura interdisciplinar, el análisis didáctico de los contenidos, el estudio inicial de las concepciones de los profesores, al modelo docente constructivista como alternativo, y a una visión de la Didáctica como disciplina práctica.

De forma consistente con los anteriores planteamientos, Fernández, Elórtegui y Medina (2002), trazan algunas líneas de transformación de la Didáctica de las Ciencias que se ajustan aquí a los elementos del sistema didáctico y se enriquecen con algunos aportes de otras fuentes.

⁶ Los factores que se presentan en la tabla han tenido como base la propuesta de Brunner (2000), lo que no implica que está plenamente de acuerdo con todo lo que en ella se plantea. Este investigador latinoamericano ha realizado trabajos para el Proyecto de Reforma Educativa de América Latina – PREAL, entidad que sirve de referente para los gobiernos de la región en el proceso de reforma de los Sistemas Educativos que han venido realizando en las últimas décadas.

FACTORES	SEGUNDA REVOLUCIÓN: Sistemas Escolares Públicos	TERCERA REVOLUCIÓN: Masificación Educativa	CUARTA REVOLUCIÓN: Sociedad de la Información	
ENDÓGENOS	Tradiciones del sistema	Acceso de pocos por condiciones económicas y geográficas	División mecánica del trabajo, especialización y secuencialización de tareas, disciplinamiento de las actividades humanas y jerarquización de las funciones y posiciones	Flexibilización en la organización. Interdisciplinarietà. Integración de tareas. Trabajo en equipo.
	Organización y administración de las instituciones que imparten enseñanza	Instituciones propias. Se distinguen y ordenan secuencialmente sus materias y, hacia fuera, impone regulaciones del comportamiento, un código de disciplina escolar	Estandarización del proceso educacional, base progresiva para la extensión a todos. Inspirados en el modelo de fábrica	Flexibilización. Existen otros tipos de conocimiento y espacios válidos para la construcción del mismo. Lo que le da sentido a la propuesta de créditos flexibles dentro del currículo universitario
	Formación y conformación del cuerpo docente	Los maestros comienzan a especializarse y profesionalizarse	Cuerpo profesional de docentes a cargo del estado, debe prepararse en un conocimiento estable.	Formación para el aprendizaje permanente. Integración con otras disciplinas y definición de campos de saber
	Estándares y métodos de evaluación empleados	Alumnos clasificados según edades y la tarea educativa a desarrollar	Disciplinamiento de la fuerza laboral, exacto ejercicio de las labores propias del puesto de trabajo	Estándares acordados con otros países. Definición de competencias profesionales vistas desde un modelo pragmático
EXÓGENOS	Qué enseñar, a quiénes, cómo, dónde y cuándo inciden la cultura de la comunidad	Se hace posible el desarrollo de ideologías, las cuales movilizan a las personas sobre la base de diagnósticos y representaciones de futuro	Leer y escribir, indispensable responder a los requerimientos de una economía industrial	Habilidades básicas (comunicativas, ciencias, etc), ajustadas al desarrollo vertiginoso del conocimiento, el cual ha pasado a ser inestable
	La Demografía	Creación de fronteras nacionales y habitación en espacios definidos propios de la nación	Proliferación de las ciudades como formas de agrupamiento de los individuos y construcción de la civilidad (Modernidad y Constitucionalidad).	Movilidad asociada a la búsqueda de mejores oportunidades de vida. En el caso colombiano se suman causas propias del conflicto interno
	La actitud de las familias	Búsqueda de la estandarización, de la formación y el comportamiento	Derecho de la ciudadanía y principal medio para acceder al trabajo remunerado	Incertidumbre. La rápida adaptación al cambio parece como una necesidad y cualidad. La formación no garantiza empleo en Colombia (Flórez et al., 2002:22)
	Las condiciones políticas	Concentración política en estados-naciones	Construcción de nación, sentimiento de pertenencia y valores de la sociedad	Alternativas al sentido de nación: Movimientos transnacionales, equipos de fútbol, aficiones, valores culturales
	Las demandas de la economía	Del Renacimiento a la Revolución Industrial	Revolución Industrial. La entrada de la Ciencia conllevó a que el sistema educativo sería cada vez más importante para el desarrollo industrial	Revolución del conocimiento. La creación como valor agregado más importante para el desarrollo económico
	Las ideas sobre la educabilidad de las personas	Secularización y homogeneización de la educación	Cualquier persona puede desarrollar habilidades y destrezas, unos mejor que otros	Tiende a predominar el saber hacer, se reconoce que no todas las personas pueden hacer lo mismo
	Las teorías de aprendizaje	Aprendizaje valorado desde la perspectiva del desarrollo de determinadas tareas	El aprendizaje se basa en la adquisición de habilidades y destrezas. El aprendizaje es reflejo de estímulos adecuados	Individualización de la persona a través de aceptar la diversidad de sus desarrollos. Teorías sociales, cognitivas, etc.
	La disponibilidad y uso de tecnologías	Imprenta. Reino del texto impreso	Galaxia de Gutenberg y desarrollos tecnológicos que apoyan procesos industriales (máquina de vapor, bombilla, automóvil)	Medios digitales y analógicos que influyen en generar mayor diversidad en las posibilidades de acceso a la información
	Los recursos que la sociedad está dispuesta a asignar a esta empresa	De un paradigma privado a inicios de uno público	Paradigma público. Hacia uno público privado en la educación superior colombiana desde la Ley 30 de 1992 (Flórez et al., 2002)	Paradigma público como servicio, a cargo de instituciones nacionales o extranjeras

Tabla 1.2. Descripción de los factores de las tres últimas revoluciones educativas. Tomado de Ramírez y Morales (2006).

En relación con el *conocimiento escolar* actualmente se ha incorporado la idea de interdisciplinariedad a través de desarrollos en educación ambiental, relaciones CTS y áreas transversales; la comunicación que se realiza alrededor de ese conocimiento ha permitido el ingreso de herramientas nuevas de trabajo (p.e. los ordenadores y la Internet), y uso de diversas fuentes de información; la urgente necesidad de preparar para enfrentar situaciones desconocidas a través de la resolución de problemas, enseñanza por investigación y estudios de casos; la inclusión de la Ciencia y su naturaleza como objeto de estudio; la enseñanza de procedimientos y actitudes; la naturaleza epistemológica del conocimiento escolar, ya sea visto desde la transposición del saber científico a la escuela o como un conocimiento que resulta de integrarlo con otras fuentes (García-Díaz, 1998).

Respecto a los *estudiantes*, existen nuevos desarrollos para comprender sus formas de pensar y representar el conocimiento, al lado de las clásicas ideas de preconceptos y concepciones alternativas en los años ochenta (Gil, 1994), los mapas conceptuales, esquemas de pensamiento, analogías, ideas previas, modelos mentales, campos conceptuales, estilos cognitivos, o una integración entre campos conceptuales y modelos mentales (Greca y Moreira, 2002; Marques-Toigo, Moreira y Salvador, 2012), por referirnos tan sólo a una perspectiva cognitiva.

Sobre el *profesorado*, el reconocimiento en diversos países de su profesionalidad (reclamada antes desde una perspectiva crítica por los movimientos de renovación pedagógica, y ahora impulsada por muchos gobiernos con el objetivo de producir conocimiento como expresión de una nueva versión del interés tecnológico); la evidencia de la complejidad de su conocimiento en términos de la interacción entre teoría y práctica profesional (Clará y Mauri, 2010) desde una concepción psicológica, la complejidad de su conocimiento profesional (Porlán y Rivero, 1998), la complejidad de sus procesos de actuación y renovación curricular (Pozuelos y otros, 2010); la complejidad de los métodos de enseñanza de los profesores (Wamba, Jiménez y García-Díaz, 2000) y la importancia de sus procesos de reflexión como factor que promueve su desarrollo profesional (Jiménez y Wamba, 2004; De Longhi, 2007); así como la riqueza de sus estrategias de enseñanza (Cañal, 2000a).

Con el *contexto* ha ocurrido algo similar a lo anterior. Desde las políticas orientadas a la transformación de sistemas educativos nacionales, actualmente tiene fuerza la promoción de generalizadas reformas educativas con el objetivo de hacer más eficiente la formación de los ciudadanos (Mejía, 2006); aunque muchas de ellas se anuncian beneficiando a la población general, terminan por orientarse bajo los intereses económicos de aumentar la productividad y competitividad (Ballenilla, 2003:136). Otro tanto ocurre con los centros de

formación, donde han estado en consideración los proyectos educativos de centro (con más o menos autonomía), como una acelerada presencia de procesos de evaluación de la efectividad de los mismos en la perspectiva *eficientista* aplicada a los sistemas educativos. En relación con las transformaciones tecnológicas, las TIC han hecho posible la creación de lo que se han llamado telecentros, y con ellos los procesos de teleformación, que pueden ser investigados, incluso, desde una perspectiva de enseñanza-aprendizaje por investigación (López-Meneses, 2007).

Además de *hacer evidente que referirse al sistema-aula a través de sus componentes es una tarea bastante compleja*, con base en lo anterior -se reitera que es un panorama analítico y superficial⁷- se puede inferir que la amplitud de la información que existe, relacionada con la problemática, es abundante, diversa y bastante dispersa. Pero por la primera vía, el estudio bibliométrico estándar, se concluye que el cumplimiento de la totalidad de los criterios claves de búsqueda, es escaso e insuficiente.⁸ Esta aparente *sin-salida* tiene dos ventajas: 1) evidenciar que se intentaron formas *tradicionales* de búsqueda de la información, pero que no se ajustan de forma adecuada a este problema; 2) que este ejercicio sirve como argumento para sustentar la construcción de criterios de búsqueda, que sirven a su vez como un meta-contexto teórico que incardina y ayuda a conceder mayor sentido a la revisión en sí misma.

1.1.3. *Una perspectiva compleja de los criterios de búsqueda a partir de la revisión de vertientes, en relación con el desarrollo profesional del profesorado y las NTIC*

Las anteriores estrategias de búsqueda, siguiendo los principios del apartado 1.1. (tabla 1.1), contribuyeron a contar con las razones necesarias para decidimos por estudiar algunas vertientes académicas que investigan cuestiones relacionadas con el desarrollo profesional del profesorado en la línea de ahondar en las relaciones entre pensamiento y acción pedagógicas, y la inevitable referencia al sistema-aula como principios constantes contemplados a través del desarrollo del proyecto IRES. Y ello, con independencia de los logros que se hayan consolidado en diferentes etapas de esta vertiente. Igualmente se ha hecho con el proceso de inclusión de las NTIC.

⁷ Es superficial en la medida que apenas se han tomado ejemplos de estudios y fuentes sin agotar las referencias, pero también lo es porque se orienta como una mirada analítica de estos elementos sin abordar las interacciones entre los componentes del sistema didáctico, lo que incrementa dramáticamente la información a tratar.

⁸ Se ha realizado la búsqueda en las revistas del ISI; luego se depuró la búsqueda en las revistas que tienen en su nombre las palabras: EDUCACIÓN, CIENCIA, TECHNOLOGY, EDUCATION, COMPUTING, TEACHERS, TEACHING; International Handbook of Science Education y de Investigación Cualitativa. La búsqueda se ha ampliado a las bases de datos SCOPUS, ERIC, DIALNET y REDaLYC, obteniendo documentos interesantes que cumplen parcialmente con las solicitudes de la búsqueda.

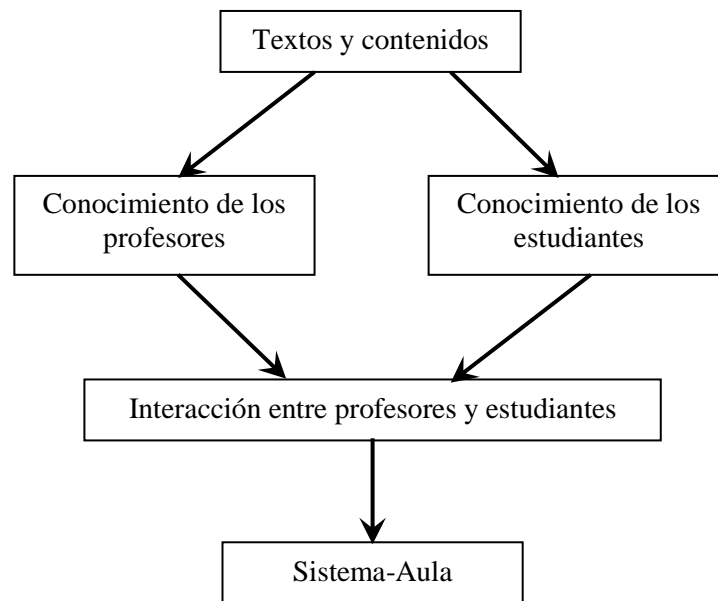


Figura 1.1a. Criterio Ontológico formulado como Hipótesis de Progresión.

Las vertientes consideradas bajo los límites inherentes a este estudio (teoría, práctica, desarrollo profesional, TIC y NTIC) son: el Modelo Didáctico de Investigación en la Escuela (MIE), desarrollo del proyecto IRES donde se incardina esta tesis doctoral y que, inevitablemente, sirve como la perspectiva desde la cual se enfocan las informaciones que provienen de otras fuentes.⁹ Y ello, aunando aportes de otras corrientes de trabajo que conciben la investigación como estrategia de enseñanza. A estas se suman: la vertiente del Cambio Conceptual; la Escuela Francesa; y la vertiente que abre Lee Shulman en los Estados Unidos al enunciar la existencia del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC en español, PCK en inglés).

En cuanto que se hace necesario comparar (analizar e integrar) información alrededor del problema, proveniente de diversas vertientes, se requiere hacer un meta-análisis de la misma, para lo que se ha hecho conveniente enunciar los criterios de análisis, de manera compleja, *como hipótesis de progresión*¹⁰, que están referenciadas desde la perspectiva del IRES en tres dimensiones: Ontológica, Ideológica y Epistemológica.¹¹ Por otro lado, las decisiones respecto a la

⁹ Es inevitable que poseamos unas concepciones particulares sobre el mundo como parte de una red de trabajo académico en la cual somos actores individuales; nuestras convicciones no las comparten todos los demás actores académicos, por lo que expresar de antemano esta perspectiva es una expresión de respeto hacia otras tradiciones bastante interesantes, pero las cuales tan sólo podemos comprender desde lo que sabemos. Igualmente, estas vertientes han tenido o tienen bastante importancia en el contexto iberoamericano.

¹⁰ Este concepto ha tenido una fuerte tradición y desarrollo en el proyecto IRES, para lo que puede verse como una buena referencia el libro *Hacia una teoría alternativa de los Contenidos Escolares* de García Díaz (1998), donde se desarrolla aplicada al ámbito de los contenidos escolares y su complejización.

¹¹ La presentación de los criterios a modo de hipótesis de progresión poseen un carácter un poco más genérico y abierto respecto al que se le concede desde el proyecto IRES, con el propósito práctico de ayudar a organizar e integrar la información.

organización de estos criterios apuntan a desentrañar lo que ocurre en el sistema-aula como realidad social.

En relación con la forma de concebir el objeto de estudio (Ontología) podemos reconocer que siendo el *sistema-aula* el nivel más complejo (García-Díaz, 1988; Cañal, 1998; García-Pérez y Porlán, 2000), los demás componentes de la hipótesis se consideran subsistemas del sistema-aula, entendido este como una realidad social singular, compleja histórica y socialmente situada, que posee un propósito (Cañal y Porlán, 1988). Para ilustrar su complejidad, conozcamos algunas palabras de Doyle (1985) acerca de la imposibilidad de simplificarla:

“[...] Las aulas son entornos sumamente complejos de múltiples dimensiones, muchas de las cuales operan simultáneamente y donde los hechos se desarrollan de manera inmediata e imprescindible (véase Doyle, 1977a). Además, la vida en el aula posee una historia de varios meses y la interacción profesor-alumno resulta visible para todos los participantes. Como resultado de ello, se desarrollan normas de conducta, las expectativas sobre los hechos futuros pueden ser afinadas y los temas de imparcialidad y justicia están siempre presentes. En consecuencia, no resulta razonable esperar que los "tratamientos" en la clase operen de la misma forma que en el laboratorio. Es más, las diferencias entre el laboratorio y el aula son aún mayores de lo que muchos psicólogos y pedagogos han imaginado.” (p. 34).

Por lo que reafirmamos con Cañal y Porlán (1988) que:

“Pese a la existencia de ciertas regularidades, que se han recalado anteriormente, el sistema-aula tendrá unas características propias en cada caso: en sus componentes estructurales y en su funcionamiento. Por ello, es adecuada la caracterización que hicimos de éste como sistema complejo y singular, en oposición a aquellas propuestas que, de hecho, lo han definido como una entidad simple (con muy pocos elementos: profesor, alumnos, libro de texto) y generalizable, es decir, susceptible de un tratamiento didáctico estereotipado (Porlán, 1985).” (p. 56)

Bajo esta premisa, se concibe que el nivel más simple se presenta cuando *los textos y los contenidos escolares* son el único referente de estudio ([figura 1.1a](#)). Lo anterior significa que se caracterizan los avances de investigación porque los estudios se centran solamente en tales textos y contenidos; *se mira tan sólo uno de los componentes que son importantes en la construcción del sistema-aula como realidad social, sin importar si son de carácter innovador o no.*

En el nivel de transición podemos ubicar aquellos enfoques que se centran tan sólo en el conocimiento de los profesores o de los estudiantes, como ocurrió con todo el movimiento de preconcepciones (concepciones alternativas, erróneas, etc.) en la década de los ochenta en España (Gil, 1994), y como se ha venido consolidando desde la perspectiva del aprendizaje y el enfoque de Cambio Conceptual (Moreira y Greca, 2003). Pero también ha ocurrido otro tanto con

las investigaciones sobre el pensamiento del profesor (Contreras, 1985; Gil, 1994).

En un nivel más complejo que el anterior, se ubican los estudios que se refieren a las interacciones estudiante \leftrightarrow profesor (y estudiante \leftrightarrow estudiante) en el contexto del sistema-aula. Un ejemplo interesante al respecto, son los resultados obtenidos por Candela (2001a) en relación con el estudio de clases tradicionales de básica primaria mexicana desde una perspectiva discursiva. La autora muestra que la creencia en que los estudiantes no razonan y argumentan al interior de clase no es tan cierta, pues a pesar que en las interacciones el profesor no lo pretenda, los niños despliegan estrategias que exigen de parte de los profesores desarrollar procesos de argumentación más complejos, como se ilustra en el siguiente fragmento tomado del texto original:

“Un tipo de argumentación similar a la de establecer una analogía es la que aparece en la sección anterior, cuando un niño sostiene, contra la versión docente, que la madera es más pesada que el fierro:

Extracto 3.10

49 Mo: ¿seguro?

50 As: sí::

51 => Ao: sí (.) porque (.) a ver (.) cárguese un árbol a ver si no

52 está pesado”

En esta intervención el niño argumenta en favor del peso de la madera, inventando una situación en la que un objeto de madera (un árbol) es difícil de cargar por el peso. Con esta referencia al peso de un árbol argumenta con una especie de ejemplificación.” (p. 113)

Desde esta referencia, el sistema-aula en todas sus dimensiones se corresponde con el nivel más complejo desde el punto de vista ontológico, un nivel que sirve de referencia, que se puede estudiar parcialmente mediante modelos del mismo, como el propuesto por Cañal y Porlán (1988), García-Díaz (2000 [1988]) o Ballenilla (2003).

Respecto a la forma de concebir los propósitos del trabajo de investigación (Ideológico) *en el plano didáctico*, se expresa mediante las caracterizaciones que se hacen del conocimiento escolar. En la relación institucional que la enseñanza y aprendizaje tienen en la escuela, dicho conocimiento es precisamente el contenido de dichos procesos, y su interacción (enseñanza-aprendizaje) parte de los procesos de formación de ciudadanos (Carr, 2003). Por tanto, no es extraño que en la actual revolución educativa, las reformas estén a la orden del día en diversos países y sea rentable el discurso que

apoya una supuesta *crisis generalizada* de la enseñanza¹², con un fuerte sesgo hacia favorecer los intereses de las grandes corporaciones económicas (Ramírez, 2006). Al respecto, acogemos la opinión de Esteve (2004) en torno a esta situación de cambio, donde reconoce el importante papel que ha jugado el profesorado en el caso particular del estado español:¹³

“[...] Pero, además, al estudiar los logros educativos de los últimos treinta años encontramos avances tan profundos y significativos que realmente podemos hablar de una auténtica revolución educativa: escolarización plena de todos los niños en educación primaria; aceptación de la responsabilidad del Estado en la educación preescolar; declaración de la obligatoriedad de la educación secundaria; igualdad de oportunidades en el acceso a la educación para hombres y mujeres, incluyendo la universidad; organización de respuestas educativas integradas para niños con dificultades especiales ... Todos estos avances se han logrado en los últimos treinta años.

...

Y esta profunda revolución educativa se ha hecho sobre la base del esfuerzo de unos cuerpos de profesores a los que no se han ofrecido los medios para hacer un trabajo de calidad en la nueva situación.” [El resaltado es nuestro] (p. 5)

Esta situación *crítica* opera necesariamente usando el currículo escolar porque este es un espacio de disputa política e ideológica mediante el cual buscan imponerse formas particulares de ver el mundo,¹⁴ implantadas como factores exógenos (endógenos) al sistema educativo (ver tabla 1.2). En consistencia con este papel, suscribimos en el ámbito didáctico el papel mediador que posee *el conocimiento escolar* en la interacción entre los procesos de enseñanza y aprendizaje (García-Díaz, 1998; Wamba, 2001:63). Desde una perspectiva filosófica, esta relación es una forma concreta de evidenciar las asociaciones entre conocimiento e interés (Habermas, 1982 [1968]).

Así, el nivel más simple de la hipótesis de progresión, para este criterio, corresponde a los estudios que toman y aceptan, de forma explícita o implícita, el conocimiento de la disciplina como la única fuente de referencia para construir el conocimiento escolar. Estos enfoques apuntan a promulgar la formación de los estudiantes en una perspectiva socializadora de la escuela, que propende por mantener el *status quo*, la realidad socioambiental y sus diversas problemáticas (pobreza, guerras, sobrepoblación, escasez de recursos energéticos, etc.) como

¹² En el caso español, el manifiesto NO ES VERDAD de la Red IRES (conformada por una parte de los miembros del proyecto IRES) expresa su perspectiva respecto a dicha supuesta crisis. Disponible en <http://www.redires.net/>

¹³ Igual reconocimiento se puede hacer al profesorado colombiano.

¹⁴ Para el caso de la inclusión de la física como parte de una disputa ideológica y de poder en el currículo español pueden verse, entre otros, la serie de tres artículos publicados por Moreno (2003a,b,c) en la *Revista Española de Física*. Para el caso colombiano puede consultarse el libro *Los textos escolares en Colombia: dispositivos ideológicos 1870-1931* de Cardoso (2007).

algo objetivo y natural, propios de un enfoque de reproducción social y asociados a un modelo *transmisivo* de la enseñanza.

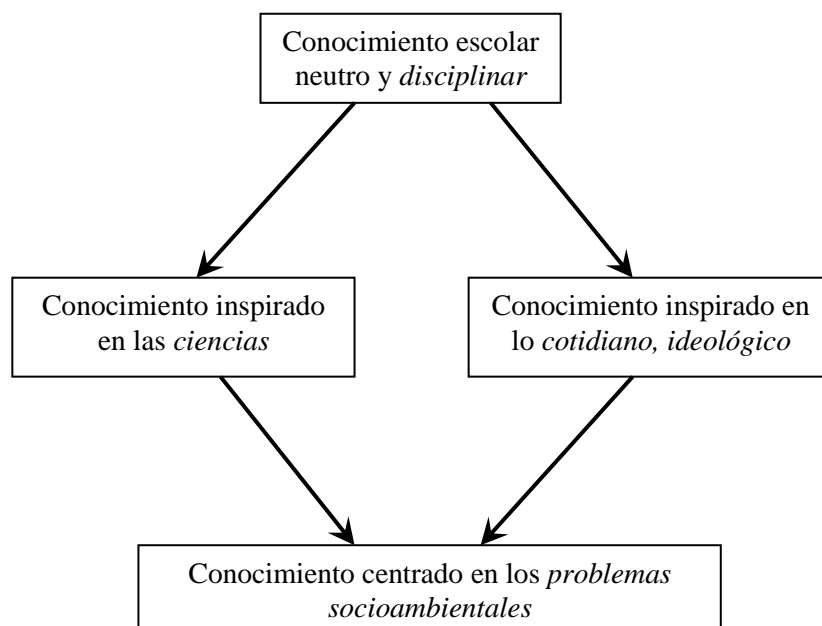


Figura 1.1b. Criterio Ideológico formulado como Hipótesis de Progresión.

Un segundo nivel de complejidad presenta una definición dual que ó (1) da prioridad al conocimiento científico, como referente fundamental que contribuye en la formación de ciudadanos que comprenden y transforman el mundo desde una *perspectiva científica*, o bien (2) concede la prioridad a aquellas propuestas que, desconociendo el valor del conocimiento científico (en el otro extremo), consideran que otros conocimientos (cotidianos, ideológicos, tecnológicos, etc.) son de mayor importancia que el científico. Ambos enfoques se formulan desde un *absolutismo epistemológico* en el que se da por sentado que un tipo de ellos simplemente es mejor que otros, dejando de lado una visión relativa (Toulmin, 1977) y compleja (Morin, 1984, 2002) del conocimiento.

El nivel más complejo y de referencia en este criterio es el conocimiento centrado en los *problemas socioambientales* (Gil, Vilches, Edwards, González, 2000) que sean más importantes para la vida de los sujetos (Cañal, 1997a,b,c). Además de responder a una forma particular de concebir que enseñamos Ciencias en la escuela para “que los alumnos trabajen problemas abiertos y complejos, que conecten con sus intereses y preocupaciones, capaces de movilizar contenidos culturales significativos y socialmente relevantes” (García-Díaz, 1998), suscribimos con este autor que:

“En un momento como el actual, en el que hay que optar entre la idea de un crecimiento económico ilimitado, basado en la confianza de que los recursos son inagotables y que la ciencia resolverá los problemas que se puedan presentar, y la idea de

una desaceleración del desarrollo y del consumo, de búsqueda de una mayor armonía en las relaciones sociales y con el medio (Luffiego et al., 1994) parece conveniente utilizar la problemática social y ambiental como objeto de estudio para trabajar con los alumnos y alumnas.” (p. 17)

En relación con la forma de construir conocimiento sobre el conocimiento profesional del profesorado (Epistemológico) se propone como el nivel más complejo y de referencia el de aquellas investigaciones que asumen como premisa el reto de integrar teoría y práctica profesional. Como lo plantea Álvarez (2011), las investigaciones son escasas en esta orientación, pero además destaca que dicha integración sea considerada todo un *mito pedagógico*, para lo que cita las palabras de Gimeno (1998:33):

“Cuanto más ambiguo sea un concepto o una pretensión, puede despertar significados en tanta más gente, concitar y aunar tantas más esperanzas. De esa forma es asumido como instrumento compartido en el que, aparentemente, todos están de acuerdo, aunque cada cual le atribuya una acepción diferente. En vez de ser un instrumento para comunicarse pasa a ser un mito que aúna a todos los creyentes en el mismo. Con el principio de relación teoría-práctica pasa algo parecido en educación.” **Y continúa:** “práctica y teoría son, evidentemente, dos comodines del lenguaje, cuya significación dispersa complica bastante la forma de entender la relación entre ambos.” (Citado por Álvarez, 2011:10)

En este marco, el nivel más simple es el que ocupan aquellos estudios donde se da predominio a la teoría o a la práctica; en estas condiciones se considera que su simplicidad surge precisamente de considerar que la teoría (o la práctica) es suficiente para comprender el desarrollo profesional alrededor de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Negación de la relación teoría-práctica que desconoce los planteamientos de Gimeno y Pérez (1992:14):

“La práctica –la buena y correcta práctica- no se puede deducir directamente de conocimientos científicos descontextualizados de las acciones en contextos reales. En primer lugar porque la realidad educativa en la que los profesores están llamados a trabajar no la ha creado la ciencia, como ocurre con muchas de las tecnologías modernas. Si creyésemos que los profesores pueden realizar una enseñanza “adecuada” a partir del conocimiento científico, habría que explicarles por qué siempre se topan con una realidad que no se lo permite a los que lo intentan. La profesionalidad del docente antes que deducirse sencillamente de la ciencia tiene que acentuarse sobre el buen juicio ilustrado por el saber y apoyarse en un sentido crítico y ético capaz de apreciar qué conviene hacer, qué es posible y cómo hacerlo dentro de unas determinadas circunstancias. Huimos de contribuir a la idea de que la formación del profesorado y su actualización se deduce de la posesión de destrezas o de conocimientos seguros, cuya aplicabilidad emana de su propia autoridad científica, en muchos casos confundida en argumentos alambicados.” (Citado por Álvarez, 2011:47)

De esta forma aparece un nivel de transición dual, que se caracteriza por aceptar la relación entre teoría y práctica, pero donde se considera implícita o

explícitamente –como lo plantea anteriormente Gimeno- que la posesión de ciertas destrezas o de conocimientos seguros, de carácter científico, son suficientes para garantizar su aplicabilidad; en la primera perspectiva se supone que son ciertas destrezas y/o secuencias de estas, que después de haber sido probadas como eficaces, simplemente son garantía suficiente para ser aplicadas en la enseñanza real. En la segunda se considera que es el conocimiento teórico (de profesores o investigadores) sobre la vida escolar la que garantiza que las actuaciones sean acertadas.

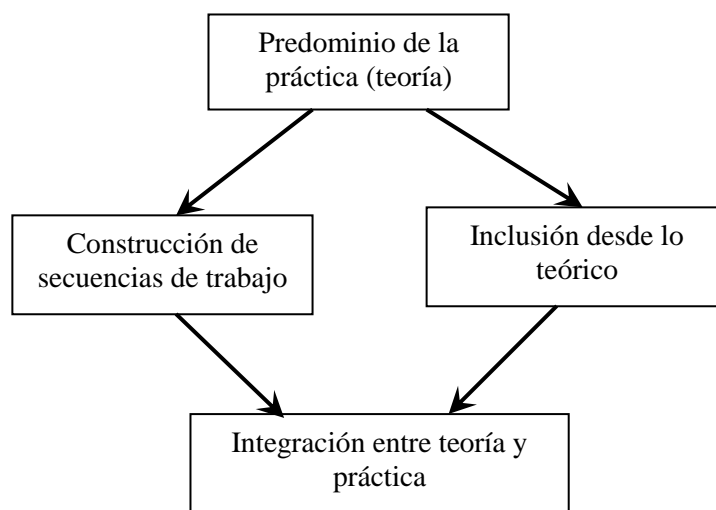


Figura 1.1c. Criterio Epistemológico sobre el conocimiento profesional del profesorado formulado como Hipótesis de Progresión.

En cuanto al tercer nivel, que acepta y estudia la relación teoría-práctica es posible encontrar argumentos suficientes para afirmar que dicha relación es, por lo menos, compleja. La diferencia con el nivel anterior es que aquí las relaciones entre teoría y práctica no se conciben de forma asimétrica (*la teoría es suficiente para enseñar* o *saber enseñar es suficiente para ser profesor*) sino que poseen una relación que se acerca más al carácter de una interacción en la que una transforma a la otra, condición necesaria para reconocer en el conocimiento profesional una naturaleza de tipo práctico.

1.1.4. *Los criterios expresados como hipótesis de progresión y su apareamiento en díadas como una forma de construir espacios de mapeo para identificar tendencias, cuestiones y objetos de estudio consolidados*

En el proceso de organización (integración) de la información, ha emergido como criterio de trabajo la posibilidad de tomar las dimensiones Ontológica, Ideológica y Epistemológica para parearlas y, con ellas, formar *planos* que sirvan para representar (*mapear*) la posición de los estudios y la forma que toman (configuración) para identificar tendencias, cuestiones y objetos de estudio

consolidados (y aportes teóricos) que son fundamentales para el trabajo de investigación.

Esta decisión de *mapear* los estudios cruzando los criterios expresados en hipótesis de progresión como parejas, no obedecen solamente a un juego en que *todo vale* sino que, por el contrario, ha resultado de todo un proceso de elaboración de una perspectiva más compleja sobre el conocimiento. Con base en lo anterior, nos serviremos de adelantar algunos pequeños elementos que llevan a sostener que tal apareamiento no solamente es posible sino necesario, y que, además, significativo en el marco de este estudio.

Sirvan las palabras de los profesores alemanes Fischer, Borowsky y Tepner (2012):

Nathaniel Gage (1964) señala que la enseñanza, al igual que todas las demás actividades en el aula, abarcan demasiados tipos de procesos diferentes, comportamientos o interacciones para que sea descritos por una sola teoría. Incluso entonces, él sugirió que el concepto de enseñanza y el aprendizaje deben ser analizados a la luz de los tipos de actividades docentes, objetivos educativos y teorías de aprendizaje. Por lo tanto, la estimación de la calidad de un lección se combina inseparablemente con las actividades profesionales de los maestros en el aula y puede, por ejemplo, controlarse mediante la evaluación de los resultados del aprendizaje de los estudiantes en los niveles cognitivo y emocional. Como consecuencia, la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje en la escuela incluye el cuestionamiento de la calidad de la enseñanza desde al menos tres ángulos diferentes, que incluyen algunas perspectivas y facetas de la personalidad de los profesores, su conocimiento profesional, y su aplicación en condiciones aula. [...]. (p. 435) [La traducción es nuestra¹⁵]

Es una forma de evidenciar cómo el reconocimiento del aula como sistema complejo (ontológico) se encuentra asociado a perspectivas en las que existen opciones diversas incluidas al interior del criterio epistemológico, identificadas como paradigmas para entender el conocimiento profesional: el paradigma de la personalidad del profesor, el paradigma proceso-producto, y el paradigma del experto.

Un segundo ejemplo proviene de los estudios de Jackson (1968, citado por Contreras 1985) sobre la vida en las aulas reales de clase, en un número de la

¹⁵ Del fragmento original: “Nathaniel Gage (1964) points out that teaching, like all other classroom activities, embraces far too many different kinds of processes, behaviors, or interactions for it to be described by a single theory. Even then he was suggesting that the concept of teaching and learning should be analyzed in the light of teachers’ types of activities, educational objectives, and learning theories. Therefore, estimating the quality of a lesson is inseparably combined with teachers’ professional activities in the classroom and it can, for example, be controlled by assessing students’ learning outcomes at the cognitive and emotional levels. As a consequence, research on teaching and learning at school deals with the question of the quality of instruction from at least three different angles, which include certain perspectives and facets of teachers’ personalities, their professional knowledge, and its application under classroom conditions. [...]”

española *Revista de Educación* en torno a los postulados que habían soportado, hasta ese momento, los estudios *sobre pensamiento del profesor* en otros ámbitos regionales. Sostiene Contreras que un rompimiento con la hegemonía de la enseñanza desde la perspectiva proceso-producto tiene una de sus raíces en la obra *La vida en las aulas* de Jackson que, sin tener mucho impacto en al menos dos décadas, por primera vez parte de reconocer las formas de pensar de los profesores en clase. Al estudiar profesores caracterizados por realizar buenas prácticas de enseñanza, expresa Contreras (1985) que uno de los resultados sorprendentes de Jackson consiste en que:

“Al analizar el punto de vista de los profesores sobre la vida de la clase, Jackson observó que éstos manifestaban en su conversación una al menos aparente simplicidad conceptual y de pensamiento en general, cuando conociendo las dificultades que conlleva el oficio de enseñar, sería de esperar un pensamiento complejo. Tal descubrimiento podía resultar más sorprendente aún, si se tiene en cuenta que el criterio de selección de la muestra de profesores entrevistados fue su prestigio de buenos profesionales.” (p. 6)

De esta forma, *escuchar* a los profesores es todo un cambio de carácter ontológico, que se liga a modificaciones sobre los propios criterios epistemológicos que nos permiten valorar el tipo de validez que pueden poseer las propias descripciones de los profesores sobre sus propias prácticas de enseñanza.

Un tercer ejemplo de las interacciones entre estos criterios se puede desplegar desde la perspectiva de Shulman (2001); desde un punto de vista ideológico cita:

“[...] Mi concepción de la enseñanza no se limita a la instrucción directa. A decir verdad, mi inclinación a favor del aprendizaje por descubrimiento y a la enseñanza por indagación es entusiasta y de larga data (por ejemplo, Shulman y Keislar, 1966). Ahora bien, incluso en las formas de educación más centradas en el alumno, donde gran parte de la iniciativa está en manos de los estudiantes, apenas hay margen para la ignorancia del maestro. En realidad, tenemos razones para creer que la comprensión por parte del maestro es un factor incluso más decisivo en la clase orientada hacia la investigación que en su alternativa más didáctica.

Un aspecto esencial de mi concepto de enseñanza lo constituyen los objetivos de que los alumnos aprendan a comprender y a resolver problemas, que aprendan a pensar crítica y creativamente y que aprendan datos, principios y normas de procedimiento. Por último, a mi juicio el aprendizaje de una asignatura no es con frecuencia un fin en sí mismo, sino más bien un vehículo al servicio de otros fines. Sin embargo, por lo menos en el nivel secundario, la asignatura es un vehículo de instrucción casi universal, cualquiera sea su objetivo último.” (p. 173)

En coherencia con estas ideas, Shulman inicia el prólogo del documento sosteniendo que:

“Son escasas las descripciones pormenorizadas del profesor experto. Si bien existen muchas definiciones del profesor efectivo, la mayoría de ellas se concentra en la forma en que el maestro se maneja en la sala de clases. **Se encuentran pocas descripciones o análisis de docentes en las que se preste especial atención no sólo al manejo de los alumnos en clase, sino además al manejo de las *ideas* en el aula.**” [El resaltado es nuestro] (p. 164)

De esta forma se evidencia que una forma de concebir el propósito de la enseñanza (ideológico) posee una formulación asociada en el plano ontológico: una preocupación por identificar las ideas de los alumnos en clase, respecto a la cual Shulman denuncia que para esa época poco se tienen en cuenta.

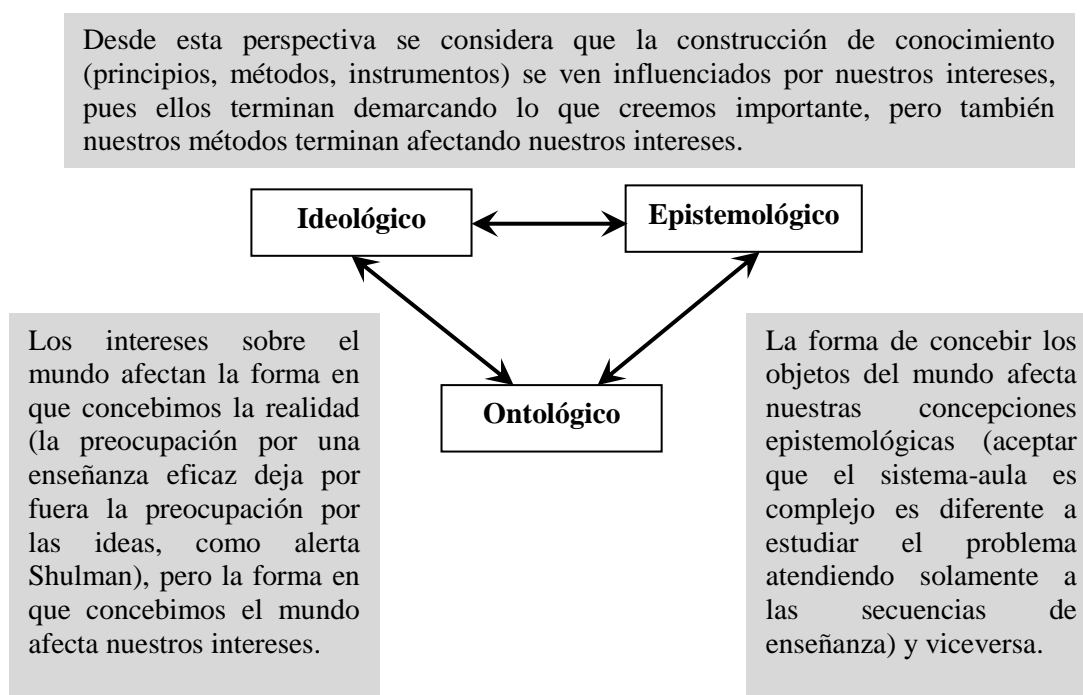


Figura 1.2. Interacciones entre los criterios Ideológico, Ontológico y Epistemológico.

Los tres ejemplos anteriores, intencionalmente incardinados fuera del proyecto IRES -para mostrar nuevamente la complejidad de la revisión que deben ayudar a resolver los criterios, incluso por fuera de nuestras fuentes teóricas connaturales- dan muestras de que criterios interaccionan entre sí en el marco de estudios concretos. En la figura 1.2 se representan gráficamente y se caracterizan tales interacciones.

PRINCIPIOS DESDE LA PERSPECTIVA COMPLEJA	POSICIÓN EN ESTE ESTUDIO
COMPLEMENTARIEDAD DE LA RACIONALIDAD UNIVERSAL CON LA RACIONALIDAD SINGULAR O LOCAL	El reconocimiento de las diversas regiones y las publicaciones respectivas al lado de las fuentes de tipo internacional son una forma de aceptar que los aportes alrededor del problema de investigación no son exclusivos de un grupo humano, ya sea organizado en una revista o en una red, por ejemplo.
NECESIDAD DE HACER INTERVENIR LA HISTORIA EN TODA DESCRIPCIÓN Y EXPLICACIÓN	En la medida de lo posible, los profundos cambios y las formas diversas que se han desarrollado en el área en referencia con los componentes del sistema didáctico, hacen que necesariamente la historia de los conocimientos en cada vertiente sea protagonista.
PRINCIPIO SISTÉMICO. IMPOSIBILIDAD DE CONOCER LAS PARTES SIN CONOCER EL TODO Y DE CONOCER EL TODO SIN CONOCER LAS PARTES	La elección de las vertientes permite reconocer un <i>todo</i> que le da sentido a cada uno de los aportes (<i>avances</i>) que se reconocen al interior de las mismas en relación con el problema a estudiar.
IMPOSIBILIDAD DE REDUCIR EL CONOCIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN DE LOS SISTEMAS AL CONOCIMIENTO EXCLUSIVO DEL ORDEN DE LOS MISMOS (leyes, invariantes, etc.)	Suscribir con los profesores Gimeno y Pérez (1992) que es imposible derivar de forma lógica la buena y correcta práctica de los conocimientos científicos trae como consecuencia que obtener una mirada parcial del orden sobre la realidad a investigar no agota el conocimiento sobre la organización de los sistemas involucrados, en este caso el sistema-aula.
CAUSALIDAD COMPLEJA: INTER-RETROACCIONES, INTERFERENCIAS, DESVIACIONES, INTERRELACIONES MÚLTIPLES	Se espera que este enfoque del estudio haga posible seleccionar diversas informaciones y conocimientos que se relacionen de manera múltiple con los principios del proyecto IRES y, además, ayuden a enriquecer la representación que se tiene sobre el problema y objeto de estudio.
NECESIDAD DE CONTEXTUALIZAR EL CONOCIMIENTO: NO AISLAR EL OBJETO DE SU ENTORNO	Estudiar las vertientes a partir de fuentes diversas, escritas en diversos lenguajes, regiones y medios de divulgación (revistas, libros, memorias de congresos, redes, tesis doctorales, etc.) es una forma de hacer explícitos los entornos donde se han construido y la forma en que contribuyen en la construcción del objeto de estudio.
NECESIDAD DE RELACIONAR EL OBJETO Y EL SUJETO: DE INTRODUCIR EL SUJETO Y EL DISPOSITIVO DE OBSERVACIÓN EN TODA INVESTIGACIÓN	El autor de manera personal interpreta una información desde perspectivas particulares, en especial desde los principios generales del proyecto IRES. El sujeto a su vez es parte del método de investigación, por lo que se hace necesario reconocer que la tesis a su vez es una producción donde los directores de la misma juegan un papel fundamental en el aporte de su saber, experiencia, racionalidad, en una dinámica de consenso.
IMPOSIBILIDAD DE ELIMINAR EL SER Y LA EXISTENCIA MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN Y LA FORMALIZACIÓN (necesidad de los enfoques cualitativos)	El estudio de las vertientes que se relacionan con el desarrollo profesional del profesorado tiene una fuerte orientación cualitativa, desmarcándose desde el principio el enfoque cuantitativo (cuantitativo), en la medida que la complejidad del problema de investigación impide este tipo de soluciones.
NECESIDAD DE RECONOCER CIENTÍFICAMENTE LA NOCIÓN DE AUTONOMÍA	La decisión de realizar este tipo de revisión está explicada por los caminos que se han mostrado ya fallidos, pero también porque de manera autónoma se ubica en el ámbito de los intereses que el autor posee en calidad de profesor. En otras palabras, la tesis doctoral hace parte del desarrollo profesional del profesor, por lo que consolidarse como investigador en didáctica de las ciencias no es simplemente un requisito sino un elemento que entra en el campo de su autonomía.
NECESIDAD DE RECONOCER LOS LÍMITES DE LA LÓGICA FORMAL. Las contradicciones evidenciadas en los procesos de observación/experimentación, lejos de ser errores, son indicadores de un dominio desconocido y profundo de la realidad	Aunadas a las coherencias, se trabaja con el propósito de identificar las posibles contradicciones y disparidades que son una fuente probable de un dominio de la realidad que desconocemos. Por las evidencias que existen ya es posible afirmar dos cosas: a) que la relación entre teoría y práctica es relativamente poco estudiada, b) que dicha relación no es armónica, lo que apunta a ser indicativo de su gran complejidad.
COMPLEMENTARIEDAD DE LAS NOCIONES EVENTUALMENTE ANTAGÓNICAS. Incorporación de la dialéctica a la lógica (<i>pensamiento dialógico</i>)	El mapeo de los aportes de las diversas vertientes a la luz de las diadas que se forman con los componentes Ideológico, Epistemológico y Ontológico desde progresiones fundamentadas en la perspectiva del proyecto IRES obliga a que este pensamiento dialógico se convierta en un principio que afecta el desarrollo de todo el trabajo.

Tabla 1.3. Solución a una posición Epistemológica Compleja ajustada a este proceso de revisión de la literatura. Elaborada a partir de Porlán (1997).

Las interacciones no se suponen ingenuamente de manera *determinista*, donde se admitiría que una variación de ellas implica afectar a las demás de la misma forma y viceversa (bajo una lógica causa→efecto); al fin y al cabo los investigadores y los profesores somos seres humanos que, en el proceso de construcción de conocimientos, también poseemos y desarrollamos

conocimiento y teorías implícitas sobre el mundo (Rodríguez, Rodrigo y Marrero, 1993). Por tal razón, al hacer referencia a estas dimensiones las enfocamos como sistemas de ideas con diversos grados de interacción y complejidad, con *niveles de formulación* (García-Díaz, 1998) que se exponen en las hipótesis de progresión para los criterios Ontológico, Epistemológico e Ideológico (figuras 1.1a, 1.1b, 1.1c), respectivamente. Tendremos así estudios en los que, desde nuestra perspectiva, se puede manifestar una opción compleja de acuerdo con un criterio, pero simple respecto a otro.

Esta inevitable posición de *meta-análisis* a la que nos ha llevado la naturaleza compleja del problema de investigación, obliga necesariamente a cerrar la presentación de estos criterios caracterizando una posición *epistemológica compleja* en la que se contextualiza¹⁶; lo que de acuerdo con Porlán (1997:57-58) incluye unos principios específicos. La solución a dichos principios se configura como un nuevo nivel de organización donde aparecen integrados los ya considerados en el apartado 1.1 (ver tabla 1.3).

Aunque los principios específicos desde esta perspectiva ya se encuentran expuestos en la tabla 1.3, se hace necesario resaltar ciertos aspectos de gran importancia:

- Las hipótesis de progresión sobre los criterios se hacen desde la perspectiva del proyecto IRES, pero se han formulado de la manera más amplia posible. Esta declaración es una expresión respetuosa hacia otras tradiciones, ajustando nuestra perspectiva, pero a su vez relativizándola.
- En consecuencia -a la par de la complejidad del problema, heredada desde una perspectiva en donde se integran las relaciones entre teoría y práctica profesional en relación con el sistema-aula, con el propósito de formar ciudadanos para superar los problemas socioambientales- en la práctica investigativa se produce un descentramiento respecto al marco del proyecto IRES que potencia procesos de revisión y reintegración con otras vertientes.
- Por último, es necesario resaltar que esta tesis doctoral es un trabajo de equipo, donde los saberes y experiencia de los directores de la tesis, los profesores Pedro Cañal de León y Antonio García Carmona, son fundamentales en la solución de reto tan complejo. *Es así que la construcción de la memoria de tesis remite a una estructura de consenso y no a un desarrollo que comúnmente se simplifica a su naturaleza individual.*

¹⁶ Caracterización epistemológica que se aplica también a esta investigación, por lo que se puede considerar complementario al diseño metodológico general.

1.2. El estudio de las vertientes y la integración de nuevas tecnologías

Con base en la información anterior, este apartado se ha organizado presentando por separado el análisis de las vertientes¹⁷ y las contribuciones respectivas en relación con el desarrollo profesional y la integración de las TIC (NTIC)¹⁸. *En consecuencia, esta primera parte será de corte preferentemente descriptivo y con inclusión de información diversa; en la síntesis general (al final del capítulo) se hará la discusión correspondiente que nos permita establecer los aportes concretos sobre la integración de nuevas tecnologías de la información y la comunicación a los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física.*

1.2.1. El estudio del desarrollo profesional en algunas vertientes

Destacamos nuevamente que la revisión de los aportes en la perspectiva de las vertientes es parcial y tan sólo pretende ser suficiente para los propósitos de este estudio. La enorme diversidad de ideas, documentos y estudios en cada uno de estos enfoques exige el reconocimiento de dichos límites, por lo que la revisión aquí propuesta no pretende ser un estudio sobre cada vertiente, sino una selección crítica, responsable e interesada (bajo los propósitos de esta investigación), realizada por un equipo de trabajo, los directores y el autor de la tesis, que mediante consenso han establecido la suficiencia de la información aquí contemplada.¹⁹

Como se mencionó antes, este problema se incardina en un periodo histórico que marca la transición entre la tercera y la cuarta revolución educativas (tabla 1.2). De forma más temprana o tardía en diversos países del mundo se pasa de una escuela que masifica la educación, con el propósito principal de los estados de participar de la Revolución Industrial, hacia una Sociedad que llamamos de la Información y el Conocimiento; la cual se caracteriza por un aumento vertiginoso de la producción y el valor de la información y el conocimiento (Aparici, 2003). La formación de los ciudadanos se enfocaba en una perspectiva inspirada en el modelo de la fábrica, donde los logros importantes se concebían desde un proceso de estandarización y disciplinamiento de la fuerza laboral;

¹⁷ No se descarta aquí que las vertientes mismas se transforman con el paso del tiempo, evolucionen, por lo que desde el principio se presenta una pequeña síntesis de cada vertiente, y es posible que se integren aportes que se encuentren cerca a dicha vertiente. Esto hace factible que, desde otras perspectivas, otros autores no estén de acuerdo con la integración de algunos aportes específicos. *En este caso se da mayor importancia a la integración de los aportes que a la confesionalidad de los aportes.*

¹⁸ La forma en que se ha enfrentado el problema ha llevado a considerar que se integre la preocupación por las TIC y las tecnologías, aunque el centro del problema de investigación son las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC).

¹⁹ Una visión sobre la evolución de la Didáctica de las Ciencias Experimentales desde la perspectiva de investigadores de la comunidad española es la dirigida por Perales y Cañal (2000) y publicada por Editorial Marfil.

perspectiva que ahora se ve trastocada profundamente porque en la Sociedad de la Información y el Conocimiento ocurren varias transformaciones:

- A diferencia de la revolución anterior, los profesores no sabemos cuál es el mundo que vamos a tener; en consecuencia es necesario preparar para lo inesperado, lo aún desconocido.
- “La información se ha convertido en el valor económico más importante a nivel mundial, suplantando otros valores económicos tradicionales.” (Aparici, 2003:39).
- Las nuevas tecnologías cambian el mundo que conocemos, tanto que autores como Echeverría (2003a) consideran que aparece un tercer entorno al lado de los tradicionales, urbano y rural, que tiene potentes implicaciones en nuestra forma tradicional de entender la alfabetización de los ciudadanos y los espacios escolares.

De esta forma, con base en lo expuesto, es posible acotar mediante dicho periodo de transición los diferentes resultados que se han podido obtener en cada una de las vertientes. El intervalo que respresenta esta transición contribuye en concederle un contexto histórico y sentido al tipo de evoluciones que se han venido obteniendo. Este intervalo es válido en el marco de una presuposición teórica, tomada de Giere (1999), sobre la existencia de un solo mundo desde el realismo perspectivo:

“[...] La presuposición es que sólo existe un mundo, de lo cual se deduce, en principio, todas las perspectivas son compatibles. En la práctica, sin embargo, nos encontramos probablemente siempre con algunas perspectivas que se presentan como incompatibles. Esto se debe a que, incluso si existe un sólo mundo, una estructura global, ésta es muy, muy compleja. Probablemente ningún modelo construido por humanos capta nunca toda su complejidad.” (p. 12)

Es así que se considera que los aportes identificados se refieren a un mundo, al mismo mundo, por lo que es válido integrarlos a este estudio, especialmente cuando de integrar algunos desarrollos se trata.

1.2.1.1. La perspectiva del Cambio Conceptual

Sostiene Gil (1994) que en los años setenta, en España se constituyeron -en especial en enseñanza secundaria, con acceso de amplias capas de la población a este nivel- grupos de estudio de profesores preocupados por el creciente fracaso escolar del alumnado de esta etapa educativa. Estos grupos de profesores, aislados de los desarrollos internacionales, y orientados más hacia tareas de innovación escolar, evidenciaron en las prácticas escolares la necesidad de reconocer que los estudiantes construyen ideas, piensan sobre el mundo.

Esta potente idea, hoy cada vez más evidente para el profesorado, según Jamil-Cury (2005) fue sostenida por Comênio (1592-1670) al concebir a los estudiantes como “seres humanos dotados de inteligencia, aptitudes, sentimientos y límites” (p. 29). Esta tesis, que hoy día nos parece un lugar común desde la investigación didáctica, demoró varios siglos para que fuese respaldada por John Dewey, quien desde una perspectiva de la educación de tipo progresivo, se mostró defensor de la democracia y la libertad de pensamiento como instrumentos para la maduración emocional e intelectual de los niños, proceso en el que la producción de ideas “*solo tienen importancia si sirven como instrumento para la resolución de problemas reales*” (Jamil-Cury, 2005).

Luego de varias décadas, esta tesis toma fuerza desde diversos referentes y países, en especial los comprometidos con el objetivo de convertirse y/o consolidarse como potencias mundiales en el plano industrial. En particular, en los Estados Unidos, y después de décadas de investigaciones diversas en su entorno en la línea conductista, Ausubel formula la siguiente sentencia (Novak y Cañas, 2010):

En el epígrafe de sus libros 1.968 y 1.978, Ausubel (1968; 1978) establece:

Si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría esto: El más importante factor que influencia el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñesele consecuentemente. (p. 3) [La traducción es nuestra²⁰]

Simultáneamente, en esta perspectiva y por diversas vías, hemos tenido la fortuna de contar en la cultura humana con los aportes de Vygotsky y Piaget, entre otros, quienes fortalecieron de diversas maneras el *pensamiento de los niños* como un asunto real.

En continuidad con esta evolución, en el ámbito español, las décadas de los ochenta y noventa experimentan un salto cuantitativo espectacular que, según Gil (1994), nos pone en disposición de manifestar para la época que:

“Se obtiene una visión igualmente dinámica al analizar las referencias manejadas: los artículos clave, aquéllos que aparecen reiteradamente citados, corresponden en general a autores cuya actividad investigadora se ha desarrollado básicamente en estos últimos años. De hecho, autores como Aikenhead, Astolfi, Driver, Duit, Duschl, Gilbert, Hewson, Hodson, Giordan, Kempa, Larkin, Linn, Lawson, Martinand, Matthews, McDermott, Novak, Nusbaum, Ogborn, Osborne, Penick, Posner, Reif, Resnick, Schibeci, Solomon, Tiberghien, Tobin, Viennot, Wiltrok, Yager y tantos y tantos otros *son nuestros contemporáneos*. Y lo mismo podemos decir de la mayoría de los grandes

²⁰ Del fragmento original: “In the Epigraph to his 1968 and 1978 books, Ausubel (1968; 1978) states: *If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows, Ascertain this and teach him accordingly.*”

encuentros, como el de La Londe de 1983, los congresos sobre preconcepciones organizados por Novak en Cornell, etc.” (p. 155)

Con justicia Guisasola (2005), realizando un balance actual sobre la *Investigación en la Enseñanza de la Física* como posible campo de investigación independiente, después de manifestar que en la Didáctica de las Ciencias se ha dado una auténtica revolución, sostiene que:

“En cuanto al cuerpo teórico de esta nueva disciplina podemos decir que está fragmentado aunque es convergente. La confrontación entre los diferentes modelos de aprendizaje utilizados actualmente en la enseñanza de las Ciencias (derivados del aprendizaje jerárquico, de la epistemología genética, del aprendizaje por recepción, de la psicología cognitiva y de la psicología del procesamiento de la información) no ha dado ningún vencedor claro. Cada modelo tiene un ámbito de aplicación en el que demuestra su utilidad. A pesar de que no se ha conseguido el consenso en los aspectos teóricos, sí que ha sido posible en los de tipo práctico.” (p. 106)

Es precisamente uno de estos autores, concretamente Novak, quien en 1972 desarrolla el concepto de mapa conceptual (Cañas y Novak, 2006). Surge como parte de un estudio longitudinal a niños de primero y segundo grado, a quienes se les instruyó en conceptos científicos básicos, y se les hizo seguimiento durante doce años, acerca de la forma en que ésta instrucción influenció su aprendizaje de las Ciencias. En la tarea de monitorear el aprendizaje encontraron que las entrevistas piagetianas modificadas aunque “sí revelaron una diferencia apreciable en el entendimiento las Ciencias que se le están enseñando a los niños, fue difícil rastrear cambios específicos en los conceptos que los niños tenían de materia, energía y otros conceptos que se les estaban enseñando.” (Íbid., p. 2). Lo anterior fue crítico para el proceso y obligó a Novak a revisar los principios epistemológicos que había seguido; en palabras de los autores, se obtuvieron como nuevos principios los siguientes:

“Brevemente, las ideas epistemológicas claves que fueron consideradas son: (1) El universo consiste de objetos y eventos, y la energía se intercambia durante los eventos. (2) Los conceptos son construidos por los humanos y son regularidades percibidas o patrones en eventos de objetos o registros de eventos u objetos, designados con una etiqueta, usualmente una palabra. (3) Dos o más conceptos pueden ser enlazados con las palabras apropiadas para formar una declaración significativa o proposición. (4) Los conceptos y las proposiciones son los bloques de construcción del conocimiento en todos los campos. Los principios de aprendizaje claves que fueron considerados, basados en la psicología cognitiva de Ausubel (1963; 1968) fueron: (1) *El aprendizaje significativo* (en contraste con aprendizaje *memorístico*) es necesario para el desarrollo de un entendimiento conceptual. El aprendizaje significativo es caracterizado a veces como aprendizaje *profundo o dinámico* (en contraste con el aprendizaje *superficial o estático*). (2) El nuevo aprendizaje se debe construir sobre conceptos y proposiciones previas relevantes sostenidas por el aprendiz. (3) Al aprendiz se le debe motivar para que elija aprender significativamente. (4) Se necesitan ayudas apropiadas para aprender conceptos abstractos, junto con la instrucción didáctica apropiada. (5) El aprendizaje es altamente

idiosincrático y progresa con el tiempo. (6) El aprendizaje significativo de alta calidad lleva a la construcción de estructuras conceptuales y proposicionales bien integradas (es decir estructuras cognitivas) que facilitan mejor el nuevo aprendizaje y la solución creativa de problemas. **Dadas estas ideas funcionales, los grupos de Novak buscaban representar el conocimiento con una estructura jerárquica de conceptos y proposiciones, una forma que ellos llamaron un mapa conceptual.**” [El resaltado es nuestro] (p. 2)

De esta forma, el mapa conceptual *aparece bajo una concepción en la que se considera el conocimiento de los estudiantes como representable (ontológico: conocimiento de los estudiantes)*²¹, donde *la enseñanza de los conceptos científicos, de carácter abstracto (ideológico: conocimiento inspirado en las Ciencias)* tendrá que venir necesariamente acompañada de una *instrucción didáctica*, en cabeza del profesor, adecuada (**epistemológico: construcción de secuencias de trabajo**), con el propósito de lograr un aprendizaje significativo (que lleve al cambio conceptual).

De manera contemporánea, y en la perspectiva de lograr materiales didácticos que apoyaran el aprendizaje de las Ciencias desde una perspectiva de *aprendizaje por descubrimiento (ideológico: conocimiento inspirado en las Ciencias; epistemológico: construcción de secuencias de trabajo)*, se desarrolló el *Project Physics Course*, iniciado en 1960 y que sirve para encuadrar muchos proyectos curriculares de los años 50 y 60, extendidos y con diversos impactos en muchos países americanos²² y europeos en los años 70 y 80 (Moreno, 2003b).

Respecto a la idea primigenia de que los mapas conceptuales representen con claridad el conocimiento de los estudiantes, Tamayo (2001) ha obtenido en las conclusiones de su tesis doctoral que:

“En la enseñanza del concepto de respiración desde la perspectiva del modelo cognoscitivo de ciencia (Giere, 1992; Izquierdo, 1999, 2000) se reconoce la existencia de **diferentes modelos explicativos** de los hechos, cada uno de los cuales es considerado como una hipótesis que relaciona los fenómenos y los diferentes marcos conceptuales y procedimentales de los estudiantes. En nuestra investigación hemos comprobado que una parte importante de los alumnos emplean distintos modelos explicativos de manera más o menos significativa para responder a las distintas situaciones que se les presentan, es decir, en su estructura cognoscitiva **co-existen** diferentes modelos explicativos.” (p. 267)

²¹ De aquí en adelante se irán rastreando y clasificando de forma paralela los valores que van tomando dichos avances en los criterios Ontológico (figura 1.1a), Ideológico (figura 1.1b) y Epistemológico (figura 1.1c) de la siguiente manera: (**criterio al que pertenece:** valor específico dentro del criterio). Esta estrategia que permite una doble lectura busca facilitar que en la etapa de mapeo de la información sea fácil leer y organizar e integrar los aportes que se han reconocido como valiosos.

²² Colombia no ha sido la excepción. En nuestro país se publicó el curso *Física* (1964), traducción del original *Physics* (1960), del Comité de Física del M.I.T. Club de Colombia.

De este modo, el cuestionamiento de la idea epistemológica “(2) *Los conceptos son contruidos por los humanos y son regularidades percibidas o patrones en eventos de objetos o registros de eventos u objetos, designados con una etiqueta, usualmente una palabra*” pone en crisis los fundamentos mismos de la concepción del mapa conceptual como una manera confiable de *conocer* el pensamiento de los niños, obligando a otros autores a revisar otros modelos posibles para entender el cambio conceptual.

Entre los investigadores, que *traemos a colación para ejemplarizar los profundos cambios que se han dado en este ámbito*, que han avanzado en la tarea de transformar dichas concepciones sobre el pensamiento y sus representaciones se encuentra Marco Antonio Moreira, líder iberoamericano en este ámbito, quien, según Krapas y otros (2007), manifestó que:

La aparición de un número creciente de artículos e investigaciones sobre los modelos mentales puede ser vista como una consecuencia del énfasis en el cambio conceptual que guió gran parte de la investigación en enseñanza de las Ciencias en la última década. Y tal vez era un paso necesario porque los resultados de este enfoque eran, al menos, modestos; lo que condujo a los investigadores a buscar otros marcos teóricos y, en esta búsqueda, llegar a los modelos mentales. (Moreira 1997, p. 36) (p. 4) [La traducción es nuestra²³]

Los resultados moderados llevan a los modelos mentales, los que los mismos autores reconocen *difíciles de conocer* (Krapas y otros, 2007). Posteriormente, Moreira reconoce que este proceso de ampliación teórica debe orientarse hacia la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (Moreira, 2002), y realiza una propuesta de integración entre las teorías de modelos mentales²⁴ y de campos conceptuales (Greca y Moreira, 2002)²⁵ que hoy se ha venido usando en investigaciones concretas; por ejemplo, la realizada por Bravo, Pesa y Caballero (2009) en relación con la *propagación de ondas mecánicas*.

De esta forma es posible mostrar que se han venido dando diversas variaciones en los marcos²⁶ teóricos que se han usado para entender el cambio conceptual²⁶ de

²³ Del fragmento original: "*O aparecimento de um número cada vez maior de artigos e pesquisas sobre modelos mentais pode ser visto como uma consequência da grande ênfase na mudança conceitual que pautou muito da pesquisa em ensino de ciências na década passada. E talvez tenha sido uma etapa necessária, pois foram os resultados (no mínimo modestos) dessa pesquisa que levaram os pesquisadores a buscar outros referenciais teóricos e, nessa busca, chegar aos modelos mentais*".

²⁴ Hoy en día se distingue entre modelos mentales (internos al sujeto), modelos explícitos, modelos consensuados y modelos pedagógicos. *Una nueva muestra de lo amplio, diverso y complejo que es el ámbito en la actualidad*.

²⁵ Este comportamiento renovador no es extraño, pueden verse por ejemplo los trabajos de Pozo (1999), Vosniadou (2012) y Tamayo (2009), que muestran de forma creativa y necesaria nuevas formas de concebir el cambio conceptual.

²⁶ Es necesario reseñar que en sentido estricto en este punto cambio conceptual no es la palabra más apropiada, pero se toma aquí de una forma amplia como *cambio en el conocimiento, pensamiento o representaciones de los estudiantes*; libertad que se permite tan sólo para cumplir los propósitos de esta parte de la investigación, lo que sería imperdonable si fuese un estudio elaborado desde la perspectiva de las Ciencias cognitivas.

los estudiantes: preconceptos, concepciones alternativas, modelos mentales, campos conceptuales. Todos estos estudios guardan como aspecto común que se ocupan de los estudiantes y de su propio conocimiento (**ontológico**: conocimiento de los estudiantes).

En la perspectiva específica de una enseñanza basada en modelos es posible citar la interesante tesis de Adúriz-Bravo (2001), que hace una propuesta para integrar la epistemología en la formación del profesorado de Ciencias desde una perspectiva de construcción de modelos, basada en lo expuesto por Giere (1990, 1999) (**epistemológico**: inclusión desde lo teórico-construcción de secuencias de trabajo).

Otro ejemplo en este campo es el de Rosariâ Justi. Considera que la enseñanza mediante la construcción de modelos es un área muy poco comprendida (Justi, 2006). En este trabajo específico diseñan secuencias de enseñanza basadas en modelos (**epistemológico**: construcción de secuencias de trabajo), y sus efectos son evaluados valorando el aprendizaje de los estudiantes (**ontológico**: conocimiento de los estudiantes). Una experiencia con el profesorado mexicano bajo la orientación de esta autora puede encontrarse en el libro *Modelos y modelaje en la enseñanza de las Ciencias naturales* (Chamizo y García, 2010).²⁷

Hasta este punto, en la perspectiva de las diversas versiones teóricas que se han venido experimentando, ha sido recurrente encontrar que el énfasis **ontológico** se hace sobre el conocimiento de los estudiantes, **ideológicamente** el conocimiento es concebido desde la ciencia y **epistemológicamente** se conciben propuestas que se derivan lógicamente desde lo teórico (epistemológicas, psicológicas) que permiten formular y poner a prueba secuencias de enseñanza a ser ejecutadas por los profesores.

Por otro camino, siguiendo la línea original de los mapas conceptuales, es posible encontrar que conservando los principios epistemológicos y psicológicos de partida, estos han evolucionado desde las originales formas de representar el conocimiento hasta el uso como estrategia didáctica.²⁸ De acuerdo con la revisión de Toigo, Moreira y Salvador (2012), se ha podido determinar, entre otros resultados, que: i) existen diversas formas de construir los mapas conceptuales; ii) en su uso como estrategia didáctica se ratifica, por parte de

²⁷ Vídeos de clase sobre esta experiencia y otros recursos interesantes (unidades, resultados de la puesta en práctica) se encuentran disponibles en la dirección <http://www.modelosymodelajecientifico.com> (Última consulta: junio de 2012).

²⁸ Este es uno de los usos posibles que se les reconoce hoy día, pues actualmente se han logrado aplicaciones de los mapas que han sobrepasado el estricto marco de la enseñanza. Es interesante navegar la dirección <http://cmc.ihmc.us/> (Última consulta: junio de 2012), donde se encuentran alojadas todas las ponencias de las Conferencias Internacionales que se vienen realizando desde el año 2004.

diversos autores, que: *auxilian en encontrar errores, dificultades o concepciones alternativas de los alumnos; pueden ayudar a planificar la enseñanza; promueven la evolución conceptual; favorecen el desarrollo del lenguaje verbal, de la socialización y del cambio de significados; ayudan a los alumnos a superar sus dificultades; contribuyen a que los estudiantes tomen conciencia de su propio pensamiento; la estrategia de enseñanza basada en mapas conceptuales se muestra más efectiva que la tradicional;* iii) uno de los estudios citados reconoce que las intervenciones del profesor han sido esenciales en la negociación de significados; iv) entre las dificultades se cuentan: *la gran demanda de tiempo para realizar el trabajo; la dificultad para decidir cuáles son los conceptos esenciales que se han de incluir en el mapa conceptual; la dificultad para establecer proposiciones y/o establecer relaciones cruzadas; la saturación de las relaciones entre conceptos; la falta de hábito en la construcción de mapas conceptuales;* asuntos que se consideran superables con la intervención del docente (**ontológico:** conocimiento de los estudiantes → interacción profesor-estudiantes).²⁹

En este escenario son enriquecedoras las contribuciones de Vosniadou (2012), al defender que debemos pasar desde una concepción teórica que se basó en las preconcepciones y concepciones menos adecuadas hacia los modelos de síntesis. En este documento reciente, la autora se desmarca conceptualmente de las visiones clásicas sobre los componentes del conocimiento de los estudiantes, entre los que se destaca:

- Se separan preconcepciones de concepciones inadecuadas. Se considera que estas son modelos que los estudiantes han desarrollado cuando fueron expuestos a instrucciones poco adecuadas.
- El cambio conceptual depende de diversos factores, no funciona por simple sustitución de unos conceptos por otros. Este cambio, de acuerdo con estudios longitudinales con niños, conlleva cambios de corte *ontológico* (desde la realidad próxima visible los objetos pasan a concebirse como procesos en el sistema conceptual de los expertos) y *epistemológico*.
- El conocimiento nuevo está potentemente afectado por las concepciones previas de los niños, por lo que es necesario que en el proceso de aprendizaje el niño tenga la posibilidad de poner a prueba sus representaciones y emitir hipótesis acerca de lo que considera puede suceder, obteniendo información para revisarlas.
- *El cambio conceptual requiere entonces la adquisición de nuevo conocimiento, la creación de nuevas categorías ontológicas y la reestructuración de las redes conceptuales existentes.*

²⁹ Debido a que no existe una posición determinante sobre la importancia de la interacción entre profesores y estudiantes, se plantea como una transición: se reconoce la importancia del profesor de manera tibia, y los comentarios sobre lo que ocurre en el aula son apenas anecdóticos, subordinados al uso de los mapas conceptuales.

- De acuerdo con las investigaciones en ciencia cognitiva, los estudiantes deben comprender la naturaleza hipotética de sus creencias; la imagen que tienen de la Ciencia afecta el proceso de cuestionamiento o no de este tipo de posiciones (fuerte correspondencia entre las creencias epistemológicas y la forma en que se aborda el estudio de la Física demostrada por la autora, siendo factible que cuando se considera como la *verdad* entonces se limite a un estudio de tipo tradicional); los estudiantes deben ser auxiliados para comprender los modelos, como una forma de aumentar su participación en un modelo de aprendizaje basado en el razonamiento.

Es así que concluye Vosniadou (2012):

Muchas de estas ideas falsas son “modelos sintéticos” resultado de los intentos constructivos, pero inapropiados de los estudiantes para sintetizar la información científica con el conocimiento inicial incompatible, pero sin conciencia metaconceptual. Con el fin de lograr el aprendizaje de la ciencia, en formas que eviten incoherencias internas y modelos sintéticos, es necesario que la instrucción que se da a los estudiantes haya proporcionado toda la información necesaria para reorganizar sus categorías ontológicas, a la vez que el desarrollo de la sofisticación epistemológica y las habilidades para probar hipótesis. Es importante que los estudiantes se muevan desde sus epistemologías ingenuas, basadas perceptualmente, a la comprensión de los modelos conceptuales en la ciencia, y el desarrollo de arriba hacia abajo, mecanismos de aprendizajes deliberados e intencionales que los científicos usan para evaluar las hipótesis. Estos cambios no pueden ser alcanzados por medios cognitivos solamente, sino que requieren amplio soporte sociocultural. [La traducción y el resaltado son nuestros³⁰] (p. 128)

Este soporte sociocultural implica, según la autora, que los profesores participemos en interacciones dialógicas en las que creamos ambientes de discusión con los estudiantes, ya sea por pequeños grupos o con toda la clase, creando espacios para que ellos puedan poner a prueba sus hipótesis, plantear y revisar sus propios argumentos. Bajo este grupo de principios Vosniadou desarrolló un texto en el que específicamente se consideran los resultados de la investigación para llevarlos a las aulas de clase (Vosniadou, s.f. [2000]). De esta manera los aportes de la autora son relevantes en la medida que los profesores no solamente son parte del decorado del aula sino que son fundamentales en el

³⁰ Del fragmento original: “Many of these misconceptions are ‘synthetic models’ resulting from students’ constructive but inappropriate attempts to synthesise scientific information with incompatible initial knowledge, but without metaconceptual awareness. In order to achieve the learning of science in ways that avoid internal inconsistency and synthetic models, there needs to be provided instruction that gives students all the necessary information required to reorganise their ontological categories, whilst also developing epistemological sophistication and the hypothesis testing skills. It is important for students to move from their naive, perceptually based epistemologies to an understanding of conceptual models in science and to develop the top-down, deliberate and intentional learning mechanisms that scientists use for hypothesis testing. These changes cannot be achieved by cognitive means alone but require extensive sociocultural support.”

proceso mismo de cambio (**ontológico**: interacción profesor-estudiante; **ideológico**: conocimiento escolar inspirado en las ciencias).

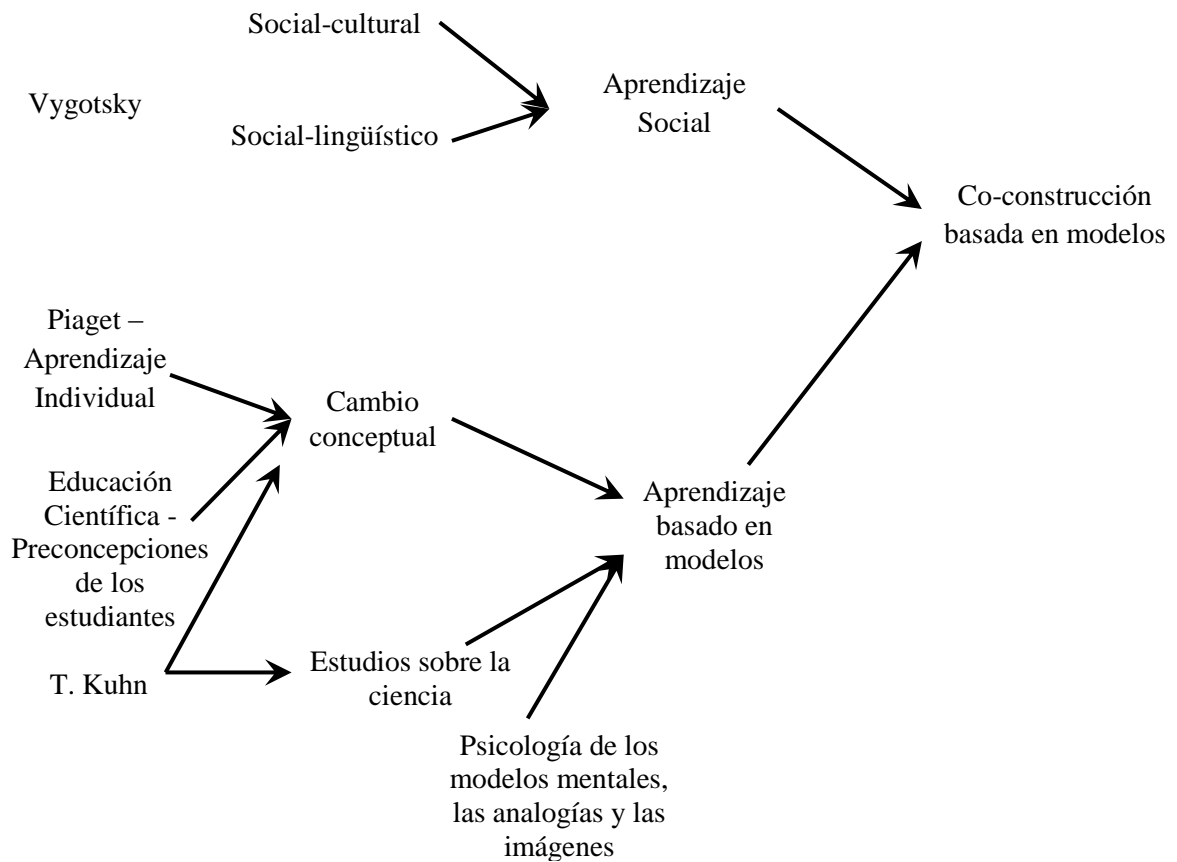


Figura 1.3. Teorías del aprendizaje en ciencias. Tomado de Rea-Ramírez, Clement y Núñez-Oviedo (2008). [La traducción es nuestra]

Con base en lo anterior y vistas desde el futuro en el marco de esta perspectiva, parecen actuales y válidas las afirmaciones de Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí (1999); los que consideran sobre la gestión del aula que el “problema fundamental para la ciencia escolar va a ser que los alumnos entiendan lo que pretenden las Ciencias y estén de acuerdo con sus objetivos y formas de proceder.” (p. 85)

En un ámbito de actuación cercano, en la vía de comprender cómo la enseñanza evoluciona alrededor de modelos, Rea-Ramírez, Clement y Núñez-Oviedo (2008) proponen el *Modelo Basado en la co-construcción*, que integra dos grandes vertientes: la del aprendizaje social y la del aprendizaje basado en modelos (figura 1.3). Esta representación gráfica a su vez, ilustra su perspectiva sobre la evolución que ha tenido el cambio conceptual, el que entendido en sentido estricto, es para los autores antecesor del modelo de aprendizaje basado en modelos.

A modo de síntesis, sobre el cambio conceptual entendido en forma extensa, es posible verificar que existen profundos movimientos en este campo que se puede caracterizar de la siguiente manera de acuerdo con cada uno de los criterios: En lo **ontológico**: es posible considerar como objeto de estudio el *conocimiento de los estudiantes*, pero también es posible considerar que el cambio de dicho conocimiento tan sólo es posible desde *la inclusión de las interacciones que se establecen entre profesores y estudiantes* (como ocurre con el Modelo de Aprendizaje basado en la Co-construcción). En lo **ideológico**: se reitera *un conocimiento escolar inspirado en las ciencias*. En lo **epistemológico**: se hace una *inclusión de la enseñanza desde la perspectiva teórica*, la que puede servir para aportar *secuencias de enseñanza ya diseñadas*, o de una forma menos prescriptiva, se aportan principios que orientan la construcción de dichas secuencias.

1.2.1.2. La perspectiva de la Escuela Francesa

El libro *Los Orígenes del Saber* de Giordan y Vecchi (1999 [1987]), con su primera edición en los años ochenta, marcan un hito en el ámbito de Didáctica en medio de una profunda explosión de investigaciones a escala mundial sobre el conocimiento de los estudiantes (Gil, 1994). Estos autores introducen como concepto fundamental la idea de *concepción personal* desde la perspectiva didáctica. La concepción posee tres dimensiones conceptuales (pp. 102 y ss):

- *Una concepción se corresponde con una estructura subyacente*. Lo importante no es lo que se expresa directamente sino lo que es posible inferir del funcionamiento mental del que aprende.
- *Una concepción es un modelo explicativo*. Este modelo se actualiza siempre por la actividad vivida y se ha evidenciado que, frente a una situación, los estudiantes ponen en marcha un verdadero proceso que incorpora varios elementos (ideas y habilidades intelectuales; modos de razonar; sistemas de decodificación de una situación; sistemas simbólicos de respuesta).
- *Las concepciones tienen una génesis al tiempo individual y social*. En este punto cabe destacar que la experiencia social se considera que tiene un fuerte papel en la consolidación de las concepciones, ya sea que se refiera a los niños y adolescentes o a la actividad profesional y social de un adulto.

Matizan los autores: “La concepción, tal y como la reconocemos, no es, pues, el producto sino más bien el proceso de una construcción mental de lo real. (...) Esta actividad de construcción mental de lo real se efectúa según modalidades psicológica y socialmente determinadas e interdependientes.” (Íbid., p. 110). En consecuencia:

“Las concepciones no deben pues ser interpretadas únicamente como colecciones de informaciones pasadas o como elementos de una reserva informativa destinada únicamente a posteriores consultas. Corresponden en primer lugar a una movilización de lo adquirido para efectuar una explicación, una previsión, o incluso una acción simulada o real.

Durante esta movilización, la persona, partiendo de su experiencia (en el sentido clásico), construye una “trama de análisis” de la realidad, una especie de decodificador que va a permitirle comprender el mundo que le rodea, afrontar nuevos problemas, interpretar situaciones nuevas, razonar para resolver una dificultad o dar una respuesta que considera explicativa. Igualmente, a partir de este “instrumento”, seleccionará las informaciones exteriores y, en su caso, las comprenderá e integrará.

Las concepciones personales se sitúan así en el centro de los problemas del aprendizaje, pues participan en el juego de las relaciones existentes entre las informaciones de que dispone un individuo y aquellas con las que va a encontrarse a lo largo de su existencia; estos elementos serán la base a partir de la que se elaborarán sus nuevos saberes y, en consecuencia, sus conductas futuras.” [Las itálicas son nuestras] (Íbid., p. 119)

En este contexto de la defensa de la transformación hacia las concepciones científicas les permite concluir que, además de defender que el conflicto y la curiosidad son necesarios en la construcción del pensamiento y que los cambios de los conceptos involucrados en las concepciones no se remiten a conceptos específicos sino campos conceptuales, imbrican tales desarrollos en la construcción de un nuevo paradigma pedagógico donde la enseñanza basada en la modelización se debe dar en las siguientes condiciones:

“Para que esto sea posible de realizar debe cumplirse una condición, y esto es lo que diferencia fundamentalmente nuestros propósitos de las de otras pedagogías: *las aportaciones del enseñante no deben estar determinadas de antemano, sino que deben interferir con las estructuras de acogida del alumno.* [...] Para que el “alumno esté preparado”, es necesario que el enseñante esté presente (pero indirectamente) no por sus aportes de información, sino por los “hechos iluminadores” que ha sabido crear, es decir, por las situaciones que van a llevar al que aprende a preocuparse por un tema y a querer saber acerca de él. *Es en estas circunstancias donde el enseñante tiene su lugar.*” [Las itálicas son nuestras] (Íbid., p. 259)

De esta forma, en el marco del sistema didáctico francés (como un triángulo donde interaccionan profesor, estudiante y conocimiento; Brousseau, 1997) los autores centran su atención en los saberes de los estudiantes bajo el enfoque de concepciones (**ontológico**: conocimiento de los estudiantes), que permite formular un conocimiento que debe avanzar siguiendo diversos estadios de integración. También, con el propósito de acercarse a las concepciones científicas, en el marco de una perspectiva de transposición didáctica (Chevallard, 1991 [1985]; Astolfi, 2001) (**ideológico**: conocimiento escolar inspirado en las ciencias), donde el papel del profesor no se encuentra prediseñado sino que a través de la introducción de modelos escolares pueda

lograr procesos de crecimiento del pensamiento de los estudiantes (**epistemológico**: inclusión desde lo teórico).

En la última década, el proyecto PEGASE³¹ realizado por el grupo SESAMES (Siglas en francés de *Situations d'Enseignement Scientifique: Activités de Modélisation, d'Evaluation et de Simulation, projet INRP*), dirigido por el profesor Andree Tiberghien en la tarea de *lograr recursos didácticos y secuencias de enseñanza basados en la modelización* en Física, contribuye con ciertos desarrollos significativos en las líneas de pensamiento (Malkoun, 2007; Tiberghien, Vince y Gaidioz, 2009) que autores como Giordan y De Vecchi ya habían avanzado.

En su tesis doctoral, orientada a la caracterización de las prácticas de enseñanza y su impacto en el rendimiento de los estudiantes, Malkoun (2007) expresa que existen diversas formas de entender la enseñanza, pero que su opción es asumirla como:

Destacamos de todas estas definiciones el hecho que evocan "lo que hacen los individuos y cómo lo hacen". Sin embargo, adoptamos la definición dada por Sensevy y Mercier (2007), que sigue siendo la más funcional para nosotros. En un enfoque comparativo de la enseñanza, estos autores definen la práctica utilizando el concepto de "acción didáctica", es decir "lo que la gente hace en lugares (instituciones) donde se enseña y donde aprendemos", teniendo en cuenta que esta acción se lleva a cabo conjuntamente por el profesor y sus alumnos. De hecho, en nuestro estudio se utiliza el concepto de "prácticas de clase" en lugar de "prácticas docentes" o "prácticas de enseñanza" ya que consideramos la clase como un sistema y cómo afecta este sistema el aprendizaje de los estudiantes. La práctica en el aula sería una "acción conjunta" de la maestra y los estudiantes que coordinadamente contribuyen al desarrollo de los conocimientos en el aula y el aprendizaje de los estudiantes [Las itálicas y la traducción³² son nuestras] (p. 17).

Consciente de las restricciones que se han dado en su estudio³³, al no tener en cuenta de manera profunda los indicadores sociales y psicológicos, pone el acento en el conocimiento que se estudia al interior de clase en la medida que este da forma a la práctica y su análisis se hace conforme evoluciona en el

³¹ Se puede acceder a diversos recursos electrónicos desarrollados por el grupo de investigación en la dirección electrónica <http://pegase.inrp.fr/enseigner.php> (Última consulta: julio de 2012).

³² Del fragmento original: "Nous retenons de toutes ces définitions le fait qu'elles évoquent "ce que font les individus et comment ils le font". Cependant, nous adoptons la définition donnée par Sensevy et Mercier (2007) qui reste la plus fonctionnelle pour nous. Dans une approche comparatiste en didactique, ces auteurs définissent la pratique en utilisant la notion d' "action didactique", c'est-à-dire "ce que les individus font dans des lieux (des institutions) où l'on enseigne et où l'on apprend", en considérant que cette action est réalisée conjointement par le professeur et ses élèves. *En effet, nous utilisons dans notre étude la notion de "pratiques de classe" plutôt que "pratiques d'enseignement" ou "pratiques enseignantes" puisque nous considérons la classe comme un système et que la façon dont fonctionne ce système influence l'apprentissage des élèves. La pratique de classe serait donc une "action conjointe" du professeur et des élèves qui contribuent ensemble à l'élaboration du savoir dans la classe et à son apprentissage par les élèves.*"

³³ Centra la revisión de su estudio en las corrientes proceso-producto, cognitivista en relación con el enseñante y la acción, y socio-constructivista con una visión situada.

tiempo. Avances de dicho tipo han contribuido a que el grupo SESAMES haya consolidado un enfoque que se caracteriza por lo siguiente (Tiberghien y otros, 2009):

- Un análisis de las aulas de clase donde se concibe que las interacciones entre estudiantes y profesores consolidan una comunidad de práctica que se caracteriza por emprender procesos de enseñanza y aprendizaje en el marco de un contrato didáctico (Brousseau, 1997, 1998)³⁴; citado por Tiberghien y otros, 2009:2289), alrededor de un conocimiento específico.
- Un conocimiento escolar donde el qué enseñar (Astolfi, 2001), el saber curricular, puede incluir los problemas socioambientales (Désautels y Larochelle, 2003), pero siempre quedando más allá de las decisiones internas a las propias aulas de clase y la escuela, y con ella de los profesores.
- La perspectiva de construcción de *recursos didácticos* ha llevado a que se trabaje desde dentro de las aulas de clase, en donde investigadores y profesores, en los últimos diez años, han participado en la construcción y revisión de los recursos de enseñanza³⁵; de esta forma, la integración entre teoría y práctica de la enseñanza toma una configuración concreta.

Esta caracterización de las concepciones de los estudiantes y su efectiva transformación a través de los procesos de enseñanza, ha llevado a los autores a construir una nueva versión del sistema didáctico en el que la enseñanza (se sustituye por el profesor), aprendizaje (se sustituye por el estudiante) y conocimiento concurren en los recursos de enseñanza (figura 1.4).

Dicha reformulación del sistema y el interés explícito por mejorar los aprendizajes de los estudiantes, han supuesto que los autores desarrollen teorías sobre el trabajo real (*real work*); lo que, en este caso, han hecho alrededor de grandes vertientes sobre el conocimiento y la enseñanza. Dicha decisiones han requerido de forma inevitable la presencia de los profesores, quienes participan desde la práctica para “*Seleccionar los ejercicios y lecciones. Toma decisiones para determinar el “buen” registro de intervención (ni demasiado fácil ni “imposible”), interesante y serio.*” (Astolfi, 2001:193).

³⁴ Las secuencias de enseñanza SESAMES se han normado para que se realice una introducción a cargo del profesor, trabajos de discusión por pequeños grupos y, finalmente, discusión de toda la clase sobre los modelos obtenidos donde se corrigen e institucionalizan. Los autores consideran que uno de los grandes cambios normativos, respecto a lo que ocurre en la mayoría de las escuelas francesas, es que la institucionalización ha pasado aquí de manos del profesor a todos los integrantes de la clase.

³⁵ Al poner su acento en el conocimiento, los recursos de enseñanza delimitan y trazan las secuencias de enseñanza.

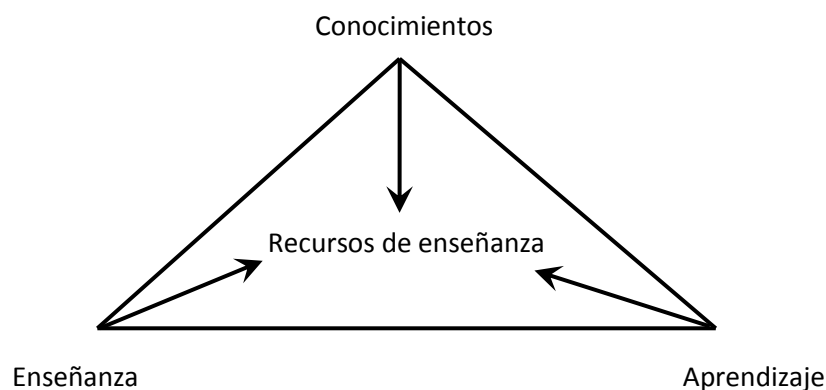


Figura 1.4. Sistema Didáctico renovado. Tomado de Tiberghien y otros (2009). [La traducción es nuestra]

Es así que como síntesis podemos identificar que, en el rastreo a esta escuela, existen transiciones que se pueden caracterizar de acuerdo con los criterios de la siguiente manera: En lo **ontológico**: Se ha pasado desde la caracterización del *conocimiento de los estudiantes* hacia el estudio de las *interacciones que se establecen entre profesores y estudiantes*, caso en que estudiar las prácticas en la complejidad del *sistema-aula* ha requerido la inclusión de una versión de sistema didáctico ampliado y reformulado. En lo **ideológico**: se reitera *un conocimiento escolar inspirado en las ciencias*, donde este se considera central en las interacciones de aula, siendo concebido en su desarrollo desde una perspectiva particular de modelización escolar. En lo **epistemológico**: se estudia desde una perspectiva que se orienta hacia la *integración entre teoría y práctica*, con un componente nuevo: las secuencias se diseñan, pero ahora se ponen a prueba con profesores de aulas concretas, de manera tal que éstos participan en la doble condición de ejecutores y diseñadores.³⁶

1.2.1.3. El Conocimiento Didáctico del Contenido

El concepto de Conocimiento Pedagógico del Contenido (en inglés *Pedagogical Content Knowledge* [PCK], que en se ha venido traduciendo como Conocimiento Didáctico del Contenido [CDC]) fue propuesto por Shulman (2001 [1987]) en un documento que se ha vuelto paradigmático, titulado *Conocimiento y Enseñanza*. Dicho documento representa la posición de este autor en el marco de un movimiento de reforma de la enseñanza y la formación de los profesores en los años ochenta en los Estados Unidos. *Desde el principio, el autor solicita reconsiderar el excesivo énfasis que se hace en los estudios del profesor experto, la mayoría de ellas centrados en*

³⁶ Esta afinación que se produce en las secuencias mediante procesos de aplicación y re-evaluación obliga la inclusión de profesores y creación de nuevas teorías sobre el trabajo real de enseñanza con el propósito de interpretar eventos y objetos de las aulas de clase que no se pueden comprender desde las *grandes teorías* sobre el conocimiento y el aprendizaje.

explicar la forma en que los profesores se manejan en las salas de clase, pero descuidando de lado el manejo de las ideas de los alumnos. (Íbid., 2001:164).

Shulman reconoce que para ese momento existe una convicción compartida entre los partidarios de la reforma profesional, que existe una *base de conocimientos para la enseñanza* que sirve para soportar sus argumentos. Deriva el autor tres cuestiones centrales a responder: “¿Cuáles son las fuentes de la base de conocimientos para la enseñanza? ¿En qué términos se pueden conceptualizar esas fuentes? Y ¿cuáles son sus alcances para las políticas docentes y la reforma educacional?” (Íbid., 2001:168). Respecto a los autores que le sirven de referencia expresa:

“Al abordar estas preguntas sigo la huella trazada por muchos eminentes especialistas en la materia, incluidos Dewey (1904), Scheffler (1965), Green (1971), Fenstermacher (1978), Smith (1980) y Schawb (1983), entre otros. El eco de su análisis en torno a qué cualidades y profundidad de comprensión, destrezas y capacidades, rasgos y sensibilidades transforman a una persona en un maestro competente han seguido resonando por generaciones en las salas de conferencias de educadores. En mi enfoque han influido asimismo dos proyectos en curso: un estudio sobre cómo aprenden a enseñar las nuevas generaciones de profesores y una iniciativa destinada a crear una junta nacional para la enseñanza.” (pp. 168-169).

Tales proyectos han sido ejecutados bajo una perspectiva *experto-novato* en la que se estudian las salas de clase (**ontología:** sistema-aula) de profesores tanto novatos como experimentados. Textualmente:

“Su evolución de alumnos a profesores, desde su condición de estudiantes expertos hasta su noviciado como maestros revela y subraya los complejos acervos de conocimientos y destrezas necesarios para desempeñar con eficacia la labor docente. Como resultado de lo anterior el error, el éxito y el refinamiento –concretamente, el aumento de los conocimientos del maestro– son apreciados en toda su magnitud y con detención. *El tropiezo del neófito se convierte en una ventana para el investigador.*” [Las itálicas son nuestras] (p. 169).

Propone así que las categorías de la base de conocimientos serían:

- “- conocimiento de la materia impartida;
- conocimientos pedagógicos generales, teniendo en cuenta especialmente aquellos principios y estrategias generales de manejo y organización de la clase que trascienden el ámbito de la asignatura;
- conocimiento del currículo, con un especial dominio de los materiales y programas que sirven como “herramientas para el oficio” del docente;
- *conocimiento pedagógico de la materia: esa especial amalgama entre materia y pedagogía que constituye una esfera exclusiva de los maestros, su propia forma especial de comprensión profesional;*
- conocimiento de los educando y sus características;

- conocimiento de los contextos educacionales, que abarcan desde el funcionamiento del grupo o de la clase, o la gestión y el financiamiento de los distritos escolares, hasta el carácter de las comunidades y culturas; y
- *conocimiento de los objetivos, las finalidades y los valores educacionales, y de sus fundamentos históricos y filosóficos.* [Las itálicas son nuestras] (p. 175)

Shulman reconoce que los profesores realizan procesos de razonamiento pedagógico que sirven de soporte a su propia acción, por lo que *el objeto de la formación docente* no es educar para actuar de maneras prescriptas sino para que razonen bien sobre lo que enseñan y desempeñen su labor con idoneidad (**epistemológico**: integración entre teoría y práctica). Es posible resaltar de manera específica lo siguiente:

- Para razonar se requiere un proceso de reflexión que se apoya en datos principios y experiencias. *El razonamiento pedagógico explica las acciones pedagógicas.*
- Se debe reconocer en este tipo de razonamiento las llamadas “premisas del argumento práctico”, definiendo una nueva naturaleza de ese conocimiento.
- Una buena enseñanza debe ser efectiva en términos conductuales, pero también debe apoyarse en premisas adecuadamente fundadas.
- “La enseñanza es al mismo tiempo operativa y normativa; tiene que ver tanto con los medios como con los fines. En ambos se encuentran implícitos procesos de razonamiento. *La base de conocimientos debe, por tanto, ocuparse de los objetivos de la educación, lo mismo que de los métodos y las estrategias de enseñanza.*” [Las itálicas son nuestras] (Íbid., 2001:183).
- “Parto del supuesto que una gran parte de la enseñanza se inicia mediante alguna forma de “texto”: un libro de texto, un programa de estudios, o un material concreto que el profesor o el alumno desea llegar a comprender.” (Íbid., 2001: 184).
- Así se presenta un modelo de acción y razonamiento pedagógicos que sigue los siguientes pasos con base en dichos textos: *Comprensión → Transformación → Instrucción → Evaluación → Reflexión → Nuevas maneras de comprender* (reinicia el ciclo).

En este marco, Shulman, en el año de 1989, firma en compañía de Grossman y Wilson el artículo titulado en español *Profesores de sustancia: El conocimiento de la materia para la enseñanza* (2005 [1989]), donde expresan su posición particular sobre el conocimiento de la materia a enseñar y el proceso de formación del

profesorado. Después de caracterizar su enfoque de investigación (ya descrito antes), en síntesis sostienen que el conocimiento de la materia (**ontológico:** conocimiento del profesor; **ideológico:** conocimiento escolar inspirado en las ciencias) posee distintas dimensiones y se establecen diversos fenómenos:

- *El conocimiento del contenido para la enseñanza*, referido a la materia de una disciplina (información objetiva, organización de principios, conceptos centrales) se encuentra que: la falta de conocimiento del contenido puede afectar el estilo de instrucción, “en la enseñanza de material con el que se encuentran inseguros, los profesores pueden elegir hablar más que solicitar cuestiones de los estudiantes...” (Grossman, Wilson y Shulman, 2005:12); este conocimiento puede afectar en cómo los profesores critican los libros de texto o seleccionan los materiales para enseñar.
- *El conocimiento sustantivo para la enseñanza*, que se refiere a las estructuras sustantivas de una disciplina que incluyen “los marcos exploratorios o paradigmas que son usados tanto para guiar la investigación en el campo como para dar sentido de los datos (Schawb, 1978)”, se sostiene que tiene importantes implicaciones para qué y cómo se elige enseñar (no es lo mismo apuntar a un enfoque positivista de la Física que uno de tipo relativista, p.e.).
- *El conocimiento sintáctico para la enseñanza* resulta de considerar que al lado de conceptos (contenido) y estructuras organizadas (sustantivo), las disciplinas incluyen conocimiento sobre la manera en que el nuevo conocimiento es introducido en el campo (sintáctico); “el estudio de la Física implica indagación científica, el estudio de la literatura implica análisis literario, el estudio del arte implica estética y crítica del arte.” (Íbid., 2005:15). Cuando los profesores conocían más esta sintaxis, lo incluían en su currículum: “Para profesores con conocimiento sintáctico, la clase de biología no trata solamente de la memorización de clases; incluye discusiones y actividades dirigidas a desarrollar una sabiduría en los estudiantes del papel central del método científico.” (Íbid., 2005:16); los profesores a los que les falta este conocimiento corren el riesgo de desnaturalizar la materia que enseñan, y limita seriamente las habilidades de los futuros profesores para aprender nueva información en sus campos.
- *Las creencias acerca de la materia* parecen influir tanto en lo que eligen enseñar y cómo eligen enseñarlo. “Lo que emerge de nuestro trabajo, al igual que del trabajo de otros investigadores, tales como Nespor, Thompson y Ball, es la noción de que las creencias de los futuros profesores acerca de la

materia son tan poderosas e influyentes como sus creencias acerca de la enseñanza y el aprendizaje.” (Íbid., 2005:20).

Al lado de esta propuesta descriptiva, donde desde el estudio de casos de profesores novatos y expertos se derivan las diferencias entre los niveles de formación, Grossman (1990) sostiene la tesis de que el CDC, en un Modelo de Conocimiento del Profesor, articula los demás conocimientos: Conocimiento del Contexto, CDC, Conocimiento del Contenido Disciplinar, Conocimiento Pedagógico General,



Figura 1.5. Estructura del Conocimiento Profesional del Profesor, según Grossman. Tomada de Valbuena (2007).

De aquí en adelante la propuesta original de Shulman será considerada por los investigadores como la pionera (modelo reducido de Shulman, con cuatro categorías: Conocimiento del Contexto, CDC, Conocimiento del Contenido Disciplinar, Conocimiento Pedagógico General) (figura 1.5), donde el CDC se acepta como el articulador de las demás categorías.³⁷

Una de las últimas versiones de este conocimiento se expone (figura 1.6) en el documento de Park y Oliver (2008), como resultado de un estudio múltiple de casos en el que se han recolectado los datos con diversos instrumentos (considerando que es grande la complejidad del conocimiento del profesor),

³⁷ Una interesante trayectoria en este proceso de articulación por diferentes autores puede encontrarse en la tesis doctoral de Valbuena (2007); puntualmente pueden revisarse los textos de Gess-Newsome y Lederman (1999) o los artículos de Hashew (2005) y los profesores estadounidenses Park y Oliver (2008), Abell (2008), todos orientados a re-examinar el CDC.

desde una perspectiva de observación no-participante. El análisis de los datos se hizo a través de tres aproximaciones: método comparativo constante, un enfoque enumerativo y un análisis a profundidad del CDC explícito.

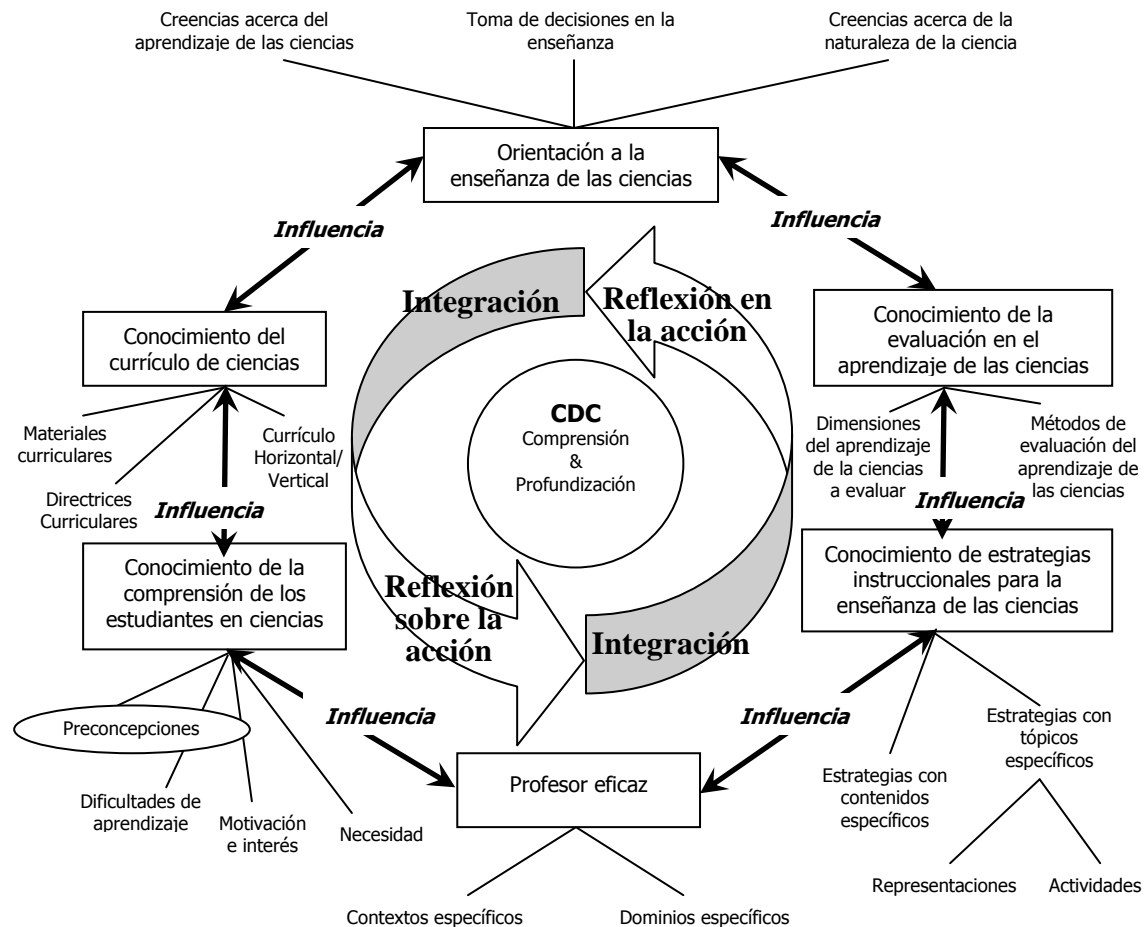


Figura 1.6. Modelo hexagonal del conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza de las ciencias. Tomado de Park y Oliver (2008:279). [La traducción es nuestra]

Entre los hallazgos sobresalientes, mencionan los autores, para el logro de un profesor eficaz, que: a) ser profesor eficaz está vinculado con el CDC; b) el conocimiento de los profesores sobre las preconcepciones de los estudiantes están relacionados con el mejoramiento del CDC, de hecho fue el componente que tuvo mayor impacto en este estudio; c) la reflexión en la acción y sobre la acción es el mejor vehículo para lograr que los estudiantes de profesorado integren los componentes del CDC; d) el modelo sugiere considerar que el dominio emocional es tan importante como el dominio cognitivo.

Es así que, desde una perspectiva metodológica primigenia, en la que se estudiaban las actuaciones y las ideas que se manejaban en las aulas de clase específicas (**ontología:** sistema-aula; **epistemología:** integración entre teoría y práctica), con el paso del tiempo se han venido proponiendo nuevos modelos de

CDC que se caracterizan por integrar nuevas categorías y relaciones soportadas en lo que ocurre en los estudios de caso.

En el ámbito de la enseñanza de la Física, Reyes (2010) registra este cambio de la siguiente manera:

“Las investigaciones consultadas evidencian que la caracterización del PCK ha venido evolucionando desde una perspectiva general desde los presupuestos de Shulman hacia una más concreta en lo que respecta a propuestas de mejoramiento, cualificación o desarrollo del conocimiento didáctico de los profesores de física en formación.” (p. 17).

Respecto a las categorías propuestas, ya emergen voces que consideran necesario reformular la educación científica hacia la construcción de una forma de vida sustentable (Chinn, 2012) desde el enfoque de programas educativos basados en el trabajo local, incluyendo los problemas socioambientales que han mostrado ser bastante efectivos en la formación de los estudiantes. Autores como Lee y Luft (2008, citados por Fischer y otros, 2012:441) exploran un modelo de CDC donde incluyen los recursos como una de las categorías.

Sobre las relaciones entre los componentes del CDC³⁸ en relación con el desarrollo profesional desde la perspectiva del profesor eficaz el estudio de Fischer y otros (2012) aporta que:

- Se han obtenido resultados que señalan que un alto desarrollo del Conocimiento del Contenido y el CDC, en profesores de matemáticas, son vistos como una condición previa necesaria para el buen desempeño de sus estudiantes, pero sólo si las clases son cognitivamente exigentes.
- *En propuestas con exitosas relaciones entre enseñanza y aprendizaje el psicólogo alemán Helmke (2003, citado por los autores) ha encontrado que el diálogo es un elemento que explica dicha enseñanza de calidad.*
- De acuerdo con Seifried y Sembill (2005; citado en Íbid, p. 439) el aprendizaje debe enfocarse como un proceso complejo, no solamente orientado hacia su naturaleza cognitiva sino también sobre lo emocional, motivacional e intereses como elementos interrelacionados (Kunter, 2005; citado en Íbid, p. 439).
- Se toma el Conocimiento del Contenido como condición previa para una enseñanza adecuada (Ball y otros, 2001; Shulman, 1986, 1987; citado en Íbid, p. 440), pero la investigación empírica no ha mostrado esta relación, pues al parecer basta con tener algún conocimiento de base. Lo que puede deberse al hecho de que la pedagogía no puede ser usada para estudiar

³⁸ También existen diversos estudios que tratan estos componentes por separado, según Fischer y otros (2012).

esta influencia sobre la instrucción o los resultados de aprendizaje de los estudiantes.

- CDC y Conocimiento del Contenido (CC) presentan una mayor integración con el aumento de la experiencia. El CDC muestra una correlación positiva con una construcción efectiva y el logro de los estudiantes.
- Abell (2007, citado en Íbid, p. 441) al respecto de las investigaciones sobre el CC y CDC sostiene que: a) Han sido investigaciones predominantemente descriptivas; b) en el contexto actual de valoración de la enseñanza se deben hacer mayores esfuerzos para indagar acerca de cómo el conocimiento del profesor afecta a los estudiantes; c) responder estas preguntas requiere más trabajos en las aulas de todo tipo y diseños de investigación más complejos; y) “La meta fundamental en la investigación del conocimiento del profesor de ciencia no debe ser sólo comprender el conocimiento del profesor, sino también mejorar la práctica, para así mejorar el aprendizaje de los estudiantes. (p. 1134)” [La traducción es nuestra³⁹].

Es así que, como síntesis, podemos identificar que en el rastreo de esta vertiente existen asuntos de interés que se pueden caracterizar en las diferentes dimensiones de la siguiente manera: En lo **ontológico**: Mediante el enfoque de estudio de caso se estudia el *sistema-aula*, desde perspectivas renovadas donde se integran nuevas dimensiones, y en las que el *diálogo*, como parte de las interacciones *profesor-estudiante*, es esencial en una enseñanza de calidad. En lo **ideológico**: se reitera *un conocimiento escolar inspirado en las Ciencias* y nuevas voces que, soportados en experiencias exitosas, proponen que el conocimiento de la escuela se oriente hacia un *conocimiento escolar basado en los problemas socioambientales*. En lo **epistemológico**: se estudia desde una perspectiva que se orienta hacia la *integración entre teoría y práctica*, expresada en el estudio de casos específicos, pero en la perspectiva de construir un modelo de conocimiento del profesor que hasta el momento se encuentra articulado en el CDC, por lo que la etapa actual de desarrollo de propuestas de formación parece orientarse hacia *la inclusión desde lo teórico*; una preocupación intensa a favor del modelo de conocimiento que puede afectar el interés sobre el importante papel de la reflexión para la evolución profesional (Park y Oliver, 2008).

³⁹ Del fragmento original: “The ultimate goal for science teacher knowledge research must not only be to understand teacher knowledge, but also to improve practice, thereby improving student learning. (p. 1134)”

1.2.1.4. El proyecto de Investigación y Renovación Escolar (IRES) y estudios afines

De acuerdo con García-Pérez y Porlán (2000), cualquier planteamiento didáctico complejo debe abordar el análisis de la construcción del conocimiento (estudiantes → el escolar, profesores → el profesional), “*en el contexto de una teoría más compleja e integradora sobre la enseñanza y el aprendizaje escolar que describa la multidimensionalidad del aula, la naturaleza del conocimiento que fluye en ella y los principios favorecedores de su cambio y evolución, cuestiones básicas en el Modelo de Investigación en la Escuela.*” (s.p.) (**ontológico:** sistema-aula).

Es así que, como principio de trabajo, el sistema-aula es visto como el objeto de estudio de referencia. Lo anterior significa que se reconocen y estudian el conocimiento de los profesores, de los estudiantes, las interacciones profesor-estudiante, pero en ningún momento se reduce el aula a estos subsistemas (García-Díaz, 1988; Cañal y Porlán, 1988; Ballenilla, 2003). Por lo que es posible reconocer estudios varios que aportan de diferente manera en la construcción de dicha *teoría compleja sobre la enseñanza y el aprendizaje escolar.*

En el marco del estudio de los subsistemas del sistema-aula, desde el IRES se considera que tanto profesores como estudiantes poseen conocimientos; el estudiante construye el conocimiento escolar, y el profesor el profesional. Los integrantes del IRES participan en el estudio del conocimiento de los estudiantes (Cañal, 1990) y de los profesores (Porlán, 1989) desde sus inicios, como de propuestas de mejora del trabajo práctico con los mismos (Cubero, 1989). De manera particular, para el estudio de la naturaleza de este conocimiento, en el marco de un debate sobre la naturaleza de dicho conocimiento (Cubero, 1994; 1996) -que se corresponde con todo el movimiento de investigación por los saberes previos- se ha mantenido la tesis de que dichos conocimientos pueden ser vistos como *sistemas de ideas en evolución*. Esto se ha aplicado a los contenidos escolares (García-Díaz, 1998), con tesis doctorales sobre las concepciones de los estudiantes (sobre las nociones económicas, Travé, 1998; sobre la desigualdad en el mundo, De Alba, 2004; sobre el medio urbano, González, 2011, entre otras) y de los profesores (Wamba, 2001; Ballenilla, 2003; Solís, 2005; Valbuena, 2007, entre otras).

Se considera que las ideas en cada sistema interaccionan entre sí, interacciones que pueden ser débiles o fuertes. Al interior de un conocimiento personal pueden identificarse sistemas coherentes (donde los subsistemas de ideas interactúan fuertemente entre sí), y sistemas poco coherentes (donde los subsistemas interactúan débilmente entre sí). En el marco de un proceso de aprendizaje, el cambio de ideas en el primero conlleva una reorganización conceptual profunda del conocimiento (cambio conceptual fuerte), mientras que

en la segunda el cambio es apenas local (García-Díaz, 1998:181-204). De esta forma, a través del *modelo de sistemas de ideas*, ha sido posible reconciliar e integrar los conceptos de *cambio conceptual* y de *concepciones*⁴⁰, que ya habíamos mencionado en otras vertientes. A dicho modelo ha sido complementaria la idea de *progresión* y la propuesta de hipótesis sobre la progresión del conocimiento que tiene transiciones por diferentes niveles de complejidad. El paso entre un nivel y otro se identifica como obstáculo-objetivo⁴¹ para propósitos de la enseñanza y el aprendizaje, en la medida que la superación de dicho obstáculo orienta el trabajo de interacción con los estudiantes (y profesores).

La preocupación por las interacciones *profesor-estudiante* en el *sistema-aula* ha presentado dos líneas de trabajo especialmente: las que se dan en las escuelas regulares, y aquellas que se dan al interior de los procesos de formación (inicial y continua) del profesorado. Desde el punto de vista metodológico, dichos trabajos poseen estructuras y matices variados, pero conservan un invariante: *todo proceso de indagación está orientado por un marco conceptual y una hipótesis de progresión previa, que puede ser reformulada después del trabajo de campo al que se refieren.*⁴² En la siguiente tabla se presenta una pequeña descripción de algunos de ellos, en relación con el conocimiento de estudiantes y profesores (la interacción profesor-estudiante promueve la evolución del conocimiento de ambos).

Desde la perspectiva de la evolución del conocimiento profesional, se identifican cuatro opciones diferentes (tabla 1.4) para estudiar la interacción *profesor-estudiante* como parte del *sistema-aula*, todas de forma integrada:

- Una primera, inicialmente liderada por el profesor Pedro Cañal, donde preocupa estudiar el marco curricular, el diseño de materiales y las prácticas de enseñanza con equipos de profesores que hacen enseñanza por investigación, desde una perspectiva unificada en el instrumento ACUDE. *En este caso el sistema-aula aparece irreductible como realidad a estudiar.* El material de referencia corresponde al proyecto curricular Investigando Nuestro Mundo (INM) 6-12⁴³, donde el profesor posee materiales auxiliares para que desarrolle sus propias unidades didácticas. *Entre los aspectos que presentan mayor resistencia se han identificado la organización disciplinar del conocimiento y el reconocimiento concedido a los manuales escolares; en coherencia*

⁴⁰ El referente inicial de *concepción* en el IRES fue el planteado por Giordan y De Vecchi (1999 [1987]) desde la Escuela Francesa; concepto que al interior del proyecto ha tenido diversas evoluciones.

⁴¹ Esta idea de obstáculo tiene sus antecedentes en la concepción de Gastón Bachelard (1985 [1938]).

⁴² Como respuesta a las polémicas suscitadas en los años ochenta alrededor del enfrentamiento entre los enfoques cualitativos y cuantitativos de investigación, el IRES ha asumido la opción de un enfoque metodológico complejo en el que estos dos enfoques se combinan de acuerdo con una teoría, problemática y realidad de estudios que interaccionan entre sí, interacciones que son responsabilidad del investigador profundizar.

⁴³ Referencia a este proyecto se hará de forma más amplia en la dimensión ideológica que viene a continuación.

con lo anterior, se identifican resistencias a delegar responsabilidades en los estudiantes y tendencia a considerar los contenidos como ya definidos.

Autor/es (año)	Problemática y metodología del estudio	Resultados de interés
Cañal, P. (1999)	Estrategias de enseñanza a investigación escolar. Desarrollo teórico.	Desde el Modelo de Investigación en la Escuela se propone el modelo de lo que sería una estrategia de enseñanza por investigación.
Cañal, P. (2000)	El análisis didáctico de la dinámica del aula. Organización teórica de estudios empíricos (análisis de registros en vídeo y desarrollo de modelo de análisis).	Después del análisis de registros de clase reales en vídeo, se expone una reorganización conceptual de lo que se entiende por estrategias de enseñanza y actividades. <i>Se desarrolla una taxonomía (soportada empíricamente) sobre cómo es posible que progresen las tareas y actividades teniendo como referencia la estrategia de enseñanza por investigación (Cañal, 1999).</i>
Cañal y otros (2011); Travé y otros (2006); Pozuelos y otros (2010)	¿Cómo mejorar la enseñanza elemental sobre el medio?: Análisis del currículo, los materiales y la práctica docente. Estudio de caso sobre las comprensiones y prácticas de enseñanza que realizan los profesores en la puesta a prueba de materiales curriculares.	Se desarrolla <i>instrumento de Análisis del Currículo y el Desarrollo de la Enseñanza (ACUDE)</i> que sirve tanto para estudiar el marco curricular, materiales de desarrollo curricular y prácticas de enseñanza. Se destaca que el desarrollo de la complejidad de las tareas en este enfoque tiene diferentes reacciones dependiendo del enfoque que el profesor tiene sobre la enseñanza.
García-Díaz y otros (1999)	Análisis de concepciones de profesores y su práctica docente. Metodología de estudio de caso de carácter interpretativo.	Se propone una clasificación de tipos de tareas asociadas a diversos enfoques de enseñanza, basados en la interacciones profesor y estudiante, desde una perspectiva tradicional hacia otra constructivista e investigativa. Se desarrolla una <i>Taxonomía de pautas de intervención en el aula de clase.</i>
Wamba, Jiménez y García-Díaz (2000)	Establecimiento de perfil metodológico. Metodología de estudio de caso de carácter interpretativo.	Se caracteriza el método de enseñanza de un profesor específico. Se afina el uso de la taxonomía.
Wamba (2001)	Tesis doctoral donde se estudian las concepciones del profesorado en relación con sus prácticas de enseñanza. Estudio de caso con carácter ideográfico.	Se usa como elemento central la Taxonomía de pautas de intervención que fue desarrollada con anterioridad. <i>Desde el punto de vista metodológico sobresale una nueva alternativa para indagar las concepciones de los profesores y sus relaciones con la práctica de enseñanza.</i>
Vázquez-Bernal (2006)	Tesis doctoral donde se estudia la reflexión del profesorado en relación con la evolución de sus prácticas de enseñanza. Estudios de casos en el marco de una metodología de investigación-acción.	Mediante el proceso de acompañamiento que se hace desde un grupo de investigación, se encuentra que la reflexión de los profesores es de diversos tipos y evoluciona a la par de sus concepciones y prácticas de enseñanza.
Cubero y otros (2008)	Estudio cualitativo de prácticas de enseñanza desde la perspectiva de análisis del discurso y su relación con la producción de conocimiento en el aula de clase.	“Es decir, hay una relación entre el tipo de discurso del profesor de un aula y el discurso que promueve en sus alumnos y, por lo tanto, los recursos que los alumnos muestran en el proceso de socialización científica en un aula. En este sentido, hemos podido mostrar cómo las tareas adquieren significado en el contexto de la clase, se acomodan a una lógica de la que los estudiantes terminan apropiándose.” (págs. 93-94).
Vázquez-Bernal, Jiménez y Mellado (2010)	Desde una perspectiva donde se integra la reflexión a la evolución profesional, se busca caracterizar los obstáculos que se identifican en el proceso de desarrollo profesional.	Se avanzan casos concretos en los que se hace posible identificar en una profesora, después de un largo proceso de trabajo, que los obstáculos más sobresalientes en su evolución se dan en los ámbitos del aprendizaje escolar y la evaluación.
Ballenilla (2003); Solís (2005); Porlán y otros (2010,2011)	¿Cuál es el impacto de una propuesta de formación del profesorado de formación inicial (estudiantes de magisterio) o continua (profesores de secundaria en formación) a partir de hipótesis de progresión basada en la investigación de problemas prácticos profesionales?	Dos obstáculos especialmente fueron observados: <i>las ideas de los alumnos no tienen valor epistémico y el conocimiento científico representa verdades absolutas.</i> Reconocen que una de las desventajas es que el proceso de formación de los estudiantes en este nivel no se haga a la par con las prácticas de enseñanza, propio del diseño del currículo formativo.

Tabla 1.4. Relación de algunos reportes sobre estudios al interior del IRES y proyectos afines.

- Una segunda es liderada por el profesor Roque Jiménez de la Universidad de Huelva, en el marco del programa *La práctica, la reflexión sobre la práctica y análisis de los obstáculos para el desarrollo profesional de profesores de Ciencias*

Experimentales (Jiménez, 2004), del que las tesis doctorales de Wamba (2001) y Vázquez-Bernal (2005) forman parte. La tesis de Wamba se orienta hacia la identificación del Modelo Didáctico Personal (MDP) de los profesores innovadores⁴⁴, mediante la identificación de pautas de intervención (caracterizadas a través de las tareas de aula), que exige la triangulación de diversas fuentes de datos: cuestionarios, entrevistas y análisis selectivos de clases. Como uno de sus resultados importantes se encuentra que: *los profesores estudiados consideran que el conocimiento científico disciplinar es el único conocimiento válido* (se pone del lado del *conocimiento del profesor*). En la tesis de Vázquez-Bernal (2005) se ha podido identificar que existen varios tipos de reflexión y que, desde un proceso de acompañamiento, la complejización de la reflexión va a la par de las mejoras en la práctica profesional (la reflexión ubica el estudio en la interacción del subsistema *profesor-estudiante y sistema-aula*).

- Desde una perspectiva de análisis del discurso, Cubero y otros (2008) trabajan en la línea de comprender la forma en que se produce conocimiento en la clase. Han podido identificar estrategias mediante las cuales los profesores introducen y legitiman nuevas formas de conocimiento al interior de las aulas de clase (su centro es la interacción *profesor-alumno* en el marco de clases reales).
- Otra opción, liderada inicialmente por Rafael Porlán, se ocupa del diseño y puesta en práctica de propuestas de formación del profesorado de magisterio (y de secundaria). Se considera que al situarse en la transformación del conocimiento del profesorado ponen su centro en el subsistema *conocimiento del profesor (y su transformación)*. Entre los resultados sobresalientes obtenidos se encuentra que los estudiantes de magisterio *consideran el conocimiento disciplinar como válido, al lado del cual las ideas de los alumnos no tienen mayor valor* (Porlán y otros, 2011).

Es interesante que sin importar el subsistema epistemológico que se tome, y los distintos enfoques metodológicos que se presenten, en todas las opciones contempladas es común encontrar como obstáculo que *el conocimiento científico* es considerado superior, y por tanto la verdad a enseñar. Desde esta perspectiva, la sugerencia de Wamba (2001) puede ser bastante acertada respecto a los obstáculos que identificó en los diferentes casos estudiados:

“Pero no debemos perder de vista que la superación de los obstáculos que hemos caracterizado en este trabajo no es sólo cuestión de aplicar unos determinados procedimientos de formación. Se trata de facilitar algo más que pequeños cambios en la actuación profesional de estos enseñantes. Ellos son unos buenos profesionales, abiertos a la innovación y con una actitud positiva hacia el protagonismo de los alumnos

⁴⁴ Los profesores se integran a las actividades del grupo de investigación; están allí por su propia voluntad.

a los que, en definitiva, les estamos pidiendo un cambio radical, que afecta a toda su manera de ver el conocimiento y la forma de adquirirlo.

Sus obstáculos no son sólo obstáculos que se generan en la experiencia profesional. Son mucho más: son formas de pensamiento profundamente arraigadas en nuestra cultura; son concepciones culturales presentes en los diferentes contextos de aprendizaje en los que participamos -la familia, la escuela, el centro de trabajo -. Impregnan, por tanto, cualquier situación, desde los programas televisivos hasta las relaciones interpersonales. De ahí la dificultad de superarlos. En último término, se trata de un cambio de actitudes y de valores, de un cambio de las intenciones educativas, un cambio que tiene que ver no sólo con el *qué* o el *cómo enseñar*, sino, sobre todo, con el *para qué enseñar*.” (pp. 364-365).

Sirvan las anteriores afirmaciones para ingresar **a los componentes ideológico y epistemológico**⁴⁵ al interior del IRES a partir de lo que ha quedado claro: *el conocimiento se comprende como sistemas de ideas de diversos niveles de interacción (e integración) que pueden organizarse en hipótesis de progresión*. Un elemento complementario es precisamente: ¿hacia dónde evolucionan dichos sistemas de ideas?, ¿cuáles son los referentes que le sirven de base al profesor para demarcar dichas evoluciones?

Respecto a la primera cuestión, el enfoque ambiental del currículo ha sido considerado relevante desde el principio; en palabras de Cañal (1988):

“Frente al aislamiento de la escuela respecto al entorno socio-natural y el recurso a la palabra (del profesor) y del libro de texto como mediadores que canalizan todo el flujo de la información en el aula, se propone un currículo muy relacionado con el contexto cotidiano del alumno, un currículo ambientalizado, *en que tenga cabida la reflexión sobre la problemática del entorno y el lugar del alumno respecto a la misma* y donde se produzca una efectiva permeabilización entre el sistema aula y los sistemas adyacentes. *La comprensión del medio y el desarrollo de las capacidades necesarias para poder actuar sobre él serán necesariamente objetivos prioritarios de la educación.*” [Las itálicas son nuestras] (p. 138).

Esta tesis ha ido evolucionando hasta la formulación de la *Hipótesis de la integración-enriquecimiento del conocimiento cotidiano* (García-Díaz, 1998), donde el conocimiento escolar tiene como referentes los problemas socioambientales, el modelo de desarrollo que deseamos, los aportes del conocimiento científico y la caracterización de las ideas de los estudiantes. Es así que el conocimiento escolar se entiende como un conocimiento *complejizado* que resulta de la integración de diversas fuentes (conocimientos cotidiano, científico y otras formas de conocimiento). Esta hipótesis de integración-enriquecimiento se considera como una alternativa a la idea de *transposición didáctica* que tiene su origen en la Escuela Francesa.

⁴⁵ Se encuentran íntimamente relacionados en este caso, por lo que separarlos puede parecer un poco artificioso.

Como referentes que le sirven al profesor para demarcar dichas evoluciones se ha desarrollado el concepto de *Ámbitos de Investigación* como organizadores del conocimiento escolar (Cañal, 1994) o del conocimiento profesional (Porlán y Rivero, 1998). Dichos ámbitos son esenciales en el desarrollo de los materiales del Proyecto Curricular *Investigando Nuestro Mundo* (INM 6-12). De un lado, cada ámbito provee un material de apoyo, analiza las fuentes de conocimiento que determinan el conocimiento escolar, formulan una trama de problemas y campos de investigación que *cada profesor, de manera autónoma, puede integrar en la construcción de sus propias unidades didácticas* (Travé, 1999:103). De esta forma se respeta la condición del profesor como investigador y actor crítico de la vida social, pues es el profesor, con otros compañeros y expertos, quien debe jugar un papel protagónico en la formulación del conocimiento escolar para contextos socioambientales específicos (figura 1.7).

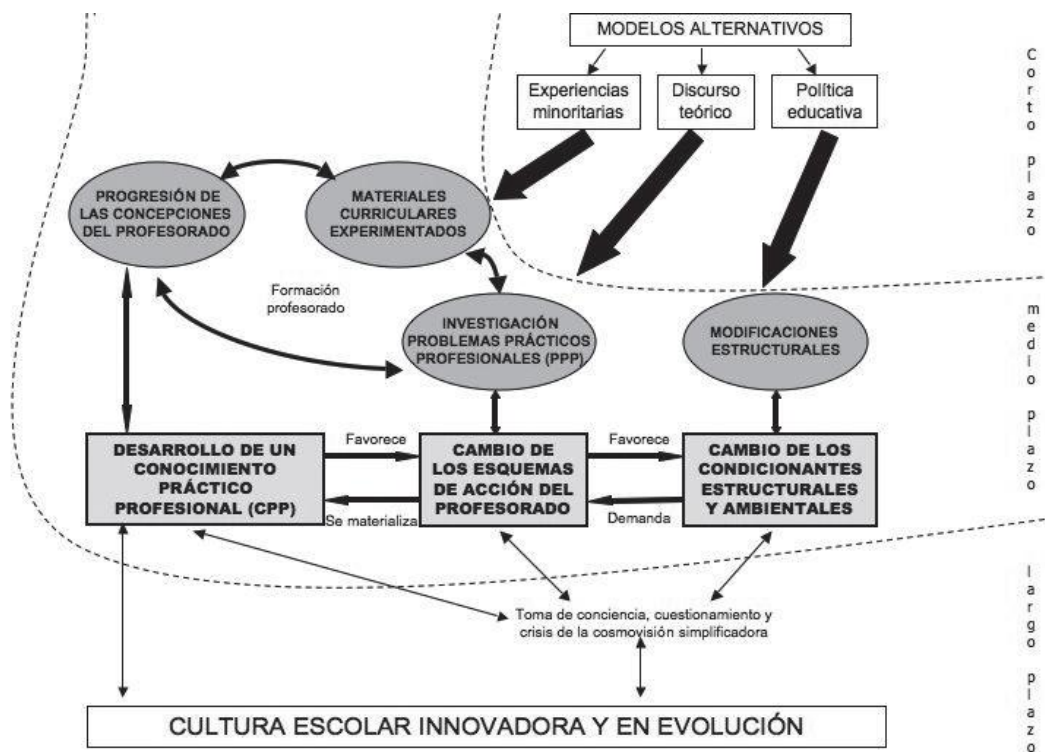


Figura 1.7. El cambio del profesorado: estrategia global deseable. Tomada de Porlán y otros (2010).

La construcción de unidades didácticas permite referenciar el trabajo desde el proyecto INM 6-12, como desde el proyecto *Investigando Nuestra Práctica* (INP). En este último, los *Ámbitos de Investigación Profesional* (AIP), formulados como agrupaciones de problemas prácticos profesionales (PPP), sirven como una formulación analítica que se encuentra asociada a un Modelo Didáctico Alternativo, basado en la investigación escolar, y a hipótesis de progresión sobre

las Concepciones del Profesorado que se elaboran en relación con los componentes de dicho modelo.⁴⁶

Es así que a modo de resumen sobre esta vertiente, es posible sostener que mientras en lo **ontológico** existe una alta diversidad de aproximaciones con resultados semejantes, al menos parcialmente, en lo **ideológico** y en lo **epistemológico** presentan un profundo acuerdo alrededor del *conocimiento escolar inspirado en los problemas socioambientales y la integración entre teoría y práctica.*

1.2.2. *El papel de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la educación y en la enseñanza (de la Física)*

Suscribimos con Travé, Pozuelos y Cañal (2006) que:

“El cambio de orientación educativa que se está intentando realizar en los últimos años en nuestro país parece basarse, prioritariamente, en una masiva introducción de las tecnologías de la información en las aulas escolares. Pero las sucesivas experiencias de reforma educativa y la investigación didáctica han mostrado que los recursos, por muy importantes que sean, no modifican por sí mismos la práctica docente. Sustituir, en este caso, la página del libro por la pantalla del ordenador para seguir desarrollando las mismas tareas escolares rutinarias y organizadas según la lógica de los modelos transmisivos, supone modificar el formato sin alterar el mensaje ni la forma de procesarlo, pues es obvio que los recursos no generan por sí mismos conocimientos, sino que adquieren toda su potencialidad al articularse en las nuevas estrategias de enseñanza y desarrollo profesional que se proponen desde la investigación didáctica y la innovación educativa. Lo que implica, además, un fuerte compromiso de la administración con las iniciativas de innovación e investigación didáctica y una drástica mejora de los procesos de formación docente (Gisbert, 2004; Cañal, 2005).” (p. 1).

Este conjunto de afirmaciones se encuentran situadas histórica y socialmente en el estado español actual, pero en el tiempo, y en diversos países alrededor de las mismas, se han venido dando varias discusiones que afectan hondamente la inclusión de las TIC en el sistema educativo. Por tanto, en lo que sigue: a) estableceremos una primera posición sobre si debemos referirnos a nuevas TIC (o NTIC) o simplemente a TIC, como el tipo de uso que se reconoce se le ha venido dando en la enseñanza de la Física, b) se considerarán algunas reflexiones que llevan a redefinir las TIC (NTIC) como objeto de estudio, c) se plantean los avances y limitaciones que se han identificado en un proceso de integración de las NTIC a las aulas de clase desde un modelo competencial y, d) se mostrará que la problemática sobre la inclusión de las nuevas tecnologías es posible

⁴⁶ Es Wamba (2001) quien llama la atención y propone la idea de que no se hable de Modelo Didáctico en referencia a una Hipótesis de Progresión genérica sino que se introduzca la idea de Modelo Didáctico Personal (MDP) como una forma de conceder singularidad al conocimiento del profesor; idea utilizada en las tesis de Ballenilla (2003) y Solís (2005).

ubicarla dentro de una corriente que denuncia y solicita la inclusión de las tecnologías en la enseñanza de la Física.

1.2.2.1. ¿Qué son las NTIC y cuál es el uso que se les ha venido dando en la enseñanza de las ciencias? Entre el estudio del medio y su integración en entornos complejos.

Henríquez (2002), en la realización de sus tesis doctoral, sobre formación del profesorado en TIC, sostiene que no deberían llamarse las nuevas TIC porque este nombre hace referencia a la novedad, la misma que cambiará cuando aparezcan otras TIC que las reemplacen. La posición de Henríquez aparece y resurge con cierta frecuencia, por lo que es aquí necesario apuntar una posición al respecto, con más razón porque el título de nuestra tesis incluye el acrónimo NTIC.

Solicitamos que se acepte una primera respuesta que será ampliada en el marco teórico. *Las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación son aquellas que superan la relación analógica con el mundo REAL. Son modelos del mundo real en los que se pueden reconocer relaciones operativas entre el modelo de lo real y la realidad misma.*⁴⁷

En consecuencia, gracias a ellas, no solamente somos receptores pasivos de dichas representaciones sino que también tenemos la posibilidad de actuar a través de ellas; la propiedad de interactividad (transacciones financieras, teleconferencias, servicio de chat, sistemas de control remoto, etc.). Aun así, es inevitable comentar algunas perspectivas sobre los múltiples impactos y precauciones que se deben tener sobre las mismas.

En el campo educativo, de acuerdo con Echeverría (2003a:43): “Las nuevas tecnologías de la información y de las telecomunicaciones (NTII) posibilitan la creación de un nuevo espacio social para las interrelaciones humanas que propongo denominar tercer entorno, para distinguirlo del entorno natural y del entorno urbano.”

Por lo que considera que se crean nuevos escenarios para el estudio, la docencia, la interrelación, el juego y el entretenimiento. Las aulas no desaparecerán ni tampoco las escuelas, pero sí tendremos telepuertas y televentanas que permitan conectarnos al tercer entorno (E3).⁴⁸ No cambian los pueblos y las ciudades clásicas, pero una educación para el siglo XXI debe desarrollar en los niños y

⁴⁷ Para Cabero (1996), los rasgos más distintivos de las *nuevas tecnologías* son inmaterialidad, interactividad, instantaneidad, innovación, elevados parámetros de calidad de imagen y sonido, digitalización, influencia más sobre los procesos que sobre los productos, automatización, interconexión y diversidad.

⁴⁸ En concreto tenemos los programas de teleformación donde el encuentro entre profesor, conocimiento y estudiantes no es simultáneo ni lineal. La tesis de López-Meneses (2007) recoge un estudio concreto sobre estos programas desde una perspectiva de enseñanza-aprendizaje por investigación.

niñas aptitudes para E3, *entendiendo siempre que los dos primeros (presenciales, proximales, sincrónicos y concentrados en recintos) siguen siendo los más importantes.*

Entre los mitos que se tejen alrededor de las NTIC, Aparici (2003) destaca que más allá de su potencial, estas tecnologías se arropan de un gran trabajo de marketing que refuerzan sus atributos. Destaca, entre ellos, el mito de la información versus el conocimiento; en sus propias palabras (**ontológico:** textos y contenidos):

“El mero hecho de usar un multimedia o internet no implica un proceso de innovación, si previamente no se ha reflexionado sobre los propios medios y sobre qué innovación se pretende lograr con estas nuevas tecnologías.

La aplicación del ordenador en la escuela a veces se confunde con un sistema de aprendizaje. Se piensa que el ordenador puede sustituir al profesorado y convertirse en la única fuente de enseñanza. Esto es un error porque el ordenador sólo se debe entender como una herramienta más al servicio de la educación.” (p. 40).

De todas maneras, *las NTIC han llegado para quedarse, y la enseñanza de la Física⁴⁹ y las Ciencias, en general, no ha sido la excepción.*

Waldegg (2002) respalda esta afirmación, analizando críticamente diversas formas de investigar el uso de nuevas tecnologías en el marco de la enseñanza de las Ciencias. Entre los puntos que queremos destacar se encuentran:

- El uso de las NTIC como parte de una práctica de enseñanza tradicional muestra pocas de sus potencialidades.
- Asume que para que el saber que se hace disponible vía NTIC, se convierta en saber en el aula de clase, necesariamente el profesor debe cambiar su rol de *proveedor a mediador y facilitador* del aprendizaje dentro de un contexto interdisciplinario.
- La potencialidad de usos requiere la revisión de los marcos teóricos y empíricos de los estudios que se vienen realizando.

Después de dicha revisión, esta autora, establece una síntesis de los principios del proyecto de trabajo colaborativo, que lidera entre varias instituciones canadienses y mexicanas:

“Desde la perspectiva socioconstructivista, el aprendizaje está centrado en el estudiante que aprende cuando se encuentra en entornos de aprendizaje tecnológicamente enriquecidos que le permiten construir una comprensión del mundo a partir de los objetos que manipula y sobre los cuales reflexiona. Las relaciones requeridas para

⁴⁹ Ejemplos de su uso en esta área pueden consultarse unos pocos en las Revistas de las Sociedades Española, Mexicana o Colombiana de Física, desde una perspectiva disciplinar del conocimiento. Ver por ejemplo: Rojas, Morales, Rangel y Torres (2009), Ramírez (2010), Rojas, Oviedo y López (2011).

construir esta comprensión son fuentes de conocimiento en la medida en la que dan un sentido a estos objetos y al mundo que les rodea. Adicionalmente, este sentido está anclado en una cultura dada. Como afirma Bruner (1996), aun si el sentido está en la mente de quien lo concibe, su origen y su significación están en la cultura en la cual fue creado. Para Bruner, la construcción de la realidad (atribuida al mundo) es el producto del sentido, que toma su forma de las tradiciones, las herramientas y los modos de pensar dentro de la cultura. Educar consiste en ayudar a los niños y jóvenes a adquirir herramientas propias para dar sentido y construir la realidad, de tal manera que puedan adaptarse mejor al mundo y participar en su transformación.” (p. 8).

Dicho esfuerzo lo conciben los autores como un proceso mediado por la tecnología, donde se promueve la interacción entre posiciones diversas con los estudiantes, e intercambios sobre diversos contenidos en temáticas acordadas por las escuelas participantes (a partir de lo que se puede inferir del texto: **ontológico:** *profesor-estudiante*, interacción mediada con fuerte apoyo de las NTIC; **ideológico:** *conocimiento escolar inspirado en las ciencias*; **epistemológico:** *inclusión desde lo teórico*, pues los profesores son incluidos como parte del proyecto referenciando la potencialidad de las NTIC en proveer altos niveles de interacción y colaboración).

La diversidad de orientaciones en el uso de las (nuevas) tecnologías no es un asunto particularmente extraño. Cabero (1999), al respecto, reconoce que la Tecnología Educativa posee varias etapas en su desarrollo. Una primera versión considera la transferencia al contexto educativo de los medios (televisión, radio, proyectores de diapositivas, etc.); transfiriendo desde la industria a la escuela los nuevos medios que podrían generar mejores aprendizajes. *Así, el criterio básico es la novedad del medio y su mejora técnica atribuible a la luz de una psicología conductista, el cual se usa con una fuerte tendencia a suplantarse la actividad práctica del profesor en el contexto educativo* (Cabero, J., 1999:27).

Una segunda posición aboga por una definición de mayor complejidad que, teniendo como objetivo el aprendizaje humano (**ontológico:** conocimiento de los estudiantes), la concibe como un proceso complejo e integrado que incluye procedimientos, personas, ideas, recursos y organizaciones, para analizar problemas y aplicar, diseñar y evaluar soluciones (Íbid., p. 23). De esta forma, la pretensión de organizar “científicamente” el sistema completo de instrucción se revela simplificadora por su dificultad al ponerlas en acción.

Las dos anteriores versiones se corresponden con un modelo técnico⁵⁰ de formación del profesorado, en el que es central el estudio de lo que se consideraría el “buen profesor”, y desde allí derivar las competencias y

⁵⁰ Modelo de formación que se deriva desde una visión positivista del proceso de formación, donde el profesor es un técnico a quién los expertos en la enseñanza le instruyen en los conocimientos y destrezas necesarios que debe aplicar a la enseñanza.

estrategias que debían evaluarse en sus prácticas de enseñanza (Cebrián, M., 1999:136).

Una tercera perspectiva, apuntalada en la revolución cognitiva al interior de la psicología, define su marco de trabajo como el “diseño de situaciones instruccionales y elementos adaptados a las características cognitivas del alumno.” (Cabero, J., 1999:25). A esta vía se le colige un modelo cognitivo de formación del profesorado, enfocándose ahora en las competencias no conductuales, en el pensamiento del profesorado (**ontológico: conocimiento del profesor**). Este enfoque permite una actuación del profesor más activa y reflexiva sobre su práctica (Cebrián, 1999:137).

Ya en una perspectiva actual, donde el profesor es considerado agente de cambio y transformador de la realidad, se le considera que debe ser consciente de los fundamentos económicos, sociales y filosóficos que representan tales medios (Íbid, pp. 137-138).

Esta fuerte diversidad en lo teórico, metodológico e ideológico en este campo, ha permitido reconocer que un aspecto de común acuerdo entre investigadores de varios lugares del mundo es que las NTIC permiten representar diversos fenómenos complejos, que de otra manera sería poco posible traer a las aulas de clase. En palabras de Coquidé y Le Maréchal (2006):

Esquemas de moléculas que giran y se despliegan en la pantalla, modelos que simulan la evolución del clima, imágenes animadas que representan las interfaces entre un punto microscópico y la superficie...: en los laboratorios, la potencia digital de la tecnología informática multiplica el tamaño, velocidad y tiempo para acceder o representaciones visuales para modelar fenómenos complejos. El tremendo poder y análisis de datos de computación proporcionado por el equipo permite el procesamiento estadístico de enormes cantidades de datos. La simulación por ordenador facilita la puesta en escena y la legibilidad de los resultados. Todo esto implica un nuevo tipo de experiencia. En muchas actividades nombradas, de la ciencia y la tecnología contemporáneas, la unidad indisoluble teoría, modelado, simulación y experimentación está siempre presente. Las modelizaciones numéricas y las simulaciones informáticas proporcionan una oportunidad para renovar la discusión de estatuto epistemológico de la modelización y la simulación. Ellas cuestionan las nociones de fenómeno, de experimentación e incluso de laboratorio, y es esencial para mantener siempre en mente que la simulación permite acceder sólo a la fenomenología del modelo que contiene.” [Las itálicas y la traducción son nuestras⁵¹] (p. 8).

⁵¹ Del fragmento original: “Des schémas de molécules qui tournent et se déploient sur l’écran, des modèles qui miment l’évolution du climat, des images animées qui représentent les interfaces entre point microscopique et surface... : dans les laboratoires, la puissance numérique des technologies informatiques permet de multiplier les dimensions, d’accélérer le temps, d’accéder à des représentations visuelles ou bien de modéliser des phénomènes complexes. L’extraordinaire puissance du calcul et d’analyse des données offertes par l’ordinateur autorise des traitements statistiques sur des masses énormes de données. La simulation informatique facilite la mise en scène et la lisibilité des résultats. Tout cela implique un nouveau type d’expérience. Dans de nombreuses activités scientifiques et technologiques contemporaines, l’ensemble indissociable théorie, modélisation, simulation et expérimentation est omniprésent. Les modélisations numériques et les simulations informatiques fournissent l’occasion de renouveler le débat du statut

De esta forma uno de los tantos impactos (diacronía, la emergencia de E3, teleformación, procesos colaborativos) de las nuevas tecnologías ha sido también el cuestionamiento sobre la naturaleza misma de las NTIC, en especial de *la modelización y la simulación*⁵². En un proceso de simulación, ¿tenemos ante nosotros una copia de la realidad, un objeto más de lo real, una representación aproximada de dicha realidad o simplemente otro modelo sobre la realidad?

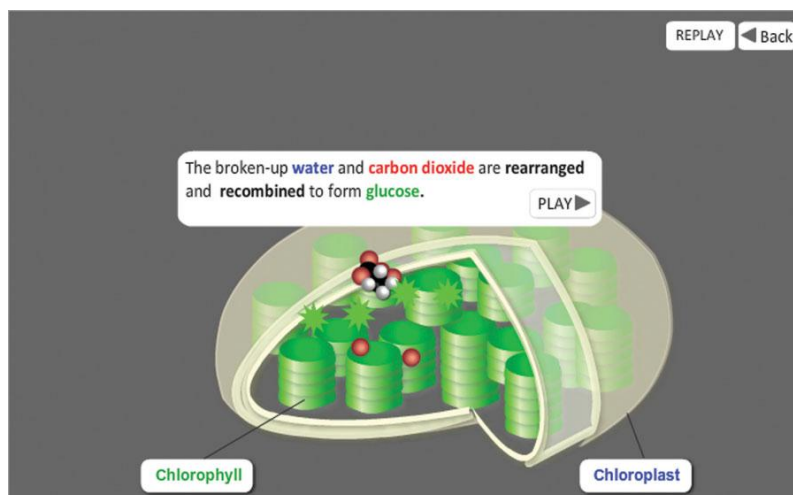


Figura 1.8. Una captura de pantalla de la visualización dinámica de transformación de energía. Tomada de Kihyun Ryoo y Marcia Linn (2012).

(**ontológico:** ¿es la simulación un recurso didáctico o un texto?; **ideológico:** ¿el conocimiento así representado incluye los problemas socioambientales?). La figura 1.8 sobre el proceso de fotosíntesis ayuda a explicar lo dicho (Ryoo y Linn, 2012).

Más allá de tal discusión, los resultados de la integración de dichas

tecnologías desde la perspectiva de la simulación y la modelización de fenómenos naturales y tecnológicos complejos (p.e. Gómez, Uribe y Jiménez, 2009), en diversas revisiones apuntan a ser variables tanto en Ciencias (Webb, 2008; Dede, 2012) como en otras áreas (Cabero, 2004; Área, 2005; Cowie y Jones, 2009). Cuando la estrategia de enseñanza busca logros más algorítmicos, los resultados son mejores que cuando se pretenden aprendizajes de mayor complejidad (Área, 2005). Dichos hallazgos han llevado a algunos investigadores a preguntarse por qué si dichas tecnologías poseen tan enorme potencial, su impacto no es definitivamente el mejor en todos los casos.⁵³

épistémologique de la modélisation et de celui de la simulation. Elles questionnent les notions de phénomène, d'expérimentation et même de laboratoire, et il apparaît indispensable de conserver constamment à l'esprit qu'une simulation ne permet d'accéder qu'à la phénoménologie du modèle qu'elle contient."

⁵² Esta discusión es compleja y permite reconocer en el panorama internacional diferentes posiciones en relación con diferentes propósitos: Tiberghien y otros (2009) en el desarrollo de recursos de enseñanza (secuencias de enseñanza); Rea-Ramírez y otros (2008) en el desarrollo de propuestas en la enseñanza con modelos; Sensevy y Santini (2006) haciendo referencia a las implicaciones educativas del *nuevo empirismo* propuesto por la norteamericana Cartwright. En Didáctica de las Ciencias, la tesis de Adúriz Bravo (2001) es amplia y enriquecedora sobre esta evolución epistemológica.

⁵³ Dwyer (1995) reportó resultados exitosos en la enseñanza de las matemáticas, pero desde una perspectiva en la que los estudiantes hacen un trabajo por indagación. Este tipo de resultados parecen ser más bien extraños, ventajas que reconocen Travé y otros (2006), lo que cuestiona que, precisamente, no sean más comunes este tipo de prácticas basadas en la indagación.

Es el caso de Linn⁵⁴, quien propone que el desconocimiento de los rápidos cambios de la tecnología, las nuevas perspectivas sobre la enseñanza y el aprendizaje, y la inclusión de las metodologías de investigación para el diseño de la enseñanza explican en parte dichos resultados. Su grupo de trabajo reporta diversos estudios en los que sostiene el logro de resultados positivos de aprendizaje con los estudiantes. Estos fueron obtenidos mediante un trabajo colaborativo (entre profesores y expertos de diversas áreas), gracias al cual se han construido diversas *secuencias de enseñanza* (**epistemológico**: entre la construcción de *secuencias de enseñanza* y la *integración entre teoría y práctica*) elaboradas en el marco de un principio de aprendizaje llamado *integración del conocimiento* (Chi y otros, 1994), en las que al interior del proceso de enseñanza se reconoce la importancia de crear oportunidades para integrar diversas perspectivas sobre un mismo fenómeno científico (**ideológico**: *conocimiento escolar inspirado en el conocimiento científico*⁵⁵).

En una revisión firmada por Cabero (2004), como preludeo a su exposición, expresa:

“En uno de mis últimos trabajo (Cabero, 2001), *comentaba que la investigación en medios y materiales de enseñanza había estado marcada por tres grandes limitaciones: su desproporción y marginación frente a otras líneas de investigación del terreno de la Didáctica y Organización Escolar, la poca variabilidad de los diseños de investigación utilizados, y la falta de aplicación práctica de muchos de los resultados encontrados*; para ello me apoyaba en una serie de trabajos (Abraham y Rojas, 1997; Casanova y Berliner, 1997; Calderhead, 1997; Petrina, 1998; Lewis, 1999) que habían estudiado, o la investigación en el terreno educativo en general o al que nosotros nos referimos en general.” [Las itálicas son nuestras] (p. 1).

Establece diversas dificultades en el campo y propone las siguientes cuestiones como una forma de aprender de ellas:

- “- Superación de un modelo de estudio e investigación: los comparativos.
- *Reflexionar sobre su fundamentación teórica.*
- Superar las investigaciones únicamente de carácter psicológico.
- Reflexionar sobre problemas reales para la fundamentación y pragmática de utilización.
- Combinar diferentes metodologías.
- *Plantear estudios sistémicos más que analíticos.*

⁵⁴ Directora del proyecto WISE, de donde se ha obtenido la figura 1.8. Es un proyecto colaborativo basado en nuevas tecnologías, su página web es <http://wise.berkeley.edu/webapp/index.html> (Última consulta: enero de 2012). Mayor información sobre el proyecto puede encontrarse en Linn (2002).

⁵⁵ A pesar que esta propuesta se caracteriza tomando como referencia el conocimiento científico, es bueno también matizar que a pesar de no reconocer explícitamente los problemas socioambientales, sí tiene como reto la conciliación de las perspectivas científicas y cotidianas mediante el proceso de integración. Ver, por ejemplo, en el campo de la electricidad Shen y Linn (2011) y en relación con el cambio climático Svihla y Linn (2011).

- Y efectuar metaanálisis de investigaciones sobre temáticas específicas.” [Las itálicas son nuestras] (p. 3).

De acuerdo con las características del problema de investigación, se han resaltado dos asuntos: la necesaria reflexión sobre la fundamentación teórica sobre las nuevas tecnologías; la necesidad de *plantear estudios sistémicos más que analíticos*. Es en este asunto donde Cabero sostiene de manera decidida que el objeto de estudio no debe ser el medio sino el papel que juega como parte de un sistema más complejo: “En resumen, lo que posiblemente sea necesario es reclamar una mentalidad más abierta de la que se ha tenido en una serie de años en el terreno de la investigación de las TICs, centrándonos más en el problema de investigación y alejándonos del medio.” (Íbid., p. 6); lo que en nuestro caso se puede interpretar como un movimiento desde el medio como texto hacia las interacciones que se establecen en la clase (**ontológico**: Desde *texto y contenido* hacia la interacción *profesor-estudiante* a través de los medios).

Otra revisión, elaborada por Área (2005) coincide en la ausencia de fundamentación teórica con Cabero, al plantear como vértice central de su estudio que:

“[...] Es decir, tenemos mucha información empírica sobre las TIC en las escuelas, pero nos falta construir una teoría sobre este fenómeno particular de la realidad escolar que nos permita comprender qué sucede cuando los ordenadores entran en las escuelas, las causas de la resistencia del profesorado a integrar estas tecnologías en su práctica docente, o cómo implementar exitosamente estrategias de incorporación escolar de las TIC en un determinado contexto nacional o regional.” (p. 4).

Con base en varios meta-análisis internacionales y estudios específicos, resalta que *los estudios de caso de centros y aulas son altamente potentes para comprender la fenomenología que acompaña las innovaciones, pero agrega que “el punto débil de este tipo de estudios es precisamente su limitada capacidad de generalización de los resultados obtenidos. Las experiencias son transferibles, pero los resultados no son generalizables.”* (Área, 2005:18). Considera por ello que una visión ecléctica de métodos y planteamientos de investigación debería ser el camino a seguir. Termina diciendo:

“[...] Como sugieren Mcmillan, K.; Hawkings, J.; Honey, M. (1999), hemos aprendido a reconocer que el impacto de la tecnología sobre el aprendizaje en ambientes complejos no puede abordarse analizando la tecnología de forma aislada. *Por lo que actualmente debiéramos plantearnos investigaciones holísticas que persigan analizar cómo se integra la tecnología en los grupos en contextos educativos reales; cómo los recursos tecnológicos son interpretados y adaptados por los usuarios; cómo relacionar mejor las potencialidades de la tecnología con las necesidades y procesos de aprendizaje; cómo los cambios tecnológicos afectan e influyen en la innovación de otras dimensiones del proceso educativo tales como la evaluación, la gestión, la comunicación o el desarrollo del currículum.*” [Las itálicas son nuestras] (p. 18).

Es precisamente el texto en *itálicas*, anterior, el que mejor define la idea de integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje que se promulga en este trabajo, y que sirve de referencia para hacer un balance de este aparte. En lo **ontológico**: se pasa desde un uso y estudio de las (nuevas) tecnologías como *texto y contenido* (portadoras de información) a un papel en donde sirven como recursos protagónicos de la interacción *profesor-estudiante*, aunque se aboga por el estudio del *sistema-aula* y el proceso de integración de las NTIC. En lo **ideológico**: va entre un *conocimiento escolar neutro y disciplinar* hacia propuestas en las que se trabaja un *conocimiento escolar inspirado en las Ciencias*, especialmente en el caso del WISE. En lo **epistemológico**: se oscila entre un papel del profesor que se *incluye desde lo teórico* hasta posiciones donde este participa, desde su conocimiento, en la construcción de *secuencias de enseñanza*.

1.2.2.2. El modelo de competencias en la integración de las NTIC: algunos “agujeros” sin contestación

En sinergia con estas transformaciones, la investigación reciente sobre la integración de las NTIC en la Educación reconoce como central el papel del profesor (Suárez y otros, 2005; Cowie y Jones, 2009). Para su estudio en diversos países - como EE UU, Inglaterra, Australia, España⁵⁶ - se ha optado por desarrollar *modelos competenciales*.⁵⁷ En el caso del proyecto PROFORTIC⁵⁸, se destacan dos núcleos competenciales: de tecnología básica y el relacionado con los problemas sociales, éticos y legales.

En este enfoque basado en competencias existe consenso en que primero se deben desarrollar aquellas que hagan posible la integración de las NTIC en las prácticas de enseñanza. *Variadas investigaciones dejan entrever que la apropiación del medio tecnológico precede su integración al aula* (Morales, 2004:470), planteándose incluso secuencias de introducción como: a) Contacto con Internet → Adaptación y apropiación → Innovación tecnológica a través de los nuevos medios (Romagnoli y otros, 2000; citado por Suárez y otros, 2005:33); b) Competencias tecnológicas → Competencias pedagógicas para la integración (Snoeyink and Ertmer, 2001; citado por Suárez y otros, 2005:46).

En esta perspectiva, sin importar si la relación entre los factores se deriva de estudios situacionales o mediante modelos estadísticos complejos, un problema es recurrente: *el uso de las nuevas tecnologías, ya bajo en términos de su uso personal por*

⁵⁶ Los autores hacen parte del proyecto PROFORTIC, el cual para el año 2005 se desarrollaba en tres comunidades españolas: Castilla y León, Madrid y C. Valenciana.

⁵⁷ En el caso colombiano puede consultarse un modelo de integración de las TIC en EDUTEKA (2003).

⁵⁸ Este proyecto es importante para este trabajo en la medida que sirve para caracterizar las competencias en nuevas tecnologías que posee la profesora que se estudia en esta investigación.

parte del profesorado, es aún más bajo con sus alumnos en las aulas de clase (ontológico: sistema-aula).

Al respecto, en términos regionales se pueden destacar los siguientes estudios:

1. *Regiones con alta integración de las NTIC.* A pesar que se cuenta con infraestructuras de avanzada, en la baja integración al aula (Paiva, Paiva y Fiolhais, 2003) se reconocen factores, como el uso personal/profesional, que facilitan su integración (Lee, 1997; Suárez y otros, 2005). El asunto toma ribetes de paradoja en las escuelas de Silicon Valley (corazón del desarrollo tecnológico de los Estados Unidos⁵⁹) donde este problema tiene vigencia (Cuban, Kirkpatrick y Peck, 2001); *explicando los autores que, en este caso, la relativa demora y la frecuente reparación de los equipos imposibilitan un uso mayor, lo que hace que se sostengan viejas prácticas de enseñanza* (explicación que parece derivarse de la convicción en el mitológico “poder” de las nuevas tecnologías).
2. *Regiones con baja integración de las NTIC: el caso Latinoamericano.* Aunque la región ha avanzado, queda claramente relegada cuando se trata de comparar los niveles de dotación que se tiene frente a Estados Unidos y la Unión Europea en general. Es posible en el marco de RIBIE⁶⁰, encontrar trabajos que se refieran a usos de las NTIC al interior de las aulas (Cotignola y otros, 1998; Yaber-Oltra, G., 2000), en la perspectiva de “aplicaciones isla” (García, González, Pérez y Valdés, 2002; Alonso y Soler, 2005). Aun así, por su número representan un bajo nivel de integración al aula. En el caso de la Didáctica de las Ciencias, una revisión en la Internet de las publicaciones y aplicativos expuestos libremente entre los años 2000 a 2005,⁶¹ presenta comportamiento similar (Castrillón y Suárez, 2006).

Los informes parciales que se generan desde el proyecto PROFORTIC sobre actitudes (Carballo y Fernández, 2005), integración al aula (Suárez y otros, 2005) y obstáculos que dificultan la integración (Bo y Sáez, 2005) presentan resultados comunes en dos cosas: a) los resultados obtenidos coinciden con lo reportado en otros estudios internacionales; b) se llama la atención sobre la necesidad de desarrollar modelos multivariados que se acerquen mejor a la complejidad de estos procesos (actitudes, integración y obstáculos).

⁵⁹ Enclave del modelo de desarrollo de *la sociedad informacional* desde una perspectiva neoliberal. Ver Castells y Himanen (2002), donde sostienen que Finlandia es un ejemplo alterno de desarrollo de la sociedad informacional en la perspectiva del modelo de *Estado del Bienestar*.

⁶⁰ Siglas de la Red Iberoamericana de Informática Educativa.

⁶¹ Desarrollados en los siguientes países: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Cuba, España, México y Venezuela. Se destaca que el volumen de producción de España sobrepasa con facilidad el de los demás países.

Es así que se formula una importante cuestión en la perspectiva del modelo por competencias: *¿cuáles son los obstáculos profesionales que impiden la integración de las NTIC en las aulas de clase?*

Nuevas revisiones en diversos países y proyectos apuntan a mostrar que los resultados siguen siendo moderados (Webb, 2012), y que de manera repetitiva el uso de las NTIC apunta a:

- La integración de TIC al aula no ha supuesto un proceso de renovación pedagógica; en las prácticas tradicionales ha servido más para apoyar las exposiciones magistrales, la realización de ejercicios de baja complejidad o la realización de acciones destinadas a ampliar los contenidos del texto (Área, Cepeda, González y Sanabria, 2010).
- La introducción de nuevas tecnologías no afecta de manera sustancial el modelo de enseñanza del profesorado (Área, 2010). Se evidencia que el profesorado de primaria hace una integración más abierta, mientras que el de secundaria la centra en los contenidos de la materia misma. Sostiene el autor que podría decirse que *“Dependiendo de la formación y concepciones/actitudes del docente hacia la enseñanza y el aprendizaje se van incorporando poco a poco innovaciones pedagógicas con las TIC adaptándolas a la metodología que desarrolla.”* [Las itálicas son nuestras] (p. 94).
- Después de varios años, desde Extramadura (España) se ratifica que *la falta de conocimiento en TICs sigue apareciendo como el principal obstáculo de todos* (Barrantes, Casas y Luengo, 2011). (**ontológico: conocimiento de los profesores**).
- Se empieza a reconocer que el CDC sobre los recursos es de importancia si se quiere mejorar el proceso de integración (Cowie y Jones, 2009). (**ontológico: conocimiento del profesor, interacción profesor-estudiante**).
- **Menos de un 10% del profesorado se sitúa en el perfil que permite una integración de las TIC con cierta profundidad (Almerich, Suárez-Rodríguez, Beloch y Bo, 2011).⁶² Solamente un 8% se siente en capacidad de integrar efectivamente las TIC al aula de clase. Se ha encontrado que el uso personal-profesional es relevante, pues antecede a la aplicación en el aula;** de aquí que el profesor debe obtener las competencias pedagógicas correspondientes, para pasar a la planificación y creación de ambientes de innovación y comunicación con TIC. La gradualidad de este proceso se refleja en lo que expresan los autores:

“En cuarto lugar, se ha observado una gradación para la integración de las TIC en la práctica educativa del profesorado. *Este actor clave primero demanda una formación mayor en la*

⁶² Este resultado será más importante en el diseño metodológico, pues será fundamental para sustentar la selección justificada de la profesora (de tres profesores iniciales) que sirve como caso en este estudio.

planificación de la enseñanza, para paulatinamente ir diseñando ambientes de aprendizaje enriquecido donde las TIC estén perfectamente integradas. Por consiguiente, en principio la formación debería prioritariamente orientarse a fomentar que el profesorado considere en su proceso de enseñanza los distintos recursos tecnológicos. Esto tiene por objeto conseguir un nivel inicial de confianza que le permita atender a la integración.” [Las itálicas son nuestras] (p. 21).

De esta manera, se destaca que: a) el modelo competencial permite caracterizar el profesor en diferentes planos y su evolución (uso personal/profesional; competencias pedagógicas; planificación de la enseñanza; integración de TIC); b) por ahora el modelo no explica la forma en que este tipo de recursos se integra al conocimiento profesional del profesorado, pero sí se reclama, incluso su formulación desde la perspectiva que aporta el modelo del CDC. Es así que el componente **ontológico** pone énfasis en el *conocimiento del profesor*, y su paso a la investigación del papel que juega en las interacciones *profesor-estudiante*, considerándose incluso que es allí solamente donde el medio jugará un papel como recurso didáctico asociado al tipo de modelo didáctico que posee el profesorado. En lo **epistemológico**, se ha pasado desde una *inclusión desde lo teórico*, en la que se suponía que el potencial de las TIC sería suficiente para transformar las prácticas de enseñanza, a considerar que la integración de las TIC remiten necesariamente a procesos de formación del profesorado⁶³; ya sea desde la perspectiva de diseño de *secuencias de enseñanza*, o desde una perspectiva más compleja de *integración entre teoría y práctica*. En lo **ideológico**, estos estudios no permiten un mayor detalle.

1.2.2.3. ¿Dificultades solamente al integrar las NTIC o es un problema que también se ha presentado con la integración de otras tecnologías en la enseñanza de las Ciencias?

En su revisión del año 2005, Área cita el trabajo de Cuban (1986) titulado *Teachers and Machines* que, en su concepto, sentó las bases del camino a recorrer en la elaboración de modelos teóricos sobre las TIC en el sistema escolar. Cuban analiza la historia y evolución de la tecnología en la enseñanza a lo largo del siglo XX, y conjetura un patrón o modelo cuando se trata de integrar tecnologías novedosas a la enseñanza; en sus palabras, dicho comportamiento se dió con la radio, el cine, los proyectores de diapositivas, la televisión, el vídeo y ahora con el ordenador. Así describe Área (2005) dicho patrón:

“En pocas palabras este patrón consiste en que el nuevo medio crea altas expectativas de que el mismo innovará los procesos de enseñanza-aprendizaje, posteriormente se aplica a las escuelas, y cuando se normaliza su utilización, se descubre que su impacto no ha sido tan exitoso como se esperaba achacándose a causas diversas: falta de medios suficientes, burocracia administrativa, insuficiente preparación del profesorado, etc. *En*

⁶³ En los estudios consultados se referencia dicha formación sin hacer mayor énfasis en los modelos.

consecuencia, los docentes siguen manteniendo sus rutinas tradicionales apoyadas, básicamente, en las tecnologías impresas. Es lo que Hodas (1993) denomina la “cultura del rechazo” y que hunde sus raíces en un cruce de variables de diverso tipo provocado por el interés del mercado de incorporar la nueva tecnología a las escuelas. En consecuencia, al forzar la entradas de los ordenadores en los ambientes escolares tropiezan con una cultura organizativa docente que los rechaza.” [Las itálicas son nuestras] (p. 15).

En un estudio posterior, orientado al uso de computadoras en clase en escuelas con alta dotación tecnológica, titulado *Oversold and Underused: Computers in the Classroom*, Cuban (2001) muestra que a pesar de encontrar casos de profesores que han desarrollado usos pedagógicos de los ordenadores, también establece que el aprendizaje tecnológico es bajo.

Esta tesis puede parecer polémica en un primer acercamiento, pero es innegable que los estudios anteriores hasta aquí citados, sobre el uso de las nuevas tecnologías apuntan a lo mismo; incluso el apartado anterior pone en el punto de mira la necesidad de identificar y afectar el *conocimiento del profesor*, y adelantar procesos de formación en dichos recursos. Como un ejercicio metacognitivo de descentramiento tal vez sea necesario intentar nuevos enfoques. Debemos superar el mito que esclarece Aparici (2003), alertando sobre la forma en que el mercadeo tecnológico ilusiona alrededor de dicho proceso de transformación.⁶⁴

Una mirada hacia atrás, sobre las condiciones de emergencia social de las tecnologías anteriores nos muestra dos cosas: a) que entre Tecnología y Ciencia existe una relación compleja que afecta los procesos mismos de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias, y b) que dicho problema también se viene presentando con los laboratorios clásicos que se han usado en la enseñanza de la Física (Richoux y Beaufile, 2003).

En relación con lo primero, Jones (2012) critica que, comúnmente, cuando hablamos de Tecnología nos referimos solamente a ordenadores. Identifica que poseemos un profundo desconocimiento acerca *de los conceptos y procesos tecnológicos, y los factores que sustentan el desarrollo tecnológico y la innovación*. De hecho, sostiene que la Tecnología es una construcción humana situada, que involucra componentes filosóficos y prácticas tecnológicas. En el marco del debate que ha promovido el movimiento CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad; STS en inglés) de incluirlo en la enseñanza, cita las dimensiones que Fensham (1987) propone para tal fin:

Estos son: la relación entre la ciencia y la tecnología; la toma de decisiones tecnocrática/democrática; científicos y decisiones socio-científicas; ciencia/tecnología y los problemas sociales; influencia de la sociedad en la ciencia/tecnología; la

⁶⁴ Dicha afirmación no desmiente el hecho evidente de que las nuevas tecnologías sí funcionan y son sumamente importantes en el ejercicio de la Física como disciplina profesional. Ver, por ejemplo, el artículo de los profesores cubanos Váldez y Váldez (1999).

responsabilidad social de los científicos; la motivación de los científicos; científicos y sus rasgos personales; mujeres en la ciencia y la tecnología; la naturaleza social del conocimiento científico; y las características del conocimiento científico (método científico, modelos, esquemas de clasificación, provisionalidad). (pp. 813-814). [Las itálicas y la traducción son nuestras⁶⁵]

En relación con los tradicionales laboratorios clásicos de Física, consideran Richoux y Beaufils (2003) que, a pesar de ser la práctica experimental fundamental en la enseñanza de la Física desde inicios del siglo XX, en países como Francia, los resultados parecen indicar que, después de más de cien años, la integración de los soportes tecnológicos a la práctica de enseñanza sigue siendo una tarea de enorme complejidad (Andrés y Pesa, 2005); incluso cuando median actividades de reflexión permanente (Vázquez-Bernal, Jiménez, Mellado, 2007).

Este comportamiento análogo puede estar indicando que la integración de los soportes tecnológicos clásicos y las nuevas tecnologías presentan dificultades similares. A pesar que estas últimas incluyen avances técnicos importantes, cuando se considera el papel del profesor, aquellos pasan a ser secundarios, pues ya no es posible afirmar que mejores tecnologías provocan aprendizajes de mayor calidad.

El balance sobre estos soportes lleva a poner el énfasis sobre los criterios de la siguiente manera: En lo **ontológico** se hace necesario atender el *conocimiento del profesor* como actor inevitable de la interacción *profesor-estudiante*, siendo esta de una alta complejidad, que se da no solamente restringida a las nuevas tecnologías sino también a los recursos didácticos tradicionales, como la instrumentación tradicional de Física; manteniéndose, apenas, la tecnología del lápiz y papel (modelo tradicional). En lo **ideológico** es posible verificar que para integrar la Tecnología (incluidas las NTIC) a la escuela no basta el *conocimiento escolar inspirado en la ciencia o inspirado en otras fuentes*, sino que se establece un lugar intermedio, cercano a la *formulación de los problemas socioambientales*. En lo **epistemológico**, por ahora podríamos afirmar que la integración de cualquier tecnología al *sistema-aula* es una tarea compleja.

1.3. El mapeo, discusión y síntesis sobre las contribuciones alrededor del problema de investigación

Al escribir esta memoria soy consciente de que se está reeditando un nuevo capítulo de la pugna entre los partidarios de los enfoques cuantitativos y los

⁶⁵ Del fragmento original: “These are: the relation between science and technology; technocratic/democratic decision-making; scientists and socio-scientific decisions; science/technology and social problems; influence of society on science/technology; social responsibility of scientists; motivation of scientists; scientists and their personal traits; women in science and technology; *social nature of scientific knowledge*; and *characteristics of scientific knowledge (scientific methods, models, classification schemes, tentativeness)*.”

defensores de la investigación cualitativa (Denzin, 2008). Ejemplos de dichas visiones son las siguientes:

- La inclusión de un enfoque multiparadigmático, en el espacio de la formación de postgrado, que reivindique el papel de los investigadores como Hombres, de su subjetividad y sus creencias sociales (Taylor, Taylor y Chandra, 2012).
- La necesidad de construir versiones de conocimiento que hagan posible descolonizar el planeta y aporten en la formación crítica de los pueblos (Lincoln y Gonzalez, 2008).

Norman Denzin invita a los integrantes de diversas tendencias al interior de la investigación cualitativa para que se establezca un proceso de diálogo e intercambio fructífero entre los diferentes enfoques.

La situación especial que se comenta, la traigo a colación para hacer memoria que situación similar ya enfrentó la comunidad española de investigadores en educación, lo que le ha permitido hoy día consolidar procesos fuertes basados en la investigación cualitativa (Gúzman, Cabrera, Yanes y Castro, 2008), lo que obliga necesariamente dar una respuesta a tal altura.

En este campo la tesis doctoral de Axpe Caballero (2003), sobre la investigación etnográfica en España, enfoque donde se imbrica la mayor parte de la investigación cualitativa (Gúzman y otros, 2008), presenta como hallazgo sobresaliente que la construcción metodológica de las diversas investigaciones realizadas ha logrado un excelente nivel. *En una de sus recomendaciones sugiere que se debe poner más atención en los procesos de construcción de teoría en los estudios que se realizan.* Es así que, siendo esta una memoria que se deriva de un estudio de caso, por definición orientada a la construcción de conocimiento sobre una realidad muy concreta, se ha hecho el mayor esfuerzo, en lo posible, por ser claros en este aspecto.

Finalizando esta revisión, entraremos a mapear, discutir e interpretar los diversos aportes que se obtienen alrededor de la *Integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física desde la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela*. Dichos aportes serán los que demarquen las directrices de los capítulos que siguen de este trabajo.

1.3.1. El plano Ontológico-Epistemológico

Los diferentes aportes que se han revisado apuntan a que tanto las representaciones basadas en las (nuevas) tecnologías y las ideas de los estudiantes, pueden ser enfocados desde la perspectiva del tratamiento de modelos en el marco de la interacción profesor-estudiante al interior del

sistema-aula. A la par, el papel del profesor va entre un actor de conocimiento y otra posición en la que simplemente recibe secuencias de enseñanza diseñadas. La inclusión tan sólo desde lo teórico parece que está siendo abandonada; posiblemente como la reacción natural que resulte de verificar que la complejidad de la integración entre teoría y práctica (Doyle, 1985) no puede ser deducible ni siquiera por las mejores teorías (descontextualizadas de las acciones en contextos reales) (Gimeno y Pérez, 1992; citado por Álvarez, 2011:47).

Podemos partir de un registro de clase tomado de la tesis doctoral de Cañal (1990), acerca de la nutrición de las plantas verdes, para desarrollar esta discusión.

ALBERTO.- Una planta, cuando no hay luz y toma oxígeno, desprendiendo gas carbónico, ¿hace al revés qué de día?
PROFESOR(A) [P].- ¿Y tú crees que de día no respiran las plantas?
ALBERTO.- Sí ... Pero lo hacen al revés porque no hay luz.
CARLOS.- Mira, por la mañana las plantas toman dióxido de carbono y expulsan oxígeno, por la noche al revés, expulsan...
P.- ¿Tú estás conforme con eso...? ¿Por la mañana es una cosa y por la noche otra?
CARLOS y otros.- ¡sí, sí!
P.- Yo no estoy conforme con eso.
CARLOS.-Sí. Cuando yo estaba en tercero me dijeron eso.
EUGENIA.- De día cogen dióxido de carbono y por la noche...
P.- ¿Esa función cómo se llama?
EUGENIA.- Respiración, ¿no...?
P.- ¿Esa es la respiración...?
EUGENIA.- ¿Inspiración?
VICTOR.- ¿La ósmosis?
EUGENIA.- De día coge dióxido de carbono y después expulsa oxígeno.
P.- Pero eso, ¿cómo se llama?
JORGE.- El intercambio de gases.
P.- Pero, ¿para qué hace eso la planta? Porque lo estáis confundiendo con la respiración... ¡A ver quién se da cuenta!, porque yo no quiero... (decirlo).

Este fragmento de una clase, a la luz de lo visto, representa al menos la materia visible de las interacciones que se establecen entre profesores y estudiantes en el aula de clase. Desde una perspectiva constructivista y multicomprendible de la realidad (García-Díaz, 1998; Giere, 1999), es posible aceptar que entre profesores y estudiantes se establezcan modelos diferentes sobre una realidad al interior de clase. Desde la perspectiva académica es posible *identificar* aquí sistemas de ideas catalogables al interior de una hipótesis de progresión (García-Díaz, 1998), elementos de concepciones (Giordan y De Vecchi, 1999), modelos científico-escolares (Tiberghien y otros, 2009), modelos mentales (Rea-Ramírez y otros, 2008), modelos de síntesis (Vosniadou, 2012), red de conceptos (Cañas y Novak, 2006).

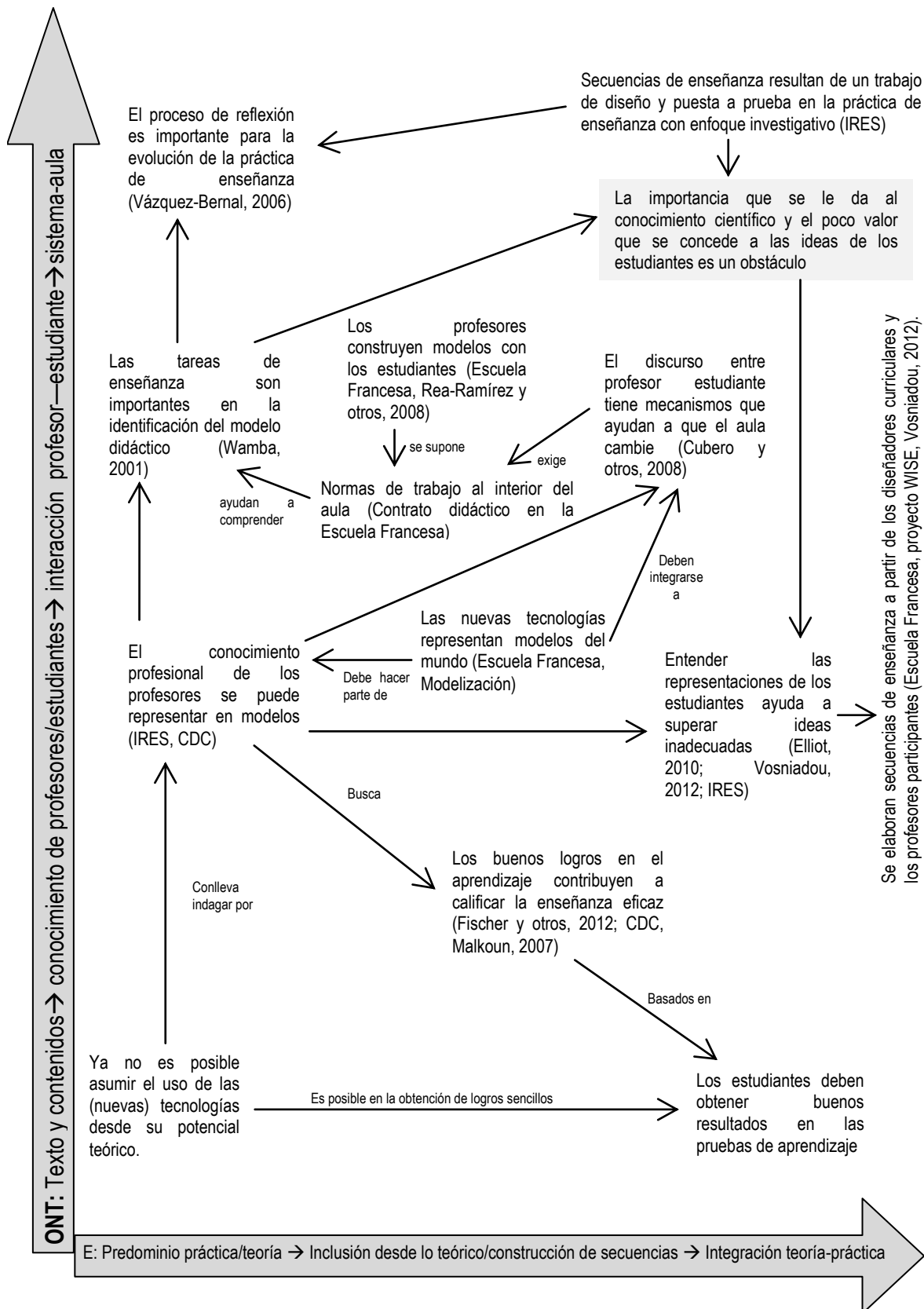


Figura 1.9. Mapeo de tendencias en el cruce de los criterios Ontológico-Epistemológico.

Aun así, dicha diversidad no excluye el hecho de que la interacción *profesor-estudiante* aparece cada vez con mayor protagonismo. Desde el modelo de co-construcción de Rea-Ramírez, Clement y Núñez-Oviedo (2008), donde se identifica que la interacción social es importante para lograr la evolución del aprendizaje, mientras que Tiberghien y otros (2009) consideran que este proceso se da en términos de evolución de modelos, bajo un contrato didáctico específico que puede evolucionar con la clase.

En la misma línea, Wamba (2001) expone la idea de las pautas de intervención basada en las tareas de enseñanza, desde una perspectiva investigadora, como una forma de entender en profundidad las concepciones del profesorado. Y Cañal (1997b), dentro del proyecto *Investigando Nuestro Mundo* (INM 6-12), plantea que los Ámbitos de Investigación sirven de referencia para crear las tareas y actividades de enseñanza que deben ser llevadas a la práctica en el marco de un proceso de investigación de la enseñanza.

Apoyados en la figura 1.9 es posible formular que, a pesar de las similitudes, existen diferentes tratamientos para dicha interacción dependiendo de la perspectiva desde la que se concibe el conocimiento de profesores y estudiantes:

- En la versión original del PCK (CDC, en español) de Shulman la importancia de poseer un CDC que le permita al profesor hacer comprensible dicho contenido para los estudiantes. Un enfoque que actualmente evidencia una preocupación profunda por obtener dicho aprendizaje eficaz (Fischer y otros, 2012), dejando de lado la singularidad de cada sistema-aula, y volcándose a encontrar modelos generalizados, que puedan ser transferibles a diversos casos, para propósitos de formación y evaluación de los profesores [Se identifica una *reificación de la interacción profesor-estudiante al extraerla del contexto del sistema-aula.*]
- Desde la perspectiva francesa, el desarrollo de recursos para la enseñanza con miras a un aprendizaje eficaz, basados en la construcción de modelos científico-escolares, que se dan bajo los supuestos de un contrato didáctico que regula las posibilidades de dicha relación (Malkoun, 2007; Tiberghien y otros, 2009); desconoce que los temas de imparcialidad están siempre presentes (Doyle, 1985:34). Lo común, en la actualidad –al menos en nuestra región-, es que la indisciplina en las aulas de clase sea uno de los factores que provoca Malestar Docente entre el profesorado (Esteve, 1998), poniendo en cuestión la obtención de un contrato didáctico estable. Resultados recientes muestran que, además de la construcción de conocimiento escolar, la interacción profesor-estudiante requiere permanentemente la revisión de intereses, normas y legitimidad de las interacciones con los estudiantes (Ramírez, 2012) [Se identifica la *reificación de la interacción profesor-estudiante vía condición normativa.*]

- Diseño de materiales para la enseñanza desde una perspectiva en la que los profesores crean recursos de enseñanza y los ponen a prueba en las aulas de clase (proyecto INM, proyecto WISE, Porlán, Martín del Pozo, Rivero, Harres, Azcárate y Pizatto, 2010, 2011) [*Complejidad de la interacción profesor-estudiante como un subsistema del sistema-aula.*]

A estos múltiples matices que toma la interacción *profesor-estudiante*, emerge acoplado el tipo de papel que posee el profesor al interior de dicha interacción.

- Para la propuesta francesa, basados en la transposición didáctica (Astolfi, 2001; Chevallard, 1985), es necesario conseguir recursos de enseñanza que sean transferibles a las prácticas de otros profesores, con la creencia en que serán igualmente eficaces [*Desconocimiento del conocimiento que el profesor produce al integrar teoría y práctica*].
- Desde el proyecto IRES existe la convicción de que los profesores deben diseñar y poner a prueba sus materiales de enseñanza. Desde el enfoque del Conocimiento Práctico Profesional (CPP) (Porlán y Rivero, 1998), se acepta actualmente la necesidad de considerar *las tareas y de enseñanza como organizadoras del trabajo de enseñanza* (Baena, 2000), *con el propósito de identificar la evolución del CPP de profesores en formación* (Ballenilla, 2003; Solís, 2005; Porlán y otros, 2010, 2011) [*Integración teoría-práctica, expresado en tareas y actividades como elementos inevitables para valorar la evolución profesional*]. Desde el proyecto INM 6-12, el desarrollo y puesta a prueba de materiales para la enseñanza en los que la *reflexión*, surge como un componente fundamental para estudiar el progreso de las estrategias de enseñanza del profesorado [*La integración entre teoría requiere los procesos de reflexión como parte de la evolución profesional*]. Proceso de reflexión hoy día vinculado desde algunos modelos del CDC (Park y Oliver, 2008), a perspectivas de enseñanza por investigación (Vázquez-Bernal, 2005), a enfoques de tareas y actividades orientadas hacia la investigación; mostrando, en este último caso, su poder en la identificación de los Modelos Didácticos Personales del profesorado de Ciencias (Wamba, 2001).

Por tanto, debemos definir conceptual y metodológicamente nuestra orientación en diversos matices: ¿Preferimos la interacción *profesor-estudiante* al *sistema-aula*, o viceversa? ¿Cuál es el papel que poseen las *tareas y actividades de enseñanza*, la *reflexión* en la caracterización del desarrollo profesional? ¿Qué papel juega la *modelización* en la construcción de dichos recursos, incluidos los tecnológicos?

1.3.2. El plano Ontológico-Ideológico

En relación con el conocimiento escolar (CE) ha sido posible determinar que entre el *CE inspirado en la ciencia/ en otras fuentes* existen en la actualidad una variada

gama de propuestas que aparecen en transición hacia un *CE inspirado en los problemas socioambientales*, que vive la humanidad actualmente (figura 1.10). Entre estas diferentes formulaciones contamos con:

- Un conocimiento escolar que toma de manera decidida al conocimiento científico como su referente primordial, como es el caso de la Escuela Francesa (Tiberghien y otros, 2009). Esta formulación acepta que sean incluidos problemas socioambientales, por ejemplo, siempre y cuando así lo recomienden los diseñadores del currículo o los profesores expertos que participen en dicho proceso (Astolfi, 2001). Desde esta perspectiva adquieren significado los planteamientos de Désaultes y Larochelle (2003) sobre la necesidad de tener de vuelta el regreso de los ciudadanos y ciudadanas a la educación científica [*Las decisiones curriculares se encuentran fuera del ámbito de las decisiones del profesor*].
- Una propuesta de conocimiento escolar que -usando las NTIC para promover aprendizajes para el mundo de la vida, desde la perspectiva que aporta la tesis de la *integración de conocimiento*- está referida a la necesaria conciliación que, en los procesos de enseñanza y aprendizaje, se debe hacer entre el conocimiento del mundo cotidiano y el conocimiento científico (Chi y otros, 1994; Linn, 2002). Desde el proyecto que integran, el WISE, los profesores deciden los recursos de enseñanza que deben desarrollar [*Las decisiones curriculares están a la mano de las decisiones del profesor*]. Las NTIC sirven de soporte para construir un trabajo colaborativo basado en la Red.
- Desde el proyecto IRES, en la perspectiva del profesor que hace investigación escolar (*profesor investigador*), el desarrollo de los recursos y secuencias de enseñanza deben ser emprendidos por los mismos profesores. Para hacerlo, el material curricular que se ha desarrollado como proyecto INM 6-12, aporta varios Ámbitos de Investigación (AI) para el alumnado, que el profesor tiene a disposición para elaborar las unidades didácticas basadas en una enseñanza por investigación. De esta forma el profesor, como actor crítico de la realidad, es quien siempre tiene en sus manos la posibilidad de adecuar la enseñanza a los contextos singulares en los que desarrolla su trabajo docente. [*El profesor tiene la posibilidad de intervenir el desarrollo del currículo escolar*].

Después del proceso de revisión, se ha hecho evidente que este criterio ideológico ha sido altamente diferenciador de otros proyectos. Además, un análisis de otras dimensiones de este planteamiento da idea de su potencia y complejidad:

- *En el contexto de una sociedad de la información y el conocimiento que se transforma de manera vertiginosa, ¿qué sentido tiene que las decisiones sobre el CE en cada aula de*

clase sean tomadas por instancias superiores? Dadas las condiciones de la sociedad actual, la preocupación por el *aprendizaje eficaz*, que tiene como enfoque la construcción de modelos generalizados, parece llevar detrás la formación de profesores con competencias técnicas que serán (y son) reevaluadas rápidamente (p.e. De los Ríos y otros, 2010 para el caso de los ingenieros). Como alternativa, la enseñanza-aprendizaje por investigación, con las decisiones del profesor en el desarrollo del CE en cada aula de clase, abre las puertas para formar aprendices que también se puedan enfrentar a los retos inesperados en sus contextos singulares.

- *Formar ciudadanos que desarrollen un pensamiento complejo* (García-Díaz, 1998) *y estén preparados en la solución de los problemas socioambientales se convierte en una prioridad por encima de formar tan sólo científicos.* Es así que, el sistema-aula, como parte de la escuela y, a su vez, del sistema social en general, se convierte en una matriz que contribuye al proceso mismo de transformación social (García-Pérez y Porlán, 2000).

No se forman estudiantes para comprender las disciplinas, se forman ciudadanos para comprender su medio (Cañal y otros, 2011; Travé y otros, 2006) (figura 1.10). Este aspecto conlleva que el CE escolar sea integrado de nuevas maneras; no se trata de cambiar la dieta alimenticia, por ejemplo, sino contar con Ámbitos de Investigación que integren diversas fuentes de información, enfoques, contextos e interrogantes-guía para aprender sobre las dietas, a fin de mejorar, al respecto, su vida (y actuaciones) como ciudadanos. Y que, a su vez, estos sean lo suficientemente flexibles para que los profesores puedan decidir sobre el tipo de contenidos (conceptuales, actitudinales y procedimentales) que desean desarrollar con grupos concretos de estudiantes, con el propósito de que alcancen las metas educativas previas.

Dicho planteamiento, que acogemos en este trabajo, aparece asociado a la importancia que se da a la interacción *pensamiento-profesor* dentro del *sistema-aula*, mediante procesos de modelización en los que el *discurso* aparece como un elemento fundamental en la *evolución del conocimiento* en el aula de clase (Cubero y otros, 2008).

Entonces, es posible plantear cómo interrogantes a desarrollar los siguientes: ¿Es posible organizar el CE en Física alrededor de aproximaciones al medio, la indagación de problemas socioambientales y la integración de fuentes diversas? ¿Qué papel juegan los modelos “ideales” de la Física en la construcción de este tipo de CE?

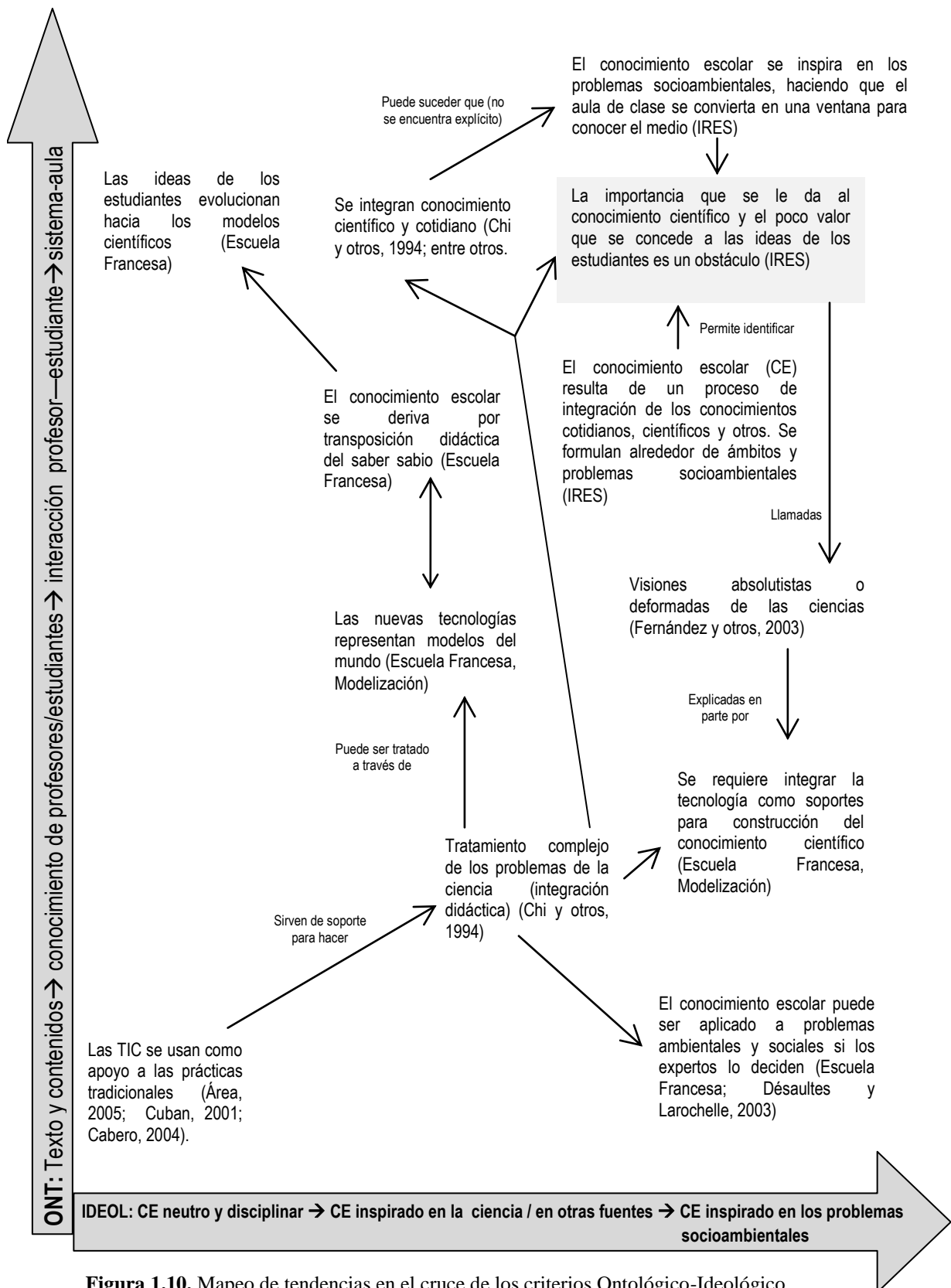


Figura 1.10. Mapeo de tendencias en el cruce de los criterios Ontológico-Ideológico.

1.3.3. El plano Ideológico-Epistemológico

La múltiple posición que se da al profesorado como constructor de conocimiento (epistemológico), ya sea como constructor de las secuencias de enseñanza (con la planificación de las mismas), como simplemente una consecuencia que se incluye desde un modelo teórico y, la posición que suscribimos, como un sujeto epistémico que mediante la *integración teoría-práctica* construye un conocimiento profesional a través de procesos de reflexión (Park y Olliver, 2008; Porlan y Rivero, 1998; Travé, Pozuelos y Cañal, 2010; Vázquez-Bernal y otros, 2007), nos lleva a preguntar por el papel que debe jugar el profesor. Las posibles formulaciones que hasta acá se han reconocido son:

- Un sujeto que construye secuencias de enseñanza y que puede participar en poner a prueba las mismas con el propósito de que sean eficaces, para ser transferidas a otros profesores que no participan en el proceso [*Reconocimiento limitado de su calidad de sujeto reflexivo*].
- Un sujeto que se le impone desde lo teórico lo que debe hacer en las aulas de clase, con una lógica de inclusión desde perspectivas que no han estudiado y reconocido la singularidad y complejidad del sistema-aula, donde queda instrumentalizado (Fischer y otros, 2012, movimiento de *profesor eficaz*) [*Reconocimiento de una estructura reflexiva exitosa que se debe seguir por recomendaciones expertas*].
- Un sujeto que participa reflexiva y críticamente en los procesos de emancipación del ser humano (Ballenilla, 2003) a través de los procesos educativos y todos sus recursos (incluidos los tecnológicos), con la capacidad de desvelar que los problemas socioambientales –sentidos por todos- son consecuencia de una forma de vida, un modelo de desarrollo. [*Profesor como sujeto reflexivo y transformador de la vida social, en la búsqueda de una sociedad de tipo democrático y diverso*].

Este último, reconocimiento pleno de su papel como sujeto crítico y reflexivo, hace poco factible delegar las decisiones curriculares en otros, en instancias superiores, en la medida que estas son parte de la estructura de poder de una visión hegemónica de la realidad, desde la que actualmente los problemas socioambientales parecen inevitables y casi *naturales* (pobreza, desplazamiento, inmigración, contaminación, urbanización desaforada, etc.). Al lado de dicha perspectiva, un CE inspirado en la Ciencia, con una Tecnología neutra, un nuevo “adorno”, sin ningún potencial socioambiental. Por tanto, se convierte en el tipo de obstáculos que el profesor debe superar mediante los procesos de *planificación de la enseñanza* que hacen parte de su profesionalidad.

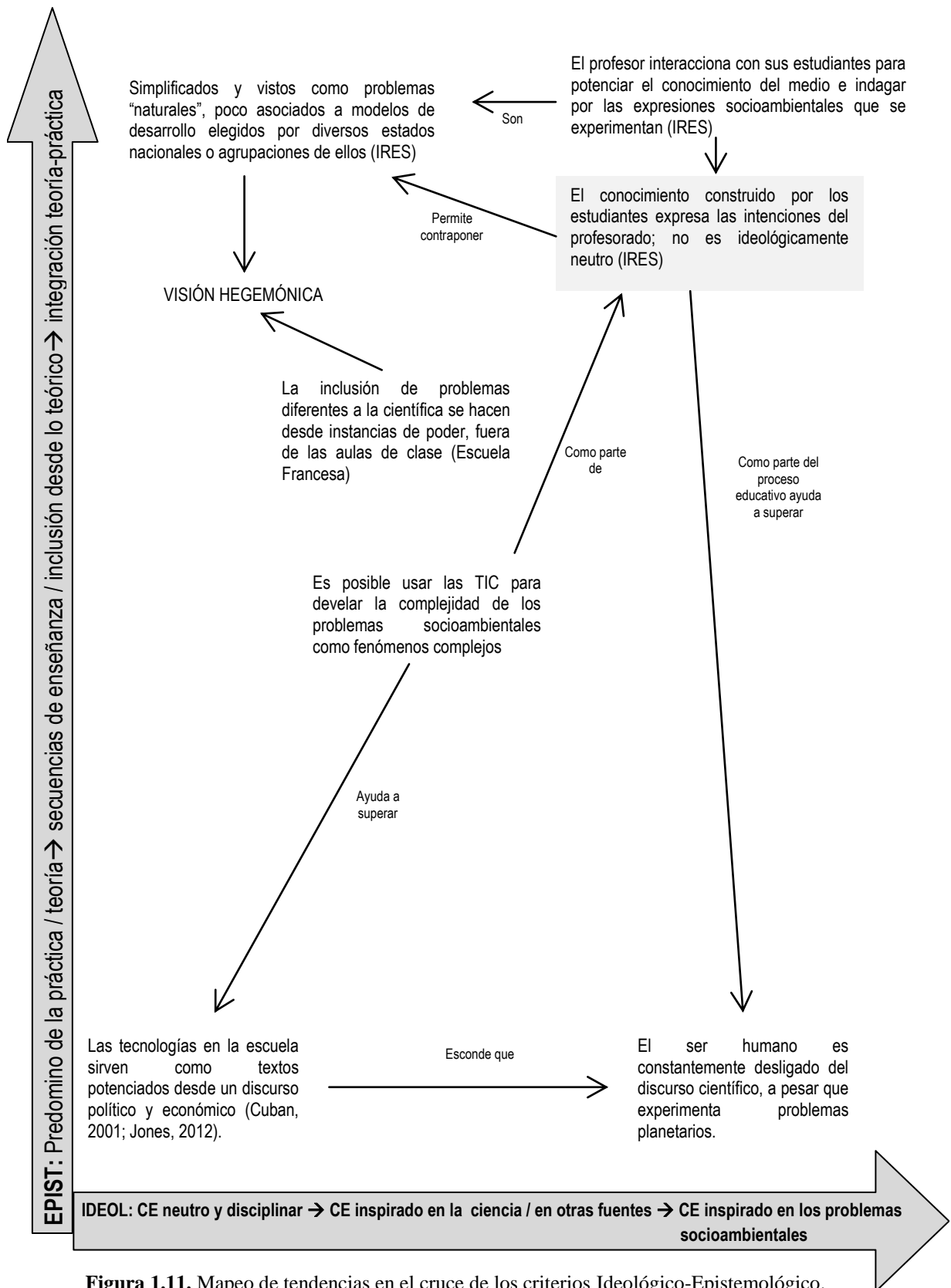


Figura 1.11. Mapeo de tendencias en el cruce de los criterios Ideológico-Epistemológico.

Entonces, ¿cuáles son los elementos que permiten al profesorado pasar de posiciones alineadas a una tendencia eficaz (reforzadas desde ministerios de

educación, leyes y medios diversos de comunicación), hacia otra donde el logro de procesos de enseñanza-aprendizaje complejos cumplan el propósito de formar ciudadanos críticos, que estén en capacidad de aportar en la superación de dichos problemas socioambientales? ¿Cuáles son los límites de su actuación reflexiva?

1.3.4. Planteamientos de síntesis

Después de lograr diversas cuestiones que surten de sentido y lugar (contexto) a los siguientes capítulos de esta memoria, también es posible elaborar unas primeras premisas de trabajo que resultan de integrar los planteamientos anteriores, y que sirven a su vez como planteamientos teóricos genéricos que enmarcan el enfoque del problema y el método en esta investigación.

1.3.4.1. Algunos sistemas de ideas invariantes (objetos de estudio) en el análisis de las relaciones entre teoría y práctica profesional

Al hacer un estudio comparativo es posible identificar que varios sistemas de ideas conservan su identidad en relación con sectores de la realidad, y pueden ser concebidos desde diversas vertientes: El Conocimiento del Profesorado como un Conocimiento Práctico Profesional (Porlán y Rivero, 1998), las Estrategias de Enseñanza (Cañal, 1998, 2000a), y la Planificación de la Enseñanza.

El Modelo de Conocimiento Práctico Profesional, que han venido liderando Rafael Porlán y Ana Rivero, se ha derivado gracias a una metodología compleja de investigación en la que se han combinado fases y estrategias de investigación de tipo cualitativo y cuantitativo. *El conocimiento (y los modelos: Hipótesis de Progresión del Conocimiento Profesional, p.e.) que se ha producido se considera provisional, su revisión se hace (una de las estrategias) a través del proceso de investigación de casos, que retroalimentan y contribuyen en la complejización de dicho conocimiento.*

En el cumplimiento de este presupuesto, diversas investigaciones posteriores concurren en enriquecer y mostrar que la estructura básica sigue estando vigente y es lo suficientemente potente como para servir de soporte a nuevos desarrollos de investigación, así como a procesos de investigación del profesorado. Entre tales aportes de revisión, respecto a la propuesta inicial de Porlán y Rivero (1998), podemos destacar:

- *La inclusión de la metacognición y la inteligencia emocional* como importantes dimensiones del desarrollo de profesores y alumnos (Porlán y Martín del Pozo, 2002).
- *El desarrollo de hipótesis de progresión en las dimensiones didácticas y el desarrollo profesional.* En la metodología de enseñanza (Azcarate, 1999; Porlán y

Rivero, 2001); la evaluación y la regulación de los procesos de enseñanza-aprendizaje (Porlán y Rivero, 2001); el conocimiento escolar (Porlán, 1999a; Martín del Pozo y Porlán, 1999); fines de la enseñanza de las Ciencias (Porlán, 1997; Porlán y Rivero, 1998); hipótesis de progresión para el desarrollo profesional (Porlán y Rivero, 1998).

- *La inclusión de Ámbitos de Investigación Profesional de síntesis*. Formulados mediante problemas prácticos profesionales: ¿Cómo desarrollar una unidad didáctica?, ¿cómo desarrollar un curso completo?, cuál es mi modelo didáctico personal (MDP) para la enseñanza de las Ciencias? (Porlán y otros, 2010).
- *La integración del CDC como parte del Conocimiento Práctico Profesional* (Valbuena, 2007).
- *La evolución de la idea de obstáculo epistemológico y la inclusión del concepto de concepciones movilizadoras*. Desde la transferencia del concepto de obstáculo epistemológico al estudio de las concepciones del profesorado, se identifican sectores del conocimiento profesional que ayudan a complejizar y transformar las concepciones del profesorado (Martínez y Rivero, 2012; Ballenilla, 2003).

Este enriquecimiento interno ha permitido variantes epistemológicas que han producido resultados novedosos y potentes para el desarrollo de la propuesta. Es el caso de la tesis doctoral de Wamba (2001), la cual propone en su esquema metodológico (p. 63), en el marco de un estudio de casos, obtener el Modelo Didáctico Personal y los obstáculos para el desarrollo profesional. Estos son inferidos a partir de la consulta sobre las concepciones declaradas de los profesores (cuestionario y entrevista), y la práctica docente (diseño de actividades, pautas y estructuras de intervención, actividades de enseñanza obtenidas mediante registros de clase), que son contrastadas mediante un sistema categorial único (Hipótesis de Progresión del Conocimiento Profesional). *En consecuencia, se gana en especificar y concretar el modelo didáctico de un profesor a partir de una Hipótesis de Progresión del Conocimiento Profesional, pero al sintetizarlo también se sintetiza el espacio que existe entre pensamiento y acción profesional.*⁶⁶

La identidad de dicha propuesta se ha mantenido y enriquecido con el paso del tiempo, lo que ha llevado a sus autores a sostener que (Porlán y otros, 2010):

“La práctica, entendida como intervención fundamentada en la realidad y no como mera acción, requiere de un conocimiento diferenciado del conocimiento disciplinar y del conocimiento vinculado a la experiencia, al que diversos autores denominan *conocimiento práctico profesional* (CPP) [...] Es interesante hacer una comparación entre este concepto y

⁶⁶ ¿Pueden pensamiento y acción, teoría y práctica profesional sintetizarse? ¿Al sintetizarse es posible que se sintetice la acción misma? ¿El espacio del aula nos refiere a otra lógica? Es necesario alertar que este planteamiento requiere un desarrollo más amplio en los siguientes capítulos del diseño teórico y metodológico.

el de *conocimiento didáctico del contenido* (Shulman, 1986). En su versión original el CDC se refería al *dominio del contenido para ser enseñado* (en la tradición francesa la *transposición didáctica* ocupa un espacio similar) (Chevallard, 1985). El CDC puso en evidencia que para enseñar contenidos no era suficiente con dominarlos, sino que hacía falta algo más. Sin embargo, en la medida que la reflexión sobre el conocimiento profesional ha ido ampliando los saberes necesarios para enseñar, el CDC ha ido ampliando su significado. Zembal-Saul, Krajcik y Blumenfeld (2002), por ejemplo, consideran que un subconjunto del CDC es la *representación del contenido*, que abarca el conocimiento de *estrategias instructivas de contenidos específicos* y el conocimiento de *los aprendices y las exigencias para promover un aprendizaje significativo*. Esta continua ampliación del campo semántico del CDC ha acabado por aproximarlo a lo que otros autores denominan, creemos que con más acierto, el CPP. Como cualquier otro conocimiento profesional o disciplinar, el CPP sólo puede producirse a partir de la investigación de los problemas relevantes del ámbito epistemológico específico, es decir, de los problemas prácticos profesionales (PPP).” (p. 35).

Es así que la transformación de los modelos de CDC, ya referenciada con anterioridad (apartado 1.2.1.3.), al integrar nuevas dimensiones en su formulación y acercarse semánticamente al CPP, evidencia en este concepto su estabilidad⁶⁷. Una característica que se hace extensible a la teoría sobre el CPP que, en particular, han desarrollado Porlán, Rivero y otros.

Dicha concurrencia es aún más importante si se pone en consideración que la metodología original de los trabajos de la vertiente del CDC, desde sus orígenes, apuntala la construcción de conocimiento en estudios de caso (Shulman, 1986, 2001; Grossman y otros, 2005; Abell, 2008; Park y Oliver, 2008), con acercamientos naturalistas⁶⁸ en el enfoque *experto-novato*. En consecuencia, es razonable pensar que dicho acercamiento entre estas vertientes se da entre dos tradiciones metodológicas diferentes. *Por tanto, podemos afirmar que la teoría sobre el CPP se refiere a un subsistema de la realidad llamado Conocimiento Profesional del Profesorado, que se pone en juego al interior del sistema-aula en la interacción profesor-estudiante, y que es estable, al menos, en este periodo histórico de nuestras vidas (principio de provisionalidad de las teorías) [Primer sistema de ideas invariante].*

Un segundo sistema de ideas que ha sido posible reconocer e identificar como invariante, es el que ha desarrollado y liderado Pedro Cañal de León alrededor de *las Estrategias de Enseñanza* (1998, 2000a). Desde el punto de vista teórico, Cañal presenta una visión reformulada del sistema-aula, que complejiza la versión del año 1988 (Cañal y Porlán) con la que iniciamos este capítulo.

⁶⁷ Desde una perspectiva de la Ciencia basada en la modelización (Giere, 1999, 1990), dicha estabilidad es característica de lo que se considera una buena teoría.

⁶⁸ Desde una perspectiva constructivista se supone que los investigadores también poseen conocimientos previos que sirven de “gafas” para observar dicha realidad.

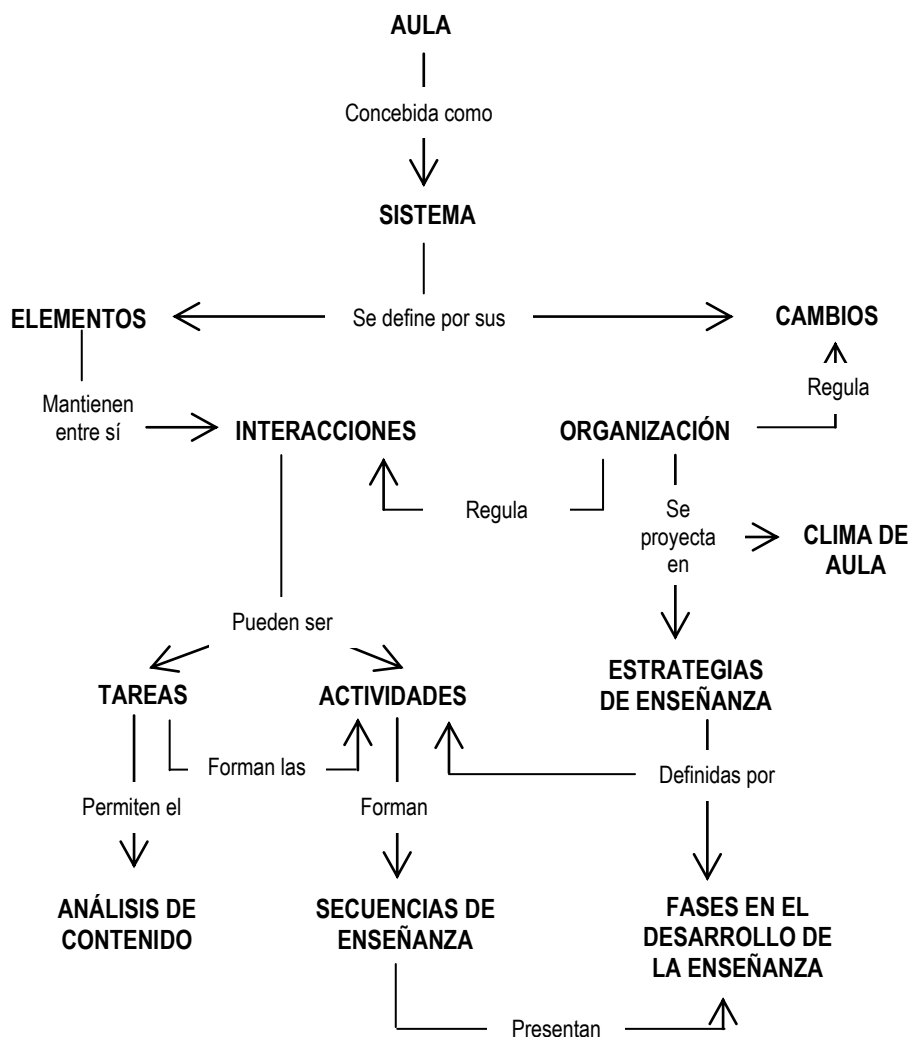


Figura 1.12. Mapa conceptual sobre el modelo teórico sistema-aula. Tomado de Pedro Cañal (1998).

Ontológicamente, esta propuesta se ubica en el *sistema-aula* (figura 1.12) como realidad de estudio. Los presupuestos de partida han sido que:

“a) Es posible estudiar las estrategias de enseñanza separadas de los contenidos del clima de aula. Se apoya en la existencia de un repertorio de estrategias de enseñanza en los enseñantes que se haría recurrente. Así, por mucho que un enseñante declare ciertos principios, recurrirá a la praxis que ha constituido.

b) Para crear categorías taxonómicas se hace necesaria una clave que sirva como sistema de medida para hacer homologables las investigaciones realizadas. Por lo que necesariamente el instrumento debe pasar un proceso de depuración, como en el que hemos participado.

c) Como cualquier otro sistema al interior de él fluye energía que sirve para mantener una información contenida. Precisamente, la clave anteriormente mencionada se desarrolla teniendo en cuenta la información. Lo cual conlleva el siguiente supuesto,

d) Se pueden distinguir con relativa claridad la movilización, transformación y expresión de información. Lo que se refiere a conocimientos generales (ideas previas, contenidos conceptuales, etc.), contenidos y resultados, respectivamente.” (s.p.)

La clave para identificar las estrategias de enseñanza ya existe (Cañal, 2000a), y ha sido el resultado de todo un trabajo de depuración en el que, además de exponer un concepto de tarea y actividad en términos de información (Cañal, 1999, 2000a), la clave para identificar dichas estrategias (CLIAE) fue construida mediante el estudio de registros en vídeo de clases realizadas por enseñantes en escenarios reales.

Es así que este segundo sistema de ideas aparece como un invariante que no toma ahora el subsistema *conocimiento del profesor* como elemento central de trabajo, sino que tiene como referencia el comportamiento del *sistema-aula*, bajo las restricciones expuestas. Creemos que pasar por varias decenas de registros y encontrar estrategias que se repiten, no es un asunto de mera casualidad. *Lo que no significa suponer que es una versión absoluta y terminada, en la medida que se encuentra condicionada epistemológicamente como instrumento (en proceso de revisión constante, construido bajo la condición de dejar de lado los contenidos de tareas y actividades, la integración en un marco teórico de enseñanza por investigación), que puede evolucionar a la par del trabajo de investigación, y bajo las condiciones propias a este tipo de labor.*⁶⁹

Un tercer sistema de ideas se refiere, de manera amplia, a lo que podríamos llamar la *Planificación de la Enseñanza y la Creación de Recursos*. Aunque, ya desde 1985, al ámbito del pensamiento preactivo del profesor, siguiendo la propuesta de Jackson (1975 [1968]⁷⁰; citado por Contreras, 1985), se le llama Planificación del Profesor (Contreras, 1985). Este incluye *el papel de las tareas y actividades como parte del desarrollo profesional, que ha pasado de considerarse como subsistemas aprehensibles de manera racional y fácilmente instrumentalizables, a considerarse como un sector complejo que, por un lado, concreta el conocimiento de la materia y del currículo y, por otro, se transforma en la interacción con el contexto* (Tiberghein, Vince y Gaidioz, 2009; Pozuelos y otros, 2010; Zeichner, 2010), *ratificando los planteamientos de Cañal (1998), ya expuestos años atrás.*

Así, en un primer momento los recursos (incluidos los laboratorios) desde el modelo tecnológico de la enseñanza, se construyen (de manera uniforme) como guías de trabajo basadas en objetivos, que son entregados a todos los profesores con las dotaciones tecnológicas correspondientes (laboratorios, ordenadores, etc.). Perspectiva en la que se crea todo un sistema de control y administración del currículo escolar, y a los profesores se les considera operarios responsables del producto final.⁷¹ En una perspectiva que integra la singularidad del contexto

⁶⁹ De aquí surge el proyecto de investigación sobre la identificación de *Ejes de Progresión y posibles Obstáculos Didácticos* (Cañal, 2007b; Cañal y otros, 2008; Cañal y otros, 2011).

⁷⁰ Desde estudios de orientación naturalista, Jackson aportó importantes resultados acerca de la racionalidad docente del enseñante. Dejado a un lado por mucho tiempo, se convertiría en una obra que sirvió de referencia para el desarrollo de la investigación centrada en el *pensamiento del profesorado*.

⁷¹ Para Quiceno (1988) este enfoque llega desde fuera a Colombia, un enfoque que asumimos sin realizar ningún estudio serio al respecto.

de práctica, como ocurre con la posición de Tiberghien y otros (2009), donde en el marco de un proceso de *transposición didáctica* se incluyen los profesores al lado de los expertos, construyendo teoría sobre éste; pero se considera que *ya validadas pueden entrar a ser usadas en clases por los profesores*, lo que evidencia una posición final que desconoce la interacción entre los profesores (y su conocimiento) en contextos singulares, diferentes a los que usaron para elaborar las secuencias. En una perspectiva más cercana al profesorado el proyecto WISE, los trabajos de Rea-Ramírez y otros (2008) muestran la inevitable necesidad de realizar esfuerzos por considerar como relevantes la singularidad de los contextos de interacción.

La emergencia de la interacción *profesor-estudiante*, que ya no puede ser reducida a los elementos ni a su visión comportamental, y que aporta la posibilidad de enfocar que dicha interacción se establece mediante el conocimiento (sistemas de ideas que pueden ser enfocados como modelos), tiene su contraparte en el proceso de *planificación de la enseñanza y la creación de materiales y recursos*.

Dicho ámbito conceptual parece integrar como uno de sus núcleos centrales las tareas y actividades de enseñanza, siendo posible reconocer (en el marco del proyecto IRES) que el desarrollo profesional puede comprenderse a partir del diseño de unidades didácticas; las cuales son puestas a prueba en los contextos de enseñanza, identificando los obstáculos y dificultades que tienen los profesores (Travé y otros, 2006; Cañal, Criado, Ruiz y Herzel, 2008; Travé y Delval, 2009; Pozuelos y otros, 2010) en el marco del proyecto curricular INM 6-12 (Cañal, Pozuelos y Travé, 2005). La finalidad es *promover una línea de trabajo que se caracteriza por crear materiales, recursos e hipótesis de intervención, que después de ser puestas a prueba, permiten la construcción de conocimiento reflexivo -de parte del profesorado y de los investigadores- en la perspectiva contextual de sistemas-aula concretos*.

Un camino alterno, y complementario, es trazado bajo la *lógica de comprender las evoluciones del conocimiento profesional en el marco de modelos de progresión de este conocimiento*, donde las tareas y actividades, y sus cambios, permiten identificar el cambio de dichas concepciones (Porlán y otros, 2010, 2011). Anteriormente, García-Díaz (1998) pone la secuencia de actividades como elemento central en el desarrollo de un Modelo de diseño-desarrollo curricular (p. 203); posteriormente, Wamba (2001) considera esta idea para investigar prácticas de enseñanza, como un nuevo elemento para caracterizar el conocimiento profesional del profesorado; en especial, el desarrollo del concepto de Modelo Didáctico Personal. Ballenilla (2003), Solís (2005), Rivero y otros (2011), Porlán y otros (2010, 2011), *establecen el estudio de dicha evolución tomando como referente las hipótesis de progresión sobre el conocimiento profesional, como parte de modelos generalizados de dicho conocimiento*.

Esta dualidad de las tareas y actividades de enseñanza, a) ya sea como hipótesis de intervención en un contexto, proceso de praxis desde el cual se puede producir conocimiento en el marco de la singularidad del contexto mismo [se pone el centro en la interacción entre los subsistemas *profesor-estudiante* \leftrightarrow *sistema-aula*], y b) como expresión del conocimiento del profesor sobre la realidad de la enseñanza (y el aprendizaje) en el *sistema-aula*, que puede ser referenciado en sus evoluciones desde un modelo de conocimiento [se pone el centro en la interacción entre los subsistemas *conocimiento del profesor* \leftrightarrow *profesor-estudiante*], son ambos importantes en la comprensión del *desarrollo profesional del profesorado*, pero operando en dos espacios diferentes y complementarios de la realidad.

1.3.4.2. El sistema-aula, la modelización y la construcción de conocimiento complejo ¿para...?

La pretensión de algunos autores por insistir en que la enseñanza eficaz debe catalogarse tan sólo en función de los aprendizajes de los estudiantes que participan de los procesos de enseñanza-aprendizaje⁷², hace necesario preguntar: ¿cuál es el propósito de las interacciones que se dan entre profesores, estudiantes?, ¿es tan sólo un conocimiento escolar materializado en recursos?, ¿es tan sólo el alto rendimiento en pruebas estandarizadas?

La tesis de preparar tan sólo para un aprendizaje eficaz, ya es ideológicamente criticada desde el IRES. De hecho, una de las grandes diferencias (y retos) que se propone es que el CE debe construirse para conocer (e intervenir) el medio, los problemas socioambientales (Cañal, 1997a, 1997b; García-Díaz, 1998; Travé y otros, 2006) como matriz básica con aspiración transformadora de la sociedad (García-Pérez y Porlán, 2000). Por otra parte, en el marco de una Sociedad de la Información y el Conocimiento, en rápida transformación y poco previsible (cambiando el valor de los aprendizajes), una enseñanza basada en la investigación prepara para lo imprevisible a partir de lo conocido, ajustándose cada vez más a la nueva dinámica del mundo -sistema de sistemas socioambientales (Ramírez, 2006)- que tenemos en frente.

Lo anterior significa que la interacción *profesor-estudiante*, que se establece mediante procesos de modelización del mundo tiene una orientación específica que implica:

- Reconocer que existen estrategias y recursos discursivos, que usa el profesor para legitimar el conocimiento (Cubero y otros, 2008), y negociar significados (Shulman, 2001 [1987]; Cañal y Porlán, 1988; García-Díaz, 1998) como condición probada para lograr buenos aprendizajes (Linn, 2002; Rea-Ramírez y otros, 2008; Park y Oliver, 2008; Tiberghien y otros,

⁷² Lo que en ningún momento significa que sea aceptable que los estudiantes no aprendan.

2009; Elliot, 2010; Vosniadou, 2012; Marques-Toigo y Moreira, 2012; Fischer, 2012).

- Reconocer el conocimiento de los estudiantes (Cañal, 1997a) conlleva aceptar el proceso de transformación de las actividades y tareas que el profesor desarrolla; lo que exige del profesorado un proceso permanente de reflexión sobre su trabajo de enseñanza, en relación con el aprendizaje (Cañal y otros, 2011; Travé y otros, 2006; Vásquez-Bernal, 2006; Vásquez-Bernal, Jiménez y Mellado, 2007). En este marco, se ratifica que el cambio profesional requiere de periodos prolongados de tiempo (Linn, 2002; Travé y otros, 2006; Solís, 2005; Porlán y otros, 2011).
- Las condiciones en las que se ha considerado adecuada la interacción *profesor-estudiante*, trae como consecuencia que el modelo curricular cambie en una perspectiva evolutiva (García-Díaz, 1998).

Es así que, desde nuestra perspectiva, el *sistema-aula* se concibe *para* hacerse intencionalmente *más complejo*. Cuando no sea posible lograrlo, es donde podrá formularse la idea de *obstáculo*; pero ya no restringido a las concepciones del profesorado, sino en el marco de las dificultades sistémicas (del aula) que imposibilitan al profesor lograr unos mayores niveles de complejidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje (asunto que se toca de forma más amplia en los capítulos 3 y 4). Estos niveles pueden ser evidenciados en transformaciones concretas (rendimiento en pruebas como PISA, participación activa y transformadora en la solución de los problemas de su comunidad, etc.) de los aprendizajes de profesores y estudiantes en las dimensiones actitudinal, conceptual y procedimental.

Capítulo 2:
**Las NTIC y la necesidad de desarrollar
acciones complejas al lado del pensamiento
complejo, como parte de los procesos de
cambio social desde la escuela**

Índice Capítulo 2

2.1 Desde la *ciencia* hasta la *tecnociencia*: El concepto de *inforealidad*

2.1.1. *La evolución de la física... y de la tecnología: Desde la ciencia moderna a una relación de interdependencia en la tecnociencia.*

2.1.2. *Las nuevas tecnologías y los efectos sobre la actividad científica contemporánea en Física y otras áreas.*

2.1.3. *Los conceptos de infomáquina e inforealidad*

2.2 La inclusión del Ser humano: ejemplos desde la economía y características de dicho proceso desde la pedagogía y la didáctica

2.2.1. *La tecnociencia también es posible bajo el modelo del estado del bienestar social: el caso finlandés*

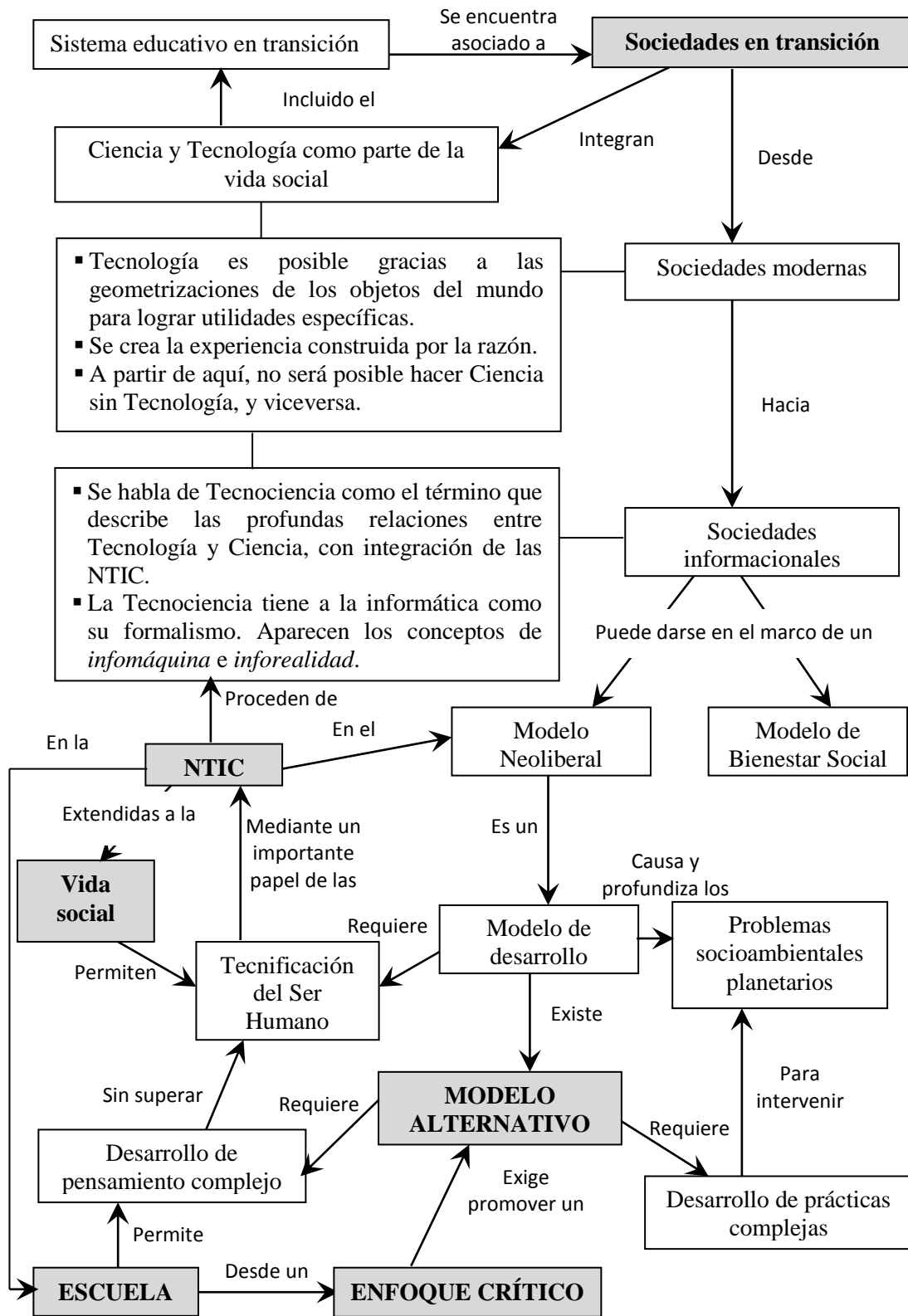
2.2.2. ***La hiperespecialización y los problemas socioambientales***

2.2.3. *La inforealidad y el Ser humano en el contexto social: La identificación de una ecuación que permite el control de las acciones posibles... y del Ser humano*

2.2.3.1. *¿Es posible tecnificar al ser humano?*

2.2.3.2. *Las complejas relaciones entre las acciones y la construcción del conocimiento*

2.2.4. *Es necesario formar para el desarrollo de un pensamiento complejo... y la construcción de acciones complejas*



Red de Ideas que sirve de síntesis del Capítulo 2: Las NTIC y la necesidad de desarrollar acciones complejas al lado del pensamiento complejo, como parte de los procesos de cambio social desde la escuela.

[...] *El valor de escribir, del hablar y del escuchar no debería verse como acceso a una cultura “refinada” o a unas “técnicas de vida” para los puestos que se nos adjudican (¿por quién?) en el mercado del trabajo remunerado, sino como un medio crucial para obtener poder y control sobre nuestras vidas. [...]*

Michael Apple. *El conocimiento oficial. La educación democrática en una era conservadora* (1996:61)

Hasta el momento ha sido posible evidenciar, en las diversas corrientes y trabajos descritos en el capítulo anterior, que el conocimiento escolar predominante se identifica con el *conocimiento inspirado en las ciencias* ([figura 1.1b](#)) o, en algunos casos, con un conocimiento escolar que se ubica entre esta posición y el *conocimiento centrado en los problemas socioambientales*, especialmente haciendo uso de las nuevas tecnologías para modelar y simular fenómenos complejos de la realidad.

Tal comportamiento, en el ámbito de la selección de los contenidos escolares, nos lleva a una discusión de orden curricular sobre el conocimiento escolar, sus características y fuentes. Dicha discusión, bajo la perspectiva que supone la tesis de que el currículo escolar no es neutral y transmite ideologías en el proceso educativo de las personas, como lo muestra Michael Apple (1986 [1979]), en este capítulo se orienta a lograr varios asuntos concretos y relevantes:

- Presenciamos una *revolución tecnocientífica*, en palabras de Echevarría (2003b), en donde las nuevas tecnologías juegan un papel identitario, caracterizándose por producir un conocimiento instrumentalizable.
- La tecnociencia se proyecta ante todo hacia el control y dominio de las sociedades (Echevarría, 2003b:90), como ya alertara Morin (1984): la introducción de la lógica científica en el mundo social lleva a la inversión de la lógica de la ciencia moderna, de forma que cada vez más se verifica para controlar.

Problemáticas similares, caracterizadas por el atentado evidente contra la libertad de los seres humanos, la construcción de sociedades democráticas y diversas, el daño al planeta Tierra y a los diversos ecosistemas que sustentan la vida en la misma - han recibido respuesta desde enfoques educativos, sociales y

pedagógicos críticos en el pasado, desde regiones diversas del mundo y, en nuestro caso, particularmente desde el proyecto IRES con su nodo central en Andalucía (España).

El fenómeno sobresaliente en la actualidad no consiste en que las tecnologías alteren nuestra forma de vida, pues siempre lo han hecho, sino que el conocimiento que se produce se ponga al servicio del control social de las personas. En palabras de Echevarría (2003b):

“Dicho brevemente, lo que se juega es la tecnificación de las personas, no sólo de su modo de vida, porque esto ya ha ocurrido. [...]” (p. 272)

En este ámbito, una de las propuestas críticas desde el proyecto IRES ha sido precisamente el desarrollo de un *pensamiento complejo en los estudiantes* (García-Dáz, 1998). Pero visto el poder que tienen las tecnociencias en la actualidad, con tinte hegemónico, en este capítulo, desde la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela, se sostiene -respecto a la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias- la tesis de que al lado de la construcción de este *pensamiento complejo*, es necesario educar en la construcción de *acciones complejas*. Lo anterior supone integrar de forma explícita la pregunta por *el papel del Ser humano*, pues es el poder y control sobre nuestras propias vidas el que está en juego.

2.1. Desde la *ciencia* hasta la tecnociencia: El concepto de inforealidad

2.1.1. *La evolución de la física... y de la tecnología: Desde la ciencia moderna a una relación de interdependencia en la tecnociencia*

Desde una perspectiva constructivista, sostiene Gallego-Badillo (1995) que la creación de herramientas por parte del ser humano evoluciona hacia la tecnología actual cuando las representaciones y los artefactos se han transformado en “geometrificaciones específicas y objetos matemáticamente calculados; circunscribiéndose y afinándose el problema de la utilidad: algo teóricamente determinado y sustentado. Esa llegará a constituirse en la gran diferencia.” (Íbid., p. 20), que surge en los desarrollos de la geometría proyectiva y *preparaba* el concepto de espacio sobre el que se basaría la Mecánica Clásica (Ballenilla, 2003:68): un *espacio-sistema* tridimensional, homogéneo, isotrópico e infinito, que hoy nos parece bastante familiar.

La evolución durante los 2100 años que van entre el siglo IV a.C. hasta el siglo XVII d.C., a la luz del antedicho autor, puede sintetizarse mediante la figura 2.1, donde se destacan hitos propios en la creación de artefactos en relación con el contexto social que primaba.

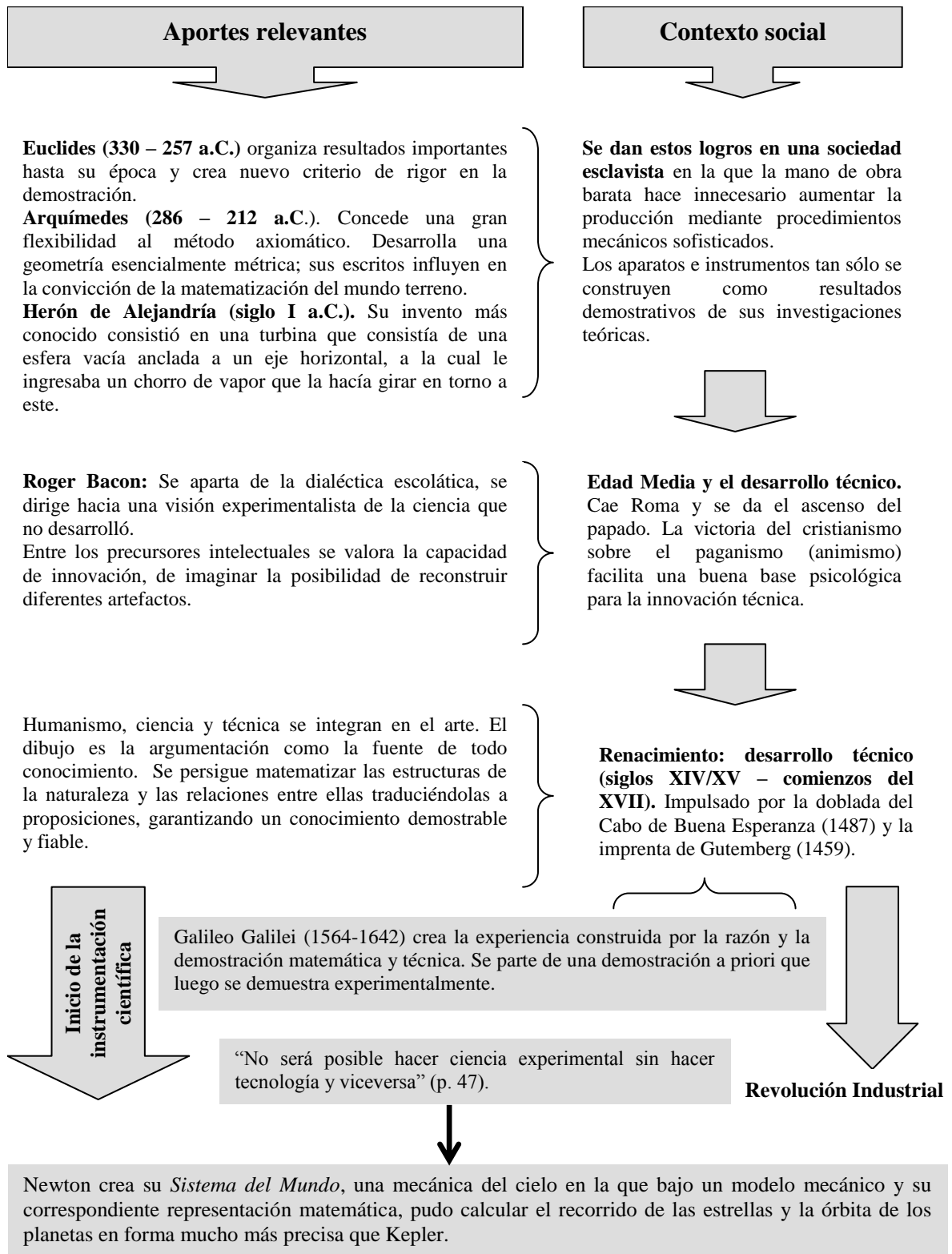


Figura 2.1. Evolución de los últimos 2100 años (siglo IV a.C. – siglo XVII d.C.) en relación con la elaboración de artefactos hasta la aparición del experimento. Basado en Gallego-Badillo (1995).

El invento más conocido de Herón de Alejandría, a pesar de ser usado (y demostrar los resultados de las investigaciones teóricas) para abrir las puertas de

un templo (Alba, 2002:21), no experimenta procesos de mejora en su funcionamiento –intencionalidad inherente a las actividades de producción de los productos tecnológicos, funcionalidad que funge como uno de sus criterios indispensables (Acevedo, 2002)- tarea que sí es propia de los aportes de Galileo Galilei. De él cabe destacar la invención del telescopio (partiendo del artefacto llamado catalejo fabricado y patentado por el holandés Hans Lipperhey en octubre de 1608), que gracias a la unión de la matemática con la reflexión sobre el universo físico y sus acontecimientos, y la matematización de la técnica, lo hizo pasar de sus tres aumentos iniciales hasta 30 aumentos.

El siguiente texto, extraído de *El Ensayador* (Galilei, 1984) muestra la complejidad de las reflexiones matemáticas sobre el fenómeno físico y la matematización de la técnica alrededor del telescopio:

“...No obstante, si nos atenemos al rigor del tema y queremos hablar con precisión geométrica, será necesario decir que para observar objetos cada vez más alejados, se requerirá siempre una mayor reducción; por la misma razón por la que se puede decir: cualquier objeto visible, será siempre visto bajo un ángulo más pequeño cuanto más alejado esté del observador, lo cual es ciertísimo; por lo mismo, cuando el objeto se halle a una distancia tal, que determine un ángulo visual muy exiguo, podrá alejarse aún por un gran espacio, sin disminuir por ello sensiblemente; y, sin embargo, se puede demostrar que el ángulo se hará siempre más pequeño. *Así, pese a que para distancias superiores a una distancia dada, la variación de los ángulos de incidencia de las imágenes sobre las lentes del telescopio sea mínima, por lo que se puede decir que es como si todos los rayos cayeran perpendicularmente, y que por ello no interviene la necesidad de variar sensiblemente la longitud del instrumento,...*” [Las itálicas son nuestras] (pp. 116-117)

Es bajo la creación del modelo hipotético deductivo por Galileo que tiene lugar el experimento: se realiza una demostración a priori que luego se pone a prueba con el instrumental técnico. Aquel desarrollo es de carácter matemático, consistente con la comprensión de Galileo de que “los instrumentos servían para hacer observaciones objetivas y cuantificables, transformándolas en medidas” (Gallego-Badillo, 1995:46), determinantes en la evaluación rigurosa de las hipótesis, pero también en la mejora misma de los experimentos.

Ya Galileo es consciente de la problemática relación entre la experiencia sensible y las ideas matemáticas, como se ilustra a continuación (Koyré, 1980:69-70, citado por Gallego-Badillo, 1995):

“De hecho, cuando estudia el movimiento de un cuerpo en el plano inclinado es consciente del problema de la concordancia entre la experiencia sensible y las ideas matemáticas, puesto que éstos exigen un plano absolutamente liso, unas esferas absolutamente esféricas y ambos absolutamente duros, de ahí que no se sorprenda al ver que la realidad del experimento no concuerde con la deducción.” (p. 46)

Ciencia moderna	Revolución tecnocientífica	
	Macrociencia	Tecnociencia
- Tiene como propósito la búsqueda de nuevas comprensiones sobre el mundo.	- No plantea una revolución epistemológica y metodológica, pero sí implica una revolución praxiológica. Los conflictos de valores son una de sus componentes fundamentales.	
- Se desarrolla en el marco de sociedades científicas y se encuentra institucionalizada en Universidades.	- Se caracteriza por un gran tamaño y alto ritmo de crecimiento donde algunas Universidades juegan un papel central.	- La vinculación entre ciencia, tecnología y empresa se convierte en un nuevo sector económico llamado popularmente de <i>nuevas tecnologías</i> .
- Se soporta en principios de universalidad, pluralidad y publicidad. - El conocimiento que se produce es considerado como un bien de la Humanidad, el cual debe ser comunicado abiertamente mediante órganos especializados de publicación.	- Es un proyecto que surge en la Segunda Guerra Mundial y se mantiene en el periodo de la Guerra Fría. Es un proyecto de carácter nacional (fondos que provienen del gobierno). - Se tienen a disposición macroproyectos con grandes equipamientos e inversiones.	- Se suma la financiación privada que prima sobre la pública, por tanto sus propios intereses de carácter instrumental. - Los resultados tecnocientíficos se convierten en mercancía, lo que altera la idea moderna de comunicación libre y pública en las revistas especializadas.
- Se reconoce la existencia de científicos que de manera autónoma se integran en esfuerzos racionales por comprender el mundo.	- Exige la colaboración entre ingenieros, científicos, técnicos y financiadores, especialmente las fuerzas militares.	- La interdependencia entre ciencia y tecnología es prácticamente total, beneficiándose la una de la otra.
- El fin último de la aventura del conocimiento científico es comprender el mundo, como parte de las tareas por construir una mejor humanidad.	- A los criterios de valor se suma la industria de Innovación y Desarrollo (I+D).	- Los impactos económicos de las innovaciones resultantes son mejor valorados que los impactos epistémicos (publicaciones, citas, etc.).
- Se consideran que la ciencia y la tecnología tienen sus propios fines últimos y los científicos y tecnólogos poseen su propia autonomía.	- Exige la aparición de políticas científico-tecnológicas, incluyendo objetivos militares, empresariales o políticos.	- Los científicos y tecnólogos pierden autonomía frente a los intereses de los inversores de los macroproyectos, especialmente militares. <i>Pasan a convertirse en asalariados</i> .
- Los <i>ser humanos de ciencia</i> son los protagonistas en la producción del conocimiento.	- Los logros se reconocen a <i>equipos multidisciplinares de trabajo</i> . Un ejemplo es el proyecto Manhattan, siendo los laboratorios factorías de producción de conocimiento.	- Los laboratorios se transforman en <i>laboratorios-red</i> , interconectados gracias a las tecnologías de la información.

Tabla 2.1. Cuadro comparativo entre características de la ciencia moderna, la macrociencia y la tecnociencia. Elaborado con base en la visión de Echevarría (2003b).

Todos estos hechos se enmarcan en la ocurrencia de lo que sería la revolución científica, que se inicia en el siglo XVI y se desarrolla durante el siglo XVII; la cual está inspirada en una Física basada en la *matematización del conocimiento* y la *metodología experimental*, que luego contribuyó al desarrollo de otros campos como la química, la biología, la geología y, por último, las ciencias sociales (Echevarría, 2003b:9). En palabras de Echevarría (2003b):

“[...] Ambas revoluciones, la científica y la industrial, han sido constitutivas de la Era Moderna, junto con los profundos cambios políticos que llevaron a instaurar formas democráticas de gobierno en algunos países europeos, así como en los EE. UU. de América. *Durante la Segunda Revolución Industrial, la alianza entre la industria, la tecnología y la ciencia se consolidó en algunos países (Gran Bretaña, Alemania, en menor medida Francia), generándose dos nuevas profesiones, la de científico y la de ingeniero. A lo largo del siglo XIX la ciencia y la tecnología interactuaron estrechamente, con mutuos beneficios, aun formando parte de sectores claramente diferenciados.* Los científicos comenzaron a mostrar que sus conocimientos podían ser muy útiles para la industria y para la guerra.” [Las itálicas son nuestras] (p. 10)

Es precisamente este tipo de ciencia el que se ha dado en llamar *ciencia moderna*, considerada una creación europea, la que ha visto el surgimiento de la *tecnociencia*, de génesis norteamericana, respecto a la cual Echevarría (2003b) defiende la existencia de una *revolución tecnocientífica*, la cual difiere en aspectos fundamentales de las revoluciones científicas de las que habló Thomas Kuhn, ya que –más allá del conocimiento– “transforma la práctica científico-tecnológica, generando una nueva estructura, los sistemas nacionales de ciencia y tecnología (SCyT), [...]” (Íbid., p. 11).

En esta perspectiva, con base en los aportes de dicho autor, es posible establecer algunos criterios que enmarcan semejanzas y diferencias entre la ciencia moderna y la tecnociencia en los EE. UU. (tabla 2.1), que constituye el ejemplo canónico de dicha configuración.

Entre las transformaciones más destacadas de la revolución tecnocientífica es posible destacar las siguientes:

- *La tecnociencia se da como parte de una decisión geoestratégica.* La postguerra generó una reorganización de la ciencia en dos bloques estrictamente jerarquizados, quedando prácticamente excluidos los países del Tercer Mundo. Dicha estructura se reflejó en los sistemas de Ciencia y Tecnología (SCyT), con toda una serie de consecuencias derivadas: captación de cerebros⁷³, formación de los futuros líderes científicos, canalización de la cooperación a través de organizaciones de interés estratégico [OTAN por ejemplo] (Íbid., p. 92).
- *La ciencia moderna y la tecnociencia se dan simultáneamente.* Es posible encontrar que los desarrollos en la modalidad de ciencia moderna se sigan dando a la par de la tecnociencia. La diferencia radica en que este tipo de esfuerzos viene liderado por los países del Primer Mundo, pero con efectos visibles en todo el planeta Tierra.

⁷³ La captación de cerebros por parte de diversos bloques de Estados y empresas cada vez se parece más al mercado de valores que se da en el mundo del fútbol: un talento sobresaliente será apetecido y bien remunerado. Esta es la estructura básica de varios de los programas de financiación de becarios que se vienen dando en la actualidad.

- *Se instrumentaliza el trabajo científico y a los científicos.* Al interior de la tecnociencia la pérdida de autonomía y la importancia profunda que se da a los impactos económicos de las innovaciones, conlleva un profundo proceso de instrumentalización de los científicos y el conocimiento que producen.

Sobre la naturaleza de la tecnociencia estadounidense y su relación con las nuevas tecnologías el autor destaca un asunto de interés directo para esta tesis:

- *La tecnociencia tiene en la informática su propio formalismo.* Mientras la ciencia moderna requirió ante todo de las matemáticas como su formalismo y el modelo experimental, la tecnociencia adiciona la informática pues “permite representar y simular diversos tipos de acciones, y ello de manera recursiva.” (Íbid., p. 100), incluyendo las simulaciones como novedades metodológicas del siglo XX.

Por tales razones, aquí contempladas de manera sumaria, sostiene Echevarría que al ser posible la emergencia de la tecnociencia gracias a la disposición de un formalismo como la informática, la “tecnociencia está vinculada a la *sociedad informacional*, más que a la sociedad industrial (que también, en tanto es tecnología)” (Íbid., p. 53), convirtiéndose la *información y conocimiento* en riqueza y poder (Íbid., p. 105).

2.1.2. *Las nuevas tecnologías y los efectos sobre la actividad científica contemporánea en Física y otras áreas*

Es innegable el efecto que las NTIC tiene sobre la sociedad actual (Brunner, 2000); de aquí que sea relevante, partiendo de su certeza, debatir el tipo de relaciones que se dan entre sociedad y tecnología (Santos, 2001; Sanabria, 2004), lo que se refleja en nominaciones diversas de tal sociedad, como son: sociedad red, sociedad de la información, sociedad informacional (Castells, 1997) sociedades tecnológicas avanzadas (De Alba, 2004), sociedad tecnetrónica (Fromm, 2002), sociedad de la información y el conocimiento (Ramírez y Morales, 2006; Ramírez, 2006), informercado, entre otras.

Dicha influencia también se ha evidenciado en la *Física*, haciendo que las actividades científicas (y tecnológicas) de los físicos profesionales cambien de manera profunda, en la línea que se ha mostrado anteriormente (tabla 2.1). Para Echevarría aparece en la escena de las sociedades informacionales la *tecnofísica*, que a pesar de producir conocimiento e información se caracterizan por no manifestar cambios revolucionarios en los modelos y teorías paradigmáticas desde el siglo XX. En el campo de los valores ha llevado a que ocurran cambios revolucionarios en los valores que rigen la producción de conocimiento y

tecnología, con las consecuencias que se han destacado en el apartado anterior sobre la pérdida de autonomía de los investigadores y el empobrecimiento de la *racionalidad científica moderna*. Una descripción al detalle de estos cambios (figura 2.2) en la Física la han expuesto Valdés y Valdés (1999), destacando nuevamente cambios similares a los identificados con Echevarría (2003b) (tabla 2.1).

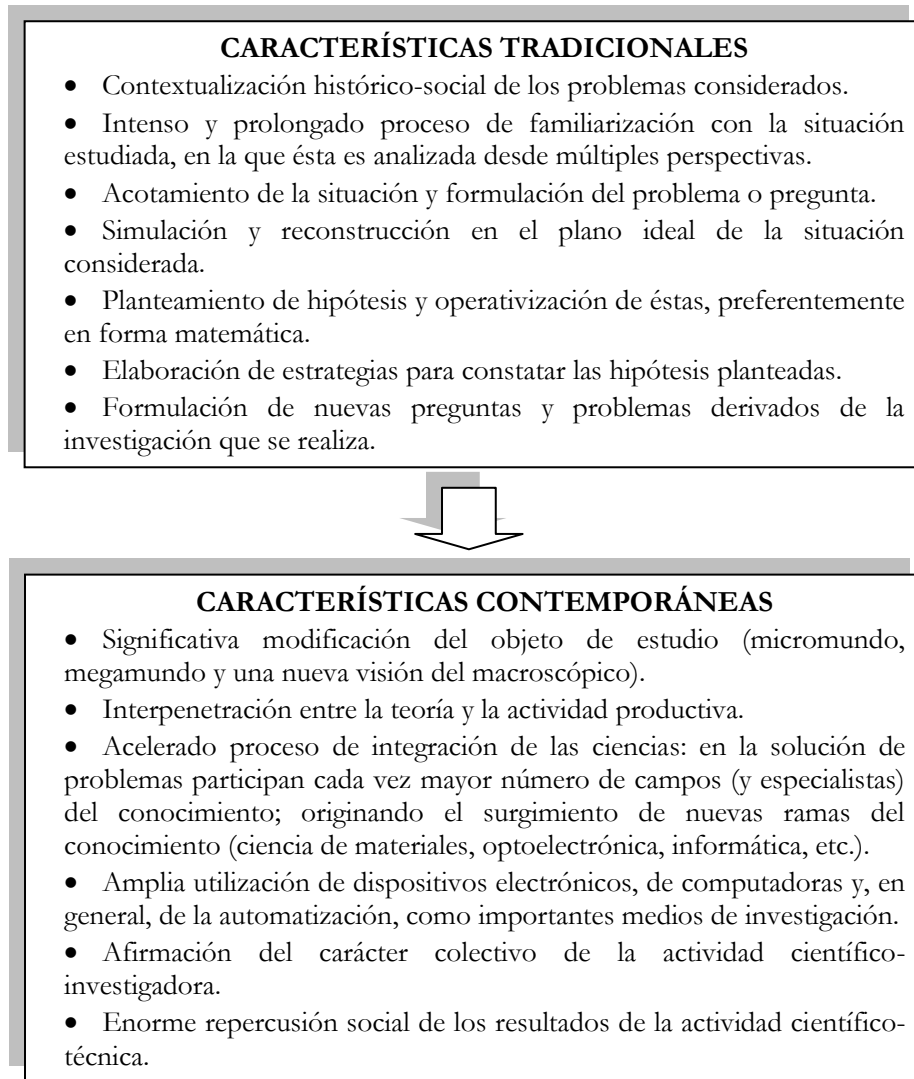


Figura 2.2. Características de la actividad científica contemporánea respecto a la tradicional. Propuesta de Valdés y Valdés (1999).

Respecto a dichas transformaciones, podemos hacer uso de un artículo publicado en el año 2006 por Dittrich, Viviescas y Sandoval en la revista *Physical Review Letters*, bajo el título *Semiclassical Propagator of the Wigner Function*. Se avanza en la resolución de un problema complejo que se había considerado irresoluble durante 30 años, en los que el aporte de los investigadores consiste en *reducir la indeterminación en la descripción de trayectorias para escalas atómicas*.

En este ejemplo concreto es posible identificar varios de los cambios propuestos:

- *La informática se usa como un recurso fundamental en la representación de la realidad.* La figura 2.3 es un producto en el que las formas matemáticas de representación y la posibilidad de manejar datos mediante los ordenadores, permiten obtener una realidad; lo que -de otra manera- sería prácticamente imposible en el tiempo que dura -en promedio- una vida humana.⁷⁴

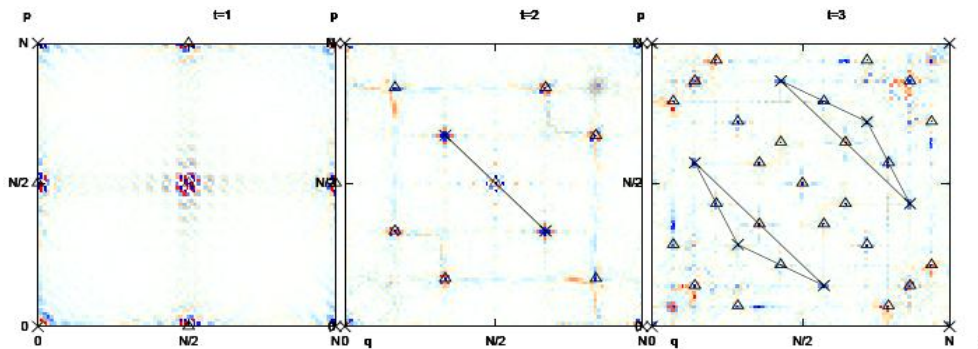


Figura 2.3. Propagador diagonal de Wigner para el mapeo del panadero. Tomada de Dittrich y Pachón (2008).

- *Significativa modificación del objeto de estudio.* Este aporte se ubica en el límite de lo que sería el mundo cuántico (indeterminado, donde funcionan los principios de incertidumbre y la dualidad onda-partícula de los *objetos reales*) y el mundo clásico (determinado, donde es posible obtener trayectorias predecibles de los *objetos reales*). El director del grupo de investigación y profesor de la Universidad Nacional de Colombia, Thomas Dittrich, considera que tienen algo de cierto los mitos sobre la supuesta incompatibilidad entre los mundos cuántico y clásico, pero considera que este trabajo aumenta las posibilidades de diálogo entre los físicos cuánticos y clásicos.⁷⁵
- *Afirmación del carácter colectivo de la actividad científico-investigadora.* El proceso se da gracias a la colaboración que existe entre un científico colombiano residente en Alemania y otros dos residentes en Colombia. Al igual, se debe reconocer que hacen parte de un colectivo más grande de trabajo y de procesos de colaboración colombo-alemán.

⁷⁴ Para hacerse a una idea de la complejidad de los sistemas de ecuaciones matemáticas que se debían solucionar, la imposibilidad de la mayoría y el aporte de los ordenadores, puede verse *La Teoría General de los Sistemas* de Ludwig Von Bertalanffy (1989:19 [1968]).

⁷⁵ Puede verse una mayor referencia periodística en la dirección electrónica <http://noticias.universia.net.co/vida-universitaria/noticia/2006/06/05/256978/resuelve-complejo-problema-fisico.html>

- *Repercusión social y productiva de la actividad científica.* Los mismos autores consideran que a futuro se espera que dichos resultados tengan aplicación en química cuántica, óptica cuántica y computación cuántica.

Este ejemplo concreto, desde naciones tan particulares como Colombia y Alemania, muestra que dicho desarrollo puede caracterizarse como uno propio de la ciencia moderna o de la macrociencia; lo que ilustra a su vez que pueden convivir la ciencia moderna, la macrociencia y la tecnociencia. *A pesar de todo, sostiene Echevarría que el proyecto tecnocientífico es propio de las sociedades informacionales, que basan su riqueza y poder en su propia capacidad de producir conocimiento e información que pueda ser transformado en conocimiento útil.*⁷⁶



Figura 2.4. Niveles de organización que estudia la Biología de sistemas o Biología integral.

Un segundo ejemplo se ubica en la Metabolómica, campo de estudio que – al lado de la transcriptómica y la proteómica– constituyen “las nuevas aproximaciones informáticas que en el último siglo, desde el punto de vista del acceso a la información, han discurrido entre las referencias específicas sesudamente buscadas, con gran dificultad de acopio y escasa capacidad de extensión, hasta los formatos digitales de almacenamiento, codificados, integrados y referenciados, de libre y fácil acceso.” (Villamil-Villar, 2008:38).

La Metabolómica “consiste en la recolección e integración lógica de la base de datos del metabolismo, presentada de forma secuencial y real, partiendo del supuesto de una célula toti-potencial capaz de desarrollar todos los procesos

⁷⁶ Como se puede inferir, Colombia juega un papel periférico en el desarrollo de los proyectos tecnocientíficos, por tanto no es una sociedad informacional en la actualidad, pero sí se hace evidente que puede hacer aportes puntuales o participar de dichos proyectos de manera periférica (aportando dineros a los procesos de financiación o mediante la participación de investigadores de nacionalidad colombiana [*cerebros fugados* es el término que más se usa en el área de la Gestión del Conocimiento]).

bioquímicos conocidos y con implicaciones metabólicas esenciales.” (Íbid., 2008:38), llevando a una reestructuración de la misma Biología (figura 2.4⁷⁷).

Como estos dos ejemplos anteriores, en la actualidad es posible encontrar diversos campos de investigación científica donde la informática, los intereses estatales y privados se conjugan para producir esquemas de la actividad científico-tecnológica en los que ésta es indispensable en el estudio de realidades complejas. Desde la perspectiva epistemológica, en relación con las ciencias naturales, este campo de trabajo científico⁷⁸ aporta varios elementos:

- a. *Integración de diversos campos de investigación y niveles de organización.* Se estudian las reacciones bioquímicas componentes del metabolismo para construir una comprensión dinámica de la existencia de formas vitales simples hasta la de organismos complejos altamente organizados; se suma la química para integrar secuencialmente las reacciones que ocurren en las células (vías metabólicas). Combinación que “con toda su complejidad estructural apunta, en una secuencia vertiginosa de versatilidad y complejidad, a dejarnos conocer el cómo y el porqué de los mencionados fenómenos vitales.” (Íbid., 2008:39).
- b. *Integración entre NTIC y soportes tecnológicos tradicionales mediante la reorganización del mundo real.* Estos trabajos de síntesis “constituyen un interesante punto de inflexión entre los fenómenos descritos en términos teóricos y los fenómenos biológicos, propiamente dichos, que empiezan a tener una particular forma de ser evidentes ante nuestros ojos en el campo de la experimentación.” (Íbid., 2008:39).
- c. *Las NTIC y la ampliación del mundo real.* Con base en el tratamiento informático de las reacciones que componen el metabolismo celular, se derivan hipótesis de trabajo que permiten nuevas formas instrumentadas (uso de soportes tecnológicos) de ampliar lo real para comprenderlo.⁷⁹ Entre los modelos de integración del metabolismo, el autor destaca el *The HumanCyC data base* (Karp, Paley y Romero, 2002; Karp, Ouzounis, Moore-Kochlacs, Goldovsky, Kaipa, Ahren, Tsoka, Darzentas, Kunin y López-Bigas, 2005), proyecto en el que en el año 2004 se recopilaron y organizaron 135 rutas metabólicas, por métodos manuales y luego por medio de un programa informático especializado, que podrían ser comprobadas experimentalmente.

⁷⁷ Imagen tomada de la página

<http://www.ira.cinvestav.mx/Investigaci%C3%B3n/DepartamentodeIngenier%C3%ADaGen%C3%A9tica/ProfesoresInvestigadores/DrTiessenFavierAxel/LaboratoriodeMetabol%C3%B3micayFisiolog%C3%ADaMolecular/tabid/445/language/es-MX/Default.aspx>

⁷⁸ Se usa de manera indiferente campo; el autor la denomina ciencia, pero hasta aquí no existe una referencia que permita llamarla disciplina, ciencia, línea de investigación u otra denominación. Por tanto, con campo se refiere de manera genérica a una forma delimitada y reconocible de trabajo científico.

⁷⁹ Este concepto se contextualiza en el propósito de la ciencia, focalizado en su pretensión de estudiar la realidad – dimensión ontológica – (Santos, 2001:62).

De esta forma se ratifican los cambios expuestos por Echevarría en relación con la inclusión de las NTIC en la práctica científica, y de paso muestra que el papel de las NTIC y la modelización –protagonista en los procesos de enseñanza y aprendizaje en el capítulo anterior- en la ciencia contemporánea son fundamentales para comprender la producción de conocimiento científico en las ciencias naturales y, en particular, en la Física.

2.1.3. *Los conceptos de infomáquina e inforealidad*

Hasta este punto se ha podido mostrar que las NTIC, como generación particular de tecnologías, ratifican la tesis de que “el desarrollo del conocimiento científico es inseparable de una tecnología, a su vez unida a una sociedad y a una civilización.” (Morin, 1984:60). Anteriormente se ha mostrado que tecnología y Física, a la luz del modelo hipotético deductivo, surgen de manera simultánea (Gallego-Badillo, R., 1995); y que el reconocimiento de las influencias que tiene en la sociedad actual (la tecnología como productora de sociedad⁸⁰) no parece extraña.

A pesar de todo, si hemos afirmado con Echevarría (2003b) que con la tecnociencia se pone en juego la tecnificación de las personas, no basta con hacer evidente las diversas relaciones que se dan entre tecnología, ciencia y sociedad sino que debemos revisar de forma concreta⁸¹ los elementos básicos que hacen posible que dicho proceso de tecnificación pueda darse, especialmente porque son el componente básico para comprender nuestras actuaciones desde la perspectiva didáctica y pedagógica. Este es precisamente el papel de los conceptos de infomáquina e inforealidad en este capítulo, ayudar a esclarecer cómo se puede dar y cómo se puede superar dicho proceso de tecnificación.⁸²

De acuerdo con Echevarría (2003b):

“Dada una máquina cualquiera, llamaremos *infomáquina* a su simulación informática, en caso de ser posible. En principio, casi todos los artefactos mecánicos tienen sus correspondientes infomáquinas. Otro tanto ocurre con las máquinas termodinámicas y, lo que es más importante, con un nuevo tipo de artefactos que surgieron en el siglo XIX, uno de cuyos ejemplos es el regulador de Watt. Fue Maxwell quien se ocupó de dichos reguladores centrífugos y mostró la importancia de sus válvulas, cuya apertura o

⁸⁰ Idea sugerida por Morin (1984:61), en la que reconoce también validez de la relación inversa: la sociedad, con sus propios valores, como productora de tecnología.

⁸¹ Sostiene Michael Apple (1996) que uno de los grandes problemas de las pedagogías críticas de los años ochenta fue deleitarse con los análisis teóricos, un *teoricismo* que obstaculizó el enfrentar situaciones específicas que contribuyeran a la transformación de la vida social. Un fenómeno que parece también experimentaron en épocas similares Latinoamérica y Europa (Maldonado, 2008).

⁸² La discusión sobre el tipo de realidades producidas por la tecnología frente a la “realidad natural” configuran un amplio campo de debate; un interesante ejemplo de esta discusión y el cuestionamiento del término *realidad virtual* puede verse en José María García Blanco (2002).

cierre gradual permitían mantener la velocidad de la máquina de vapor aproximadamente constante. **Por tanto, algunas de sus piezas no habían sido diseñadas para generar energía sino para introducir información en la propia máquina, de modo que esta pudiera funcionar automáticamente. El regulador de Watt lo hacía mecánicamente, pero pronto se comprobó que la electricidad era el instrumento ideal para transmitir información.** ” [Las negrillas son nuestras] (pp. 100-101).

Este tipo de dispositivos fue clave en el surgimiento de las tecnologías de control automático y posteriormente en el surgimiento de la informática. Estos *bucles de realimentación* (*feed back* en inglés) actualizan acciones globales que tienen la realización de determinado objetivo. En palabras de Aracil (1986, citado por Echevarría, 2003b:101):

“El mecanismo de realimentación consiste en una cadena sucesiva de acción – resultado – realimentación de información – análisis de la discrepancia con el objetivo – nueva acción en su caso, y así sucesivamente” (p. 86)

Las máquinas informáticas adelantan este proceso continuo de realimentación gracias a los *lenguajes de programación*, permitiendo acceder a una nueva modalidad de *experimentación*, basada en las *simulaciones informáticas*. Destaca el profesor Echevarría que la *informática* amplía enormemente el campo de las *acciones posibles*, a través de la modificación de los parámetros y la programación, simulando acciones y procesos en un mundo de tipo *virtual*.

En esta línea argumentativa se sostiene que la informática permite investigar otro tipo de sistemas, en palabras del autor (Echevarría, 2003b):

“Por otra parte, puesto que las máquinas son un tipo de sistemas (físicos, químicos, biológicos, económicos, sociales, urbanos, etc., incluidos los sistemas SCyT de política científico-tecnológica). Como señala Aracil, <<se puede hacer una réplica potencial de cualquier sistema que tratemos de estudiar>>” (p. 102)

Congregando estos diversos tipos de sistemas, afirma que después de comprender el movimiento de un sistema –entendido como *el conocer cómo las partes se influyen mutuamente, de tal manera que de estas se desprenda el funcionamiento global del sistema*– es posible que:

“Una vez analizado el comportamiento de un sistema, la informática puede construir otro sistema artificial (denominado modelo) que tenga las mismas componentes del sistema estudiado y se comporte análogamente:

el estudio de un sistema concreto, mediante la dinámica de sistemas, conduce a la construcción de un modelo que es susceptible de ser programado en un computador; de este modo, en este último se tiene una réplica o copia del sistema concreto objeto de estudio: con ayuda del computador se obtiene la evolución a lo largo del tiempo de las magnitudes consideradas relevantes del sistema estudiado” (p. 103)

Siguiendo la lógica de Echevarría, llamaremos *inforealidad* a la representación informática del conocimiento sobre un (algunos) sistema(s) de la realidad (biológicos, sociales, físicos, etc.), que requiere de *una programación* que permite estudiar *el cambio y la evolución* del sistema representado.

Puede notarse que la referencia a *modelo* que precisa el autor no se ha tomado en esta concepción en la medida que de forma implícita acepta que: a) existe una realidad *real* frente a una *virtual* que funge como representación, relación categorial cuestionada por García (2002); b) se supone que es posible copiar un sistema concreto a partir de la identificación de los componentes del sistema estudiado, logrando que se comporte análogamente.

Ilustra García (2002), al cuestionar el término *realidad virtual*, que la acepción que ha terminado por imponerse es la que proviene de la tradición semántica de las ciencias físicas. En palabras del autor:

“Dentro de ellas, ha sido la óptica, en concreto, la que más ha contribuido a establecer este sentido del término. Y lo ha hecho a partir de la distinción entre imágenes reales (ondas luminosas auténticas) y virtuales (ondas luminosas aparentes). La imagen que podemos ver en un espejo es una imagen sólo virtual⁸³, porque las ondas luminosas, en contra de la apariencia, no proceden de detrás del espejo, ni tampoco los objetos correspondientes que se encuentran detrás del mismo. Los espejos no producen una duplicación de la realidad ni la presuponen. Lo único que ellos duplican es la imagen de los objetos reales.” (p. 82)

Desde una epistemología fenomenológica y ontología sistémica, el mismo autor argumenta que la realidad virtual lo es tanto como la versión del mundo que construyen –rompiendo la supuesta jerarquía entre realidad real y realidad virtual–; por ejemplo, los seres humanos, quienes la representan a través del lenguaje preferencialmente.

De esta manera los argumentos de García sirven para esclarecer las precisiones que ya se hicieron respecto a la referencia del concepto de *modelo*⁸⁴ propuesta por Echevarría, que no incluimos en el concepto de *inforealidad*:

- a) Las que hemos llamado realidades *real* y *virtual* son ambas virtuales en la medida que como fenómenos “toda percepción es un constructo de nuestro sistema nervioso – dada su condición de sistema operativamente clausurado. La conciencia, entonces, al operar proyectivamente –por tratarse de un sistema orientado por el sentido–, tiene que justificar siempre que aquello que percibe es el mundo exterior.” (García, 2002:

⁸³ Aquí la virtualidad a la que se hace referencia no es la de tipo físico, sino una de tipo ontológico.

⁸⁴ En esta investigación el concepto de *modelo* es importante, pero desde una perspectiva diferente que se desarrolla en el capítulo 3.

104). *En consecuencia la inforealidad se diferencia de la realidad en la medida que la primera es una producción tecnológica, informática donde ha sido posible representar el conocimiento que se tiene sobre determinados sistemas (físicos, biológicos, sociales, etc.), siendo la inforealidad parte de la realidad social y cultural que vivimos.*

- b) Se acepta que es posible “copiar” un sistema y obtener un modelo informático con el cual se pueden realizar simulaciones; idea válida tan sólo cuando se trata de sistemas triviales, provenientes de campos como la Física, la Biología, las Ciencias Sociales, etc. Extendido este proceso de copiado a sistemas constructores de sentido (no triviales), termina por reducir la incertidumbre que les es propia. *En consecuencia la representación informática de sistemas no triviales implica la construcción de variables independientes para integrarlos en un programa que necesariamente elimina las indeterminaciones que se generan gracias a ellos mismos, y por tanto conlleva a que dichas representaciones sean limitadas, rompiendo la presunción de comportamiento analógico.*

En el contexto de las críticas y matizaciones reseñadas anteriormente es posible reconocer que es necesario ser cautos con el uso de una ontología sistémica. A pesar que la posibilidad de concebir la realidad –a partir del cual construimos nuestros propios sistemas- como un sistema de sistemas ha tenido enormes éxitos. La generalización apresurada de que es posible obtener la programación de cualquier tipo de realidad desconoce que existen diversos niveles de organización y complejidad de la misma, por lo que *alertar sobre dicha generalización apresurada es precisamente evitar un proceso de simplificación de la realidad misma.*

Ya a finales de los años sesenta, en el contexto de dicha sociedad, Ludvig Von Bertalanffy (1989 [1968]) llamaba la atención sobre dicho asunto –la tendencia a programar cualquier tipo de realidad, incluida la social– de la siguiente manera:

“Los peligros de semejante tendencia son evidentes, por desgracia, y han sido expuestos a menudo. Según el psicoterapeuta Ruesch (1967), al nuevo mundo cibernético no le importa la gente sino los <<sistemas>>; el ser humano se vuelve reemplazable y gastable. **Para los nuevos utopistas de la ingeniería de sistemas, por repetir una frase de Boguslaw (1965), precisamente es el <<elemento humano>> el componente inconfiable de sus creaciones. O bien se elimina del todo, sustituyéndolo por el hardware de computadoras, maquinaria autorregulada y así por el estilo, o bien hay que hacerlo tan confiable como se pueda: mecanizado, conformista, controlado y estandarizado. Dicho con términos algo más ásperos, en el Gran Sistema el ser humano ha de ser –y en gran medida lo es ya– un retrasado mental que oprime botones, o un idiota informado –quiere decirse–: adiestrado en alguna especialidad limitada, pero por lo demás simple parte de la máquina. Esto concuerda con un bien conocido principio de sistemas, el de la mecanización progresiva; el individuo se convierte cada vez más en una engranaje dominado por unos pocos guías privilegiados, mediocres y chanchulleros, que persiguen sus intereses privados tras la cortina de humo de las ideologías (Sorokin, 1966, pp. 558.sr).” [Las negrillas son nuestras] (pp. 8-9)**

2.2. La inclusión del Ser humano: ejemplos desde la economía y características de dicho proceso desde la pedagogía y la didáctica

Hasta el momento es posible identificar un tono más ideológico en el sistema de ideas que se viene exponiendo, lo que es precisamente el propósito de este capítulo: esclarecer que el conocimiento no es neutro y que, por el contrario, siempre se encuentra ligado a diversos intereses. Hacerlo nos permite también organizar, seleccionar y actuar de determinadas maneras en la sociedad, especialmente desde nuestra condición de ciudadanos, profesores e investigadores.

Lo expresa el profesor Van Dijk (2005 [1997]) de la siguiente manera:

“Más específicamente, las ideologías se desarrollan para coordinar las representaciones socialmente compartidas que definen y protegen las “respuestas” que cada grupo proporciona para poder manejar los problemas y cuestiones sociales fundamentales en relación con, o en conflicto con, las de otros grupos. Por ejemplo, su ideología les sugiere a los miembros de un grupo que se representen como pro-elección en lugar de pro-vida en cuestiones de nacimiento y aborto, u que actúen y hablen de un modo acorde; o que sean más o menos hospitalarios sobre cuestiones de inmigración extranjera, [...]

Es así como las categorías, grupos, organizaciones, instituciones u otras colectividades sociales gradualmente adquieren, desarrollan, utilizan (y ocasionalmente cambian) un marco conceptual básico que les permite a sus miembros actuar como tales, es decir, como miembros de un grupo que comparte una identidad muy general, objetivos, valores, posiciones y recursos en los dominios generales y en los conflictos de la vida diaria.” [Las negrillas son nuestras] (p. 53)

En el contexto de los EE. UU., Michael Apple (1986 [1979]) expone, sobre las relaciones entre Ideología y Currículo, que en el currículo (de orientación liberal) el lenguaje y la visión mundial de ciencia, la eficiencia, “la ayuda”, y el individuo abstracto tienen dichas funciones ideológicas.⁸⁵ Al respecto, ya hemos aportado elementos que nos llevan a comprender desde una perspectiva praxiológica (Echevarría, 2003b) que la ciencia actual se puede hacer con una carga de diversos valores, lo que ha cambiado la práctica científica-tecnológica actual, por lo que ahora pasaremos a fortalecer la idea de que incluir al Ser humano conlleva superar la referencia a un individuo abstracto y eficiente, que *tan sólo se dedica a oprimir botones o a especializarse en un campo limitado de la realidad.*

⁸⁵ Aunque la referencia a los EE. UU. es necesaria, no se debe desconocer que este *modo de vida* –el estadounidense: los ciudadanos deben trabajar para obtener una casa, un automóvil y dedicarse al ocio y al placer– es el que se ha vuelto hegemónico (Brunner, 2000).

Supuesto en dicho contexto el papel de la ideología, y por ser este trabajo realizado en el seno del proyecto IRES, se justifica la extensión y los planteamientos de este apartado en la medida que aportan en la evolución de las ideologías que requerimos para transformar la escuela, ya que los retos que aparecen ligados a la tecnociencia también son novedosos y complejos. *De una u otra manera se espera que dichas respuestas, nuestras respuestas, ganen una mayor solidez y ayuden a coordinar dichas representaciones y actuaciones sociales.*

2.2.1. *La tecnociencia también es posible bajo el modelo del estado del bienestar social: el caso finlandés.*

Echevarría (2003b), en su caracterización de la tecnociencia y la revolución tecnocientífica, es muy claro al manifestar que dicho estudio se escribe tomando como caso específico el estadounidense, sin negar que puedan existir versiones diferentes. Esta puntualización es necesaria en dos vías: a) porque como potencia mundial los EE. UU. han promovido que dicho modo de tecnociencia sea paradigmático, hegemónico y, b) porque dicha forma de hacer tecnociencia se encuentra profundamente ligada al modelo (neo)liberal que predomina en las relaciones económicas de gran parte de los estados del planeta Tierra. Por estas razones, mostrar que la revolución tecnocientífica se puede asociar a otras formas de organización del estado es un aporte esperanzador, que mina dicha concepción hegemónica, vigente en diversos países, incluido Colombia.

El caso que traemos a colación es Finlandia. Los investigadores Manuel Castells (español) y Pekka Himanen (finlandés) adelantaron en 2002 un estudio sobre la transformación de Finlandia hacia la sociedad informacional, con base en el cual escribieron un libro en el que documentan la relación entre el estado de bienestar y la sociedad de la información.

Los autores citan diversas fuentes para caracterizar la sociedad informacional finlandesa:

- *Posee el más alto valor en el índice de logro del desarrollo tecnológico de la ONU (año 2001). Aparece con un valor de 0,744 seguido por los EE. UU. con un valor de 0,733 (Íbid., p. 21).*
- *Se encuentra en el tercer lugar de desarrollo económico según el índice de competitividad del IMD (año 2001). En el primer lugar se encuentran los EE. UU. con 100 puntos, Singapur en el segundo con 88 y Finlandia con 82 (Íbid., p. 22).*
- *Presenta una baja injusticia social (UNDP, 2001). Frente al resto del mundo que presenta una injusticia del 13,5 y EE. UU. de 9, Finlandia presenta un 3,6 (Íbid., p. 23).*
- *Entre las economías avanzadas presenta el menor porcentaje de exclusión social medida por el analfabetismo funcional (OCDE, 2001). Presenta un 6,9 frente a valores*

en los EE. UU. del 17,9 y un promedio de las economías avanzadas del 15,5 (Íbid., p. 24).

- *El índice Gini en Finlandia ha disminuido en el periodo de 1950-1990.* En esta transición de sociedad industrial a sociedad informacional el índice Gini de EE. UU. pasó de 0,360 (en 1950) a 0,378 (en 1990); mientras tanto, Finlandia experimentó una caída del índice desde los 0,270 (en 1970) a 0,204 (en 1990). Lo anterior significa que la exclusión social disminuyó significativamente en Finlandia (Ibid., p. 25).

A la luz de este caso tan particular, los autores critican la asociación que los círculos de expertos de todo el mundo hacen de la nueva economía a la liberalización y desvinculación del sector público de la sociedad; perspectivas unidimensionales en las que el modelo de Silicon Valley en los EE. UU. parece la única opción, y en la que el caso Finlandés se impone como alternativa (Íbid., p. 19), pues por un lado los estudios muestran que este país en su dimensión tecnológico-económica es tan avanzado como Silicon Valley o Singapur (UNDP, 2001), y está entre las tres economías más dinámicas del mundo (IMD, 2001). Por lo que puntualizan (Castells y Himanen, 2002):

“La diferencia entre el modelo finlandés y los de Silicon Valley y Singapur se evidencia en el nivel social. **La tendencia global de la economía informacional es la de conectar su red a aquellos que son valiosos para ella (y añadirles aún más valor), pero desconectar a quienes carecen de valor (y, por tanto, reducir sus oportunidades de adquirir algún valor).** Esto tiene como consecuencia una creciente injusticia social en forma de desigualdad en la renta, polarización y pobreza.” (p. 20)

Por su parte, Torres López (2010) ubica el surgimiento del Neoliberalismo como respuesta a la crisis global iniciada en los años setenta, con tres grandes líneas de actuación:

“En primer lugar, la reconversión del modelo de producción mediante la aplicación de las nuevas tecnologías de la información que iban a proporcionar un nuevo modo de utilización de los recursos, especialmente del trabajo.

Estas nuevas tecnologías permitieron aumentar la eficacia (mediante mejores formas de almacenar y procesar información relacionada con la actividad productiva), crear nuevas industrias (como las relacionadas con el mundo de la informática) e imponer nuevos modelos organizacionales relacionados con la creación de redes y con el uso de Internet (permitiendo esto, a su vez, formas más flexibles de trabajo). Y también poder mantener comunicación instantánea entre cualquier lugar del mundo, lo que ha permitido que las relaciones comerciales, financieras o culturales se desenvuelvan *online* y a escala planetaria.

En segundo lugar, un cambio radical en la naturaleza y objetivos de la regulación macroeconómica. Los gobiernos neoliberales comenzaron a

desmantelar progresivamente el Estado del Bienestar y a desviar hacia el sector privado los recursos económicos que se destinaban hasta entonces a financiar los costes que conllevaban la producción de bienes públicos, infraestructuras o los sistemas de protección social. Se sucedieron entonces numerosos procesos de desregulación industrial, privatizaciones, rebajas de impuestos, supresión de leyes que controlan el movimiento de capitales, etc.” (pp. 45-46)

Por tanto el ejemplo de Finlandia es más que meritorio; el trabajo de investigación realizado por Castells y Himanen nos permite cuestionar como profesores, y con datos empíricos, la idea poco cuestionada de que supuestamente *el libre mercado* no provoca la exclusión e injusticia social⁸⁶ y que, por tanto, el currículo debe seguir promoviendo la formación de seres humanos bajo una concepción *individualista abstracta (competitivos, eficaces, eficientes)* propia del modelo neoliberal de estado. La decisión de imponer un modelo *neoliberal* o de *estado de bienestar* no es un asunto motivado por fuerzas naturales o tecnológicas (las nuevas tecnologías) sino por unas profundamente políticas, y por extensión lo es también nuestra labor como profesores cuando del desarrollo del currículo escolar se trata.

2.2.2. *La hiperespecialización y los problemas socioambientales*

La indicación de un proceso de eliminación del Ser humano (Von Bertalanffy, 1989 [1968]), vista desde la crítica a la racionalidad técnica que supone el conocimiento científico (y la ciencia) como superiores, en detrimento del conocimiento complejo que se produce en el ejercicio de las profesiones (Schön, 1998 [1983]) y el cuestionamiento cada vez más fuerte de sus logros (Echevarría, 2003b:90)⁸⁷; al lado de la manifiesta intención desde el modelo neoliberal por transmitir una visión hegemónica sobre el mundo a través del currículo escolar (Apple, 1986 [1979]), prueban de forma indirecta que la educación es importante en el proceso de *producir, reproducir, distribuir y cambiar* la conciencia misma de la sociedad (Apple, 1996: 86 [1993]).

Pero, además, permite sostener la tesis de que muchos de los grandes problemas socioambientales del planeta encuentran su origen en el ámbito de nuestras relaciones sociales y políticas. Ya lo han mencionado Castells y Himanen (2002) en relación con el aumento de la pobreza que se produce en el marco de una sociedad informacional de corte neoliberal; pero también lo exponen de forma más sistemática autores que pertenecen al campo de la Didáctica de las Ciencias, como Gil, Vilches, Edwards y González (2000) (ver figura 2.5).

⁸⁶ De manera prolífica y valiente el profesor Juan Torres López ha enfrentado esta tesis en el caso reciente de la Crisis de las Hipotecas de Basura en los Estados Unidos, con repercusiones planetarias (2010).

⁸⁷ Es allí donde Echevarría ubica el surgimiento del movimiento de Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), como reacción a los grandes problemas que dicha revolución tecnocientífica ha traído aparejada.

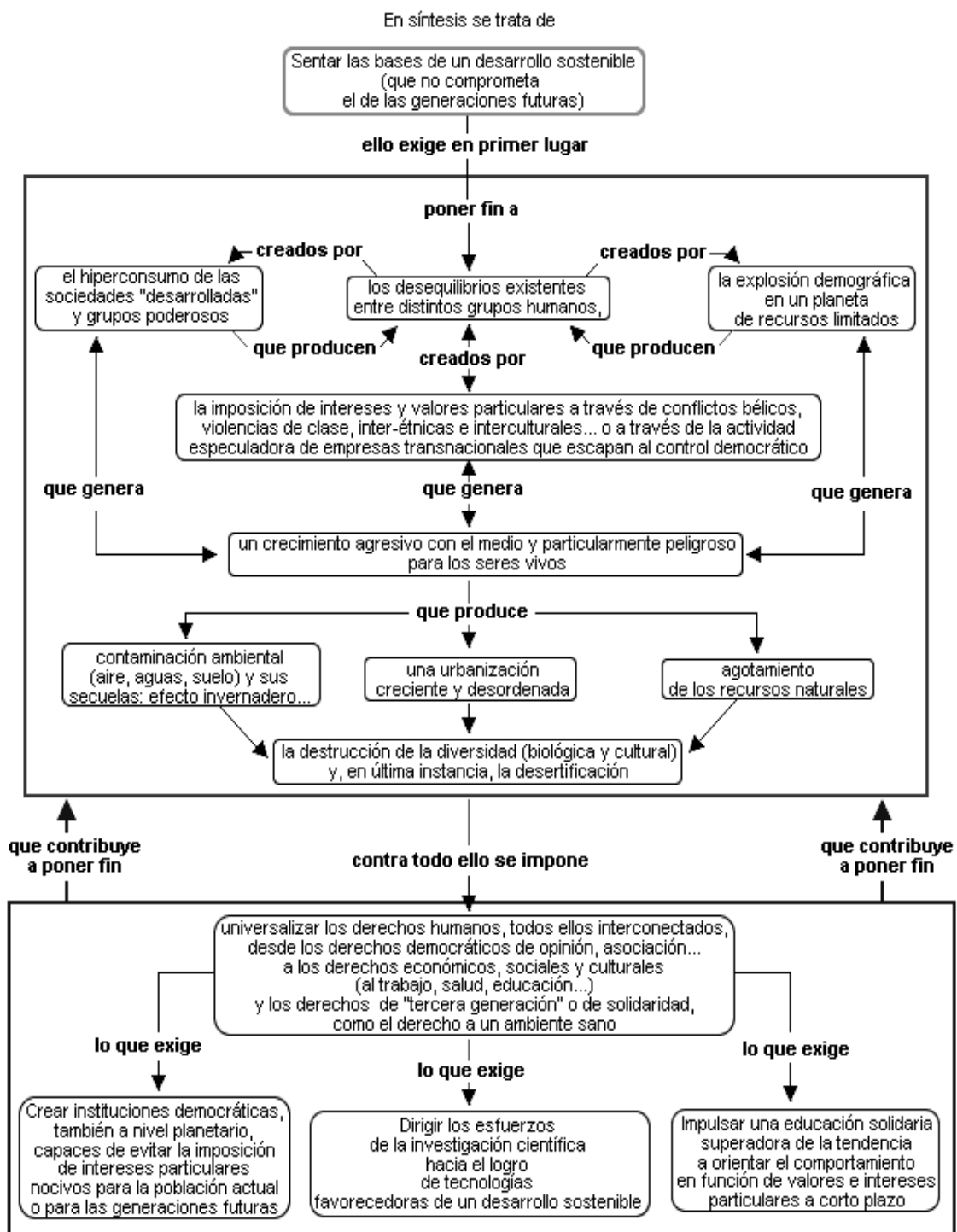


Figura 2.5. Una situación de emergencia planetaria. Problemas y desafíos. Tomado de Daniel Gil y otros (2000).

En palabras de Morin (2002), y ya como parte de la crítica a nuestra formación educativa occidental para dar respuestas a dichas problemáticas, en el marco de un paradigma simplificador de la realidad:

“Efectivamente, la inteligencia que no sepa otra cosa que separar rompe la complejidad del mundo en fragmentos desunidos, fracciona los problemas, unidimensionaliza lo multidimensional. La misma atrofia las posibilidades de comprensión y reflexión, eliminando también las oportunidades de un juicio correctivo o de una visión a largo plazo. Su insuficiencia para tratar nuestros problemas más graves constituye uno de los problemas más serios con que nos enfrentamos. **De este modo, cuanto más multidimensionales se vuelven los problemas, más se da la incapacidad de considerar su multidimensionalidad; cuanto más progresa la crisis; cuanto más planetarios se hacen los problemas, más impensados se vuelven. Una inteligencia incapaz de considerar el contexto y el complejo planetario nos hace ciegos, inconscientes e irresponsables.**

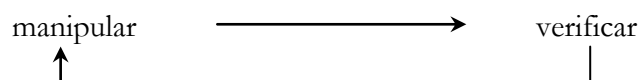
...

En lugar de oponer correctivos a estos desarrollos, nuestro sistema de enseñanza les presta acato. Nos enseña desde la escuela elemental a aislar los objetos (de su entorno), a separar las disciplinas (antes que reconocer sus solidaridades), a desunir los problemas, más que a unir y a integrar. Nos ordena reducir lo complejo a lo simple, es decir, a separar lo que está unido, a descomponer y no a recomponer, a eliminar todo aquello que aporta desórdenes o contradicciones a nuestro entendimiento.” **[Las negrillas son nuestras] (p. 15)**

Esta dinámica es consecuente con una sociedad occidental en la que se reconoce su evolución bajo el siguiente circuito (Morin, 1984:78):



Al interior, sostiene el mismo autor, la ciencia occidental se ha desarrollado como ciencia experimental, siendo necesario para los experimentos desarrollar formas de control precisas y fiables (técnicas para verificar). Se manipula para verificar, pero cuando este circuito se introduce en el universo social se produce una inversión de esa finalidad: cada vez más se verifica para manipular (o controlar).



Con la anterior forma fragmentaria de conocer el mundo concurre el interés por controlar el mundo social. Bajo tales condiciones a la simplificación del mundo se une el control del mismo, desplazándose el pensamiento racional y la *certidumbre incierta* que permite a favor de una *certidumbre absoluta*: “la certidumbre pretendidamente *científica* que se funda en la predictibilidad.” (Fromm, 2002:56).

Lo anterior genera consecuencias sumamente importantes para el *Ser humano*:

- a. *A pesar de que los problemas socioambientales aumentan su rigor en todo el planeta, las soluciones se caracterizan por su alta simplicidad.* Se tratan desde perspectivas activistas de corto impacto en nuestras actitudes hacia el sistema socioambiental (García-Díaz, 2004:92). Como ejemplos tenemos el reciclaje de basuras, campañas para no arrojar papeles al piso, respeto a las normas de tránsito, etc. Nuevamente se reconocen fenómenos de superposición de concepciones. En ciertos ámbitos la exigencia de pautas culturales (instituciones escolares, hogares) riñe con el desprecio que parece existir hacia las mismas en otros niveles de organización social (caso del uso del suelo para la construcción de campos de golf o la devastación autorizada de la selva de la Amazonía, por ejemplo).
- b. *La fuerte orientación y valoración de las ciencias con el fin de manipular el mundo, al lado de una reificación del mismo, conforman las condiciones para excluir al Ser humano como centro de esa reflexión.* De hecho, se ha puesto en “boga” referirse a la tecnociencia en vez de ciencia, como término que describe el estado de evolución de la ciencia actual. Y aunque, para una ciencia como la Física, es incuestionable que existe una “interpenetración entre la teoría y la actividad productiva” (Valdés y Valdés, 1999:526), no puede dejarse de lado que las ciencias, como actividad racional, también se configuran gracias a los intereses que poseen diversos actores y grupos (Habermas, 1982; Echevarría, 2003b).
- c. *Se acentúa un proceso de cosificación del Ser humano mismo que ha llevado a que las nuevas tecnologías, especialmente, determinen su pensamiento.* En diversos ámbitos las tecnologías sirven de soporte para determinar el pensamiento del Ser humano: los programas de ordenador predicen lo que debe hacerse bajo determinado modelo; los celulares ayudan a constreñir el tiempo logrando que el ser humano sea más eficiente en el desempeño de sus labores; los seres humanos son recursos para el desarrollo, incluso desechables.

2.2.3. La inforealidad y el Ser humano en el contexto social: La identificación de una ecuación que permite el control de las acciones posibles... y del Ser humano

A modo de balance, la secuencia de referencias que emergen en relación con el Ser humano y su control: desde la perspectiva de la evolución de la Física y la tecnociencia hasta la organización de formas particulares del estado, la construcción de nuevas versiones de la realidad y la relación con los problemas socioambientales nos llevan a finalizar este capítulo articulando dichos aportes, y cuestionando lo que parece evidente: ¿es posible tecnificar al ser humano?, ¿existen formas reconocibles para lograrlo? A su lado, cuál es nuestra propuesta de actuación desde la perspectiva didáctica.

2.2.3.1. ¿Es posible tecnificar el ser humano?

García (2002:87) reconoce que los sistemas psíquicos (o de conciencia) y sociales (o de comunicación) son sistemas no triviales, lo que implica que son *incalculables, analíticamente impredecibles, y ello no sólo para otros sistemas sino también para sí mismos*. En consecuencia, si desde las nuevas tecnologías se desea tecnificar el Ser humano (Echevarría, 2003b), para hacerlo parte de una inforealidad que es trivial y, por tanto, es programable; *se obtiene entonces que el ser humano también debe serlo*. Esta evidente contradicción justifica el nombre de este apartado: ¿es tecnificable el ser humano?

Von Bertalanffy (1989:8 y *ss* [1968]) ya desde los años sesenta nos ha planteado dos grandes vías posibles (que serán enriquecidas en su desarrollo) mediante las cuales se podría hacer este tipo de proceso de tecnificación: a) el ser humano, considerado como elemento inconfiable del sistema, debe ser sustituido por *hardware*; b) hacerlo tan confiable como se pueda: mecanizado, conformista, controlado y estandarizado.

Sobre la sustitución del ser humano por hardware podemos hacer referencia muy fácilmente a los desarrollos en robótica que han reemplazado, hasta donde han podido, a los seres humanos (agricultura, banca, comercio, industria, etc.). Desde la perspectiva neoliberal y hegemónica este fenómeno ha requerido la reconversión de la mano de obra bajo la perspectiva de *conectar a su red aquellos que son valiosos para la economía y desconectar a quienes carecen de valor* (Castells y Himanen, 2002:20). El desmantelamiento del estado de Bienestar (Apple, 1996 [1996]; Castells y Himanen, 2002; Torres, 2010) *permite constreñir las decisiones de los ciudadanos y reducir su inconfiabilidad: sin servicios básicos garantizados y una renta mínima los trabajadores son presa fácil de dichos intereses*.⁸⁸ ¿Podrá resistir críticamente un ciudadano sin los derechos adquiridos bajo el modelo del estado de bienestar? *Desde esta óptica de exclusión, la combinación de innovación tecnológica y condiciones políticas nos llevan a que los ciudadanos puedan ser fácilmente presionados para conformarse y estandarizarse*. Aun así, lo comentado ya es conocido incluso desde la Revolución Industrial.

Lo novedoso de revolución tecnocientífica (neoliberal) es precisamente que se pueda suprimir la inconfiabilidad del elemento humano como parte del control y dominio de las sociedades (Echevarría, 2003b:90), por lo que el interrogante

⁸⁸ En Colombia, los intentos por construir un estado de bienestar se han desmontado prácticamente desde su creación (a través de la Constitución de 1991) hasta el día de hoy, apenas un poco más de veinte años. Muchas reacciones van entre la acomodación a la nueva situación (mecanización pasiva) y el aislamiento escéptico (estar ahí sin criticar e intentar asegurar lo mejor para la vejez, o entrar en los circuitos de la economía informal, muchas veces más rentable que hacer parte de la economía formal).

planteado no se encuentra suficientemente desarrollado. Para hacerlo requerimos tomar directamente los sistemas psicosociales (de conciencia y de comunicación).

Bajo esta perspectiva podemos listar varios aportes bajo la condición de lograr explicar la forma en que sistemas no triviales se minimizan en su proceso de indeterminación (tabla 2.2).

Tesis	Estrategia para minimizar el grado de indeterminación
Desde una perspectiva psicológica Erich Fromm (1968) sostiene que el ser humano desarrolla miedo a ser libre.	Cuestiona la ilusión de la individualidad en los estados modernos en la medida que: <ul style="list-style-type: none"> - Se promueve la eliminación de los sentimientos desde niños, desaprobando en general las emociones. - Se desaprueba el pensamiento original, llenando la cabeza de las personas con pensamientos acabados, concediendo importancia a los hechos (la información).
Los valores tecnológicos predominan en la actualidad (Fromm, 2002 [1968])	El control social del ser humano se da gracias a que se imponen como valores: <ul style="list-style-type: none"> - Algo debe hacerse porque resulta técnicamente posible hacerlo, <i>negando todos los valores de la tradición humanista</i> (que tiene como punto de partida que “algo debe hacerse porque es necesario para el Hombre, para su crecimiento, su alegría y su razón, o porque es bello, bueno o verdadero” (p. 41). - Se debe lograr la <i>máxima eficiencia y rendimiento</i>, trayendo como consecuencia el requisito de la mínima individualidad (p. 42), bajo la única preocupación de la inversión y el rendimiento.
La racionalidad técnica simplifica el mundo y las relaciones profesionales (Schön, 1998 [1983]).	La validez incuestionada del conocimiento científico ha afectado el desarrollo de la formación de los profesionales y ha ido en detrimento del conocimiento que se obtiene desde la práctica.
Una visión hegemónica que ordena nuestros juicios sobre la realidad (Apple, 1986 [1979]).	Existen categorías que residen en el fondo mismo de nuestras cabezas y que utilizamos para enfocar nuestra responsabilidad ante los demás y para evaluar las prácticas sociales que dominan la sociedad, entre las que se destacan dos como las más decisivas: nuestra visión de <i>ciencia</i> y nuestro compromiso ante el <i>individuo abstracto</i> .
Es posible construir una ciencia popular que ayude a organizar los pueblos excluidos (Fals-Borda, 1992).	No es posible hablar de una ciencia del pueblo ni de una ciencia fetiche. La ciencia es una producción social, y por su naturaleza los diversos pueblos pueden participar en la producción de conocimiento popular con el acompañamiento de científicos, y con el propósito de transformar su propia realidad.

Tabla 2.2. Estrategias diversas que tienen como propósito minimizar la indeterminación de los sistemas psíquicos y sociales (no triviales).

La suma de todos estos aportes converge claramente en estrategias que tienen el propósito de disminuir la indeterminación en sistemas no triviales (psíquicos y sociales).

2.2.3.2. Las complejas relaciones entre las acciones y la construcción del conocimiento

Las diferentes estrategias que anteriormente se han enunciado (tabla 2.2) no agotan, por separado, la tesis de Echevarría (2003b), relacionada con la posibilidad de tecnificar las personas (p. 272). Un nuevo componente que ha venido apareciendo y no se ha incluido, ha sido precisamente la producción de *inforealidades* mediante las cuales se conjura este proceso. A pesar de todo, los diferentes autores apuntan a mencionar matices de dicho proceso de tecnificación, como es el caso de Michael Apple en su estudio sobre la relación entre Ideología y Currículo (1986 [1979]), quien respecto a nuestra incapacidad para pensar en términos que no sean los del *individuo abstracto* cita a Raymon Williams (1961, citado por Apple, 1986 [1979]):

“Recuerdo que al hablar de una persona, un minero me dijo en una ocasión: <<Es de esas personas que se levanta por la mañana, aprieta un botón y espera que se encienda una luz>>. En cierta medida todos nos encontramos en esa posición, en la que nuestro modo de pensamiento suprime habitualmente amplias áreas de nuestras relaciones reales, incluyendo nuestra dependencia real con respecto a los demás. Pensamos en mi dinero, en mi luz, en esos términos ingenuos, porque hay partes de nuestra idea misma de la sociedad que se han marchitado de raíz. En nuestro sistema presente, difícilmente tenemos una concepción de la financiación de los fines sociales con el producto social, método éste que nos mostraría continuamente, en términos reales, lo que es y hace nuestra sociedad. **En una sociedad cuyos productos dependen casi totalmente de una cooperación y organización social continuas e intrincadas, esperamos consumir como si fuéramos individuos aislados que siguiéramos nuestro propio camino.** [...]” [Las negrillas son nuestras] (p. 21)

Igual ejercicio de citación podríamos realizar (o hemos realizado) con Von Bertalanffy (1968), Erich Fromm (1968, 2002), Orlando Fals-Borda (1992), Donald Schön (1998 [1983]), Edgar Morin (2002); pero queda pendiente, precisamente, responder a la forma en que se logra la tecnificación de la persona en el marco de una Sociedad de la Información y del Conocimiento, en el marco de la producción de inforealidades, posibilidad propia del proyecto tecnocientífico.

De aquí surge la necesidad de integrar dichos aportes para describir una *ecuación social (y educativa)* que, a diferencia de la sociedad industrial, *requiere de un trabajador que no solamente desarrolle dichas tareas sino que además –y esto es sumamente relevante y diferenciador- en el marco de la Sociedad de la Información y el Conocimiento debe producir conocimiento* (figura 2.6).

Bajo el entendido que (Ramírez, 2006):

“El acto de conocer es un fenómeno humano, colectivo o individual, de carácter práxico, en donde el ser humano integra y transforma sus concepciones sobre el contexto que habita. La elaboración de conocimiento implica la acción humana de manera concreta. La codificación de ese conocimiento se denomina información, y solamente se convierte en conocimiento cuando otros seres o colectivos humanos interactúan con aquella para construirlo. Por tanto, el conocimiento siempre exige un compromiso del conocedor, no puede haber conocimiento simple y llanamente porque se tenga información.” (p. 2)

La *inforealidad* se hace protagonista y potencia el proceso de control humano en la medida en que no ya solamente permite definir *los pensamientos* (visión hegemónica que ordena la realidad, promoción de una racionalidad técnica, preponderancia de la información y la construcción de pensamientos originales) sino también, y de aquí se deriva su enorme poder: *hace posible definir las acciones posibles, convirtiendo la inforealidad misma en el “Universo” en el que realiza el ser humano sus tareas de producción de conocimiento.*

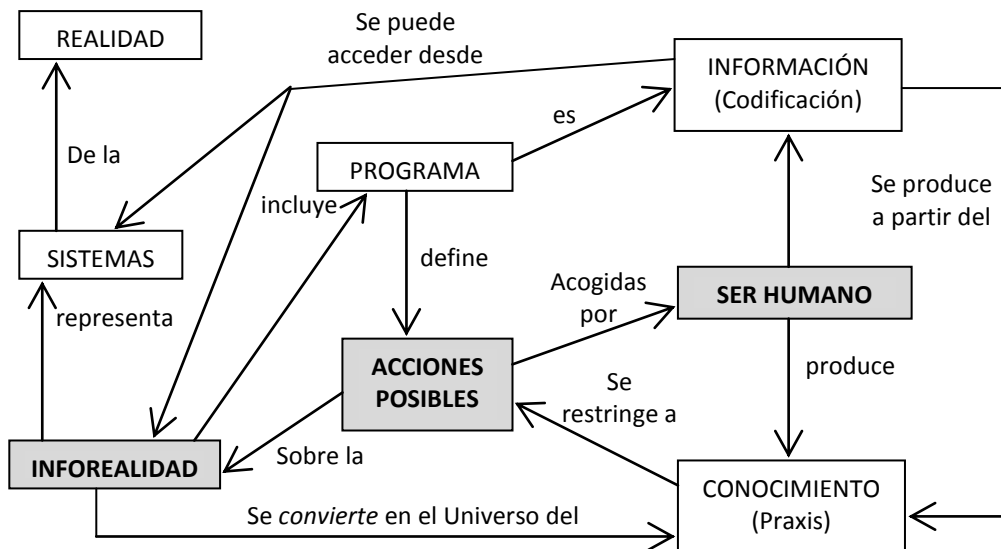


Figura 2.6. Esquema conceptual sobre la forma en que se *tecnifica* el ser humano mediante las nuevas tecnologías.

Y esto posible por la sensación de infinitud e inagotabilidad que presentan las diversas representaciones que pertenecen a esta categoría tanto en el área de la física, las matemáticas, la biología, el comercio, como aquellas propias de la comunicación y el ocio⁸⁹. Todo ello gracias a las mayores posibilidades de procesamiento de la información y su posible representación visual, en la que puede observarse su evolución y cambios.

Un ser humano agotado y debilitado, con temor a hacerse libre (Fromm, 1968), incrustado en una sociedad que le lleva a *adorar* la idea de un individuo abstracto,

⁸⁹ Un ejemplo hermoso es el programa Kinect de X-BOX: da una sensación de resolver los problemas y la realidad desde nuestra propia voluntad, bajo el marco de las amplias posibilidades que permite el programa.

competitivo y dueño de parcelas del mundo (Apple, 1986 [1979]), que se estudian simplídicamente (Morin, 2002), mientras son estimulados y obligados a través de las pruebas (estandarizadas) a ser exitosos (Apple, 1996 [1993]), no solamente encuentra un mundo en la representación *inforeal* sino *su mundo, el que puede manipular a su voluntad*. De aquí que no parezca extraño que las imágenes virtuales no solamente se usen para comunicar la experiencia sino que *se conviertan en la experiencia misma* (Castells, 2000:452; citado por García, 2002:85).

Igualmente, en la medida que en esta Sociedad de la Información y el Conocimiento, el conocimiento es fuente de riqueza y de poder (Echevarría, 2003b:105), los creadores de conocimiento original que se obtiene trabajando (no solamente con la *inforealidad* sino también con los diversos *sistemas* que se identifican en la realidad), son filtrados ideológica y socialmente mediante diversas estrategias, que permiten garantizar que serán *fieles* a los intereses del poder hegemónico; esto es, en la regulación del acceso a las fuentes de información (Van Dijk, 2005 [1997]) a través de sistemas de patentes, privatización de la información, en la regulación del acceso a las comunidades productoras de conocimiento (vía becas, convenios interinstitucionales, *privatización*⁹⁰ de los intereses de la educación superior).

Es así que las nuevas tecnologías y la construcción de *inforealidades* se convierten en medio para *tecnificar* la vida del ser humano occidental, imponiendo no solamente un conjunto de categorías sobre el mundo sino ahora, y he aquí su característica hegemónica, *sistemas de prácticas* basados en las acciones que son posibles en el marco de *programas informáticos* que representan intereses particulares.

Imponer *sistemas de prácticas y categorías* sobre el mundo, por parte de los grupos poderosos, no es precisamente nuevo. El nacimiento del capitalismo, con el “Descubrimiento de América”, a partir de la creación del concepto de raza y la creación de diversos tipos raciales, se dio conjuntamente con el desarrollo de diversas prácticas soportadas en las tecnologías que se tenían a disposición (Quijano, 2000); la diferencia es que mientras este proceso requirió incluso del desplazamiento físico, la reprimenda biológica o psicológica, en la era actual los *programas informáticos* ni hacen daño y son tan apetecidos que muchas personas se atreven a realizar copias ilegales de los mismos.

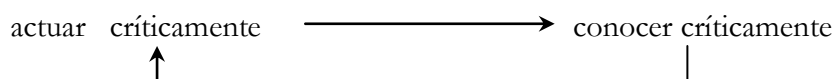
Se puede inferir de lo anterior que *la inforealidad*, con una buena dosis de control educativo (y del conocimiento oficial), ideológico, y con la regulación de los

⁹⁰ Con este término se quiere indicar, bajo la relación Universidad-Empresa, que sin importar si la primera es de carácter estatal o privado, son los intereses de grupos empresariales los que se imponen en las actividades de producción de conocimiento. La cuestión es: ¿por qué no son los problemas socioambientales planetarios el centro de los intereses de la producción de conocimiento en la educación superior?

mecanismos de movilidad social, configura una potente ecuación social *que tecnifica* al ser humano (y la vida social).

Hasta aquí ha sido evidente que el uso de la tecnología no es neutral, está mediado por diversos valores que influyen también en su diseño y desarrollo. Cuando ese uso se basa en la exclusión del ser humano, aparecen incuestionables asociados que no compartimos: a) la tecnología es sinónimo de progreso⁹¹ (Bernal, 1992; Acevedo, 2001), por lo que una nueva versión de los artefactos implica mayor progreso; b) la tecnología es aplicación de la ciencia, pues se trata simplemente de tomar los principios científicos y construir artefactos en los que se vean “representados” (Alba, 2002:21; Acevedo, 2002); c) por tanto, bastaría con aprender Ciencia para comprender la Tecnología y actuar responsablemente frente a ella.

En contra, consideramos que la inclusión del Ser humano cuenta con la Tecnología como un aliado importante. Los productos tecnológicos, por su propia naturaleza, son productos humanos interesados que normalmente integran más de un nivel de organización de la realidad (microcosmos, mesocosmos, macrocosmos) y se han convertido en una forma particular de estratificación social (De Alba, 2004). Tal inversión se basa en la posibilidad de reorientar el circuito social, ya expuesto por Morin (1984), pero ahora orientado a desarrollar un conocimiento crítico del mundo que permita actuar críticamente⁹², donde el ser humano y su racionalidad juegan un papel central⁹³.



Por tanto, no se renuncia a verificar, y en general conocer críticamente, como un objetivo central de las ciencias sino a superar la simplificación que se hace de la acción humana al concebirla como controlable; lo que afecta inmediatamente la

⁹¹ Fenómeno que se evidencia en muchos países, incluido Colombia.

⁹² La posibilidad de asumir esta perspectiva desde la escuela para complejizar la vida social tiene un movimiento análogo inspirado en Habermas (1982), en los tipos de ciencia que se pueden reconocer en los enfoques: empírico-analítico (que construye un conocimiento para manipular), hermenéutico y crítico-social. Ampliación que es compatible con el MIE (modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación escolar) y que sugiere preguntas tan interesantes y complejas como: ¿cuál es el papel del laboratorio?, ¿cómo se relacionan teorías y empiria (sustrato concreto del mundo) mediante la acción humana?

⁹³ Existe la posibilidad de complementar en el aprendizaje de los conceptos científicos también con las tecnologías en la medida que éstas: (1) se ubican en la realidad próxima de los estudiantes – propio de una sociedad tecnológica -, (2) integran diversos niveles de organización de manera concreta – que deben ser construidos por los estudiantes -, (3) son coherentes con la integración didáctica y la hipótesis de enriquecimiento del conocimiento cotidiano (García-Díaz, 1998).

concepción del término verificar, ampliándolo⁹⁴: no se verifica para controlar, se experimenta para conocer y actuar.

En síntesis, parafraseando los comentarios de Michel Foucault sobre los libros (Citado por Maldonado, 2008); se trata de conocer para vivir, para crecer como seres humanos:

“[...] Foucault habrá de replantearse en la idea de hacer cosas con los libros, con las disciplinas; la mera referencia de los libros entre productores de libros ya no es suficiente. *Es necesario que la filosofía y otras disciplinas sirvan para hacer, para vivir, para un mejor cuidado de sí o para ocuparse de sí mismo.* En tanto el maestro entienda esta postura podrá situarse en su práctica y en su propio existir: el saber pedagógico es más para construir que para decir.” [Las cursivas son nuestras] (p. 100)

2.2.4. *Es necesario formar para el desarrollo de un pensamiento complejo... y la construcción de acciones complejas*

Al interior del proyecto IRES, García-Díaz ha desarrollado -desde el marco que provee la Teoría de la Complejidad en unión con las Perspectivas Constructivista y Crítica- una teoría alternativa sobre los contenidos escolares (1998) que ha tenido su correspondiente concreción en la Educación Ambiental (2004).

Dichos planteamientos han tenido como una de sus tesis principales la necesidad de impulsar la transición desde una concepción simple hacia una concepción compleja del mundo (García-Díaz, 1998); transición que sirve como una macrohipótesis de progresión (figura 2.7), a modo de generalización de las hipótesis de progresión relativas a contenidos concretos. *Tal macrohipótesis se caracteriza por tomar algunas dimensiones, eso sí de importancia, en la construcción de un pensamiento complejo, como son: los Procesos Cognitivos Implicados, el Conocimiento Metadisciplinar y el Ámbito Actitudinal.*

Se buscará mostrar, mediante un ejemplo como el del automóvil, que la ecuación social (figura 2.6) propuesta para interpretar el proceso de tecnificación del ser humano, mediante la presencia de las nuevas tecnologías y la producción de *inforealidades* en la actualidad, implica revisar esta progresión específica en la medida que –sin romper esta estructura de tecnificación– es posible “lograr” con las representaciones informáticas la mayoría de las transiciones propuestas (sombreadas en color gris en la figura 2.7). Desde aquí se propone derivar algunas revisiones didácticas sobre la construcción de acciones complejas y su integración en sistemas de prácticas renovados y orientados a la transformación social.

⁹⁴ Recambio que supondría la pregunta acerca de los objetivos que orientan el manejo de los artefactos tecnológicos y que implica la reflexión sobre la construcción del conocimiento científico (relativo a la Física para este trabajo en particular).

TRANSICIÓN SIMPLE-COMPLEJO

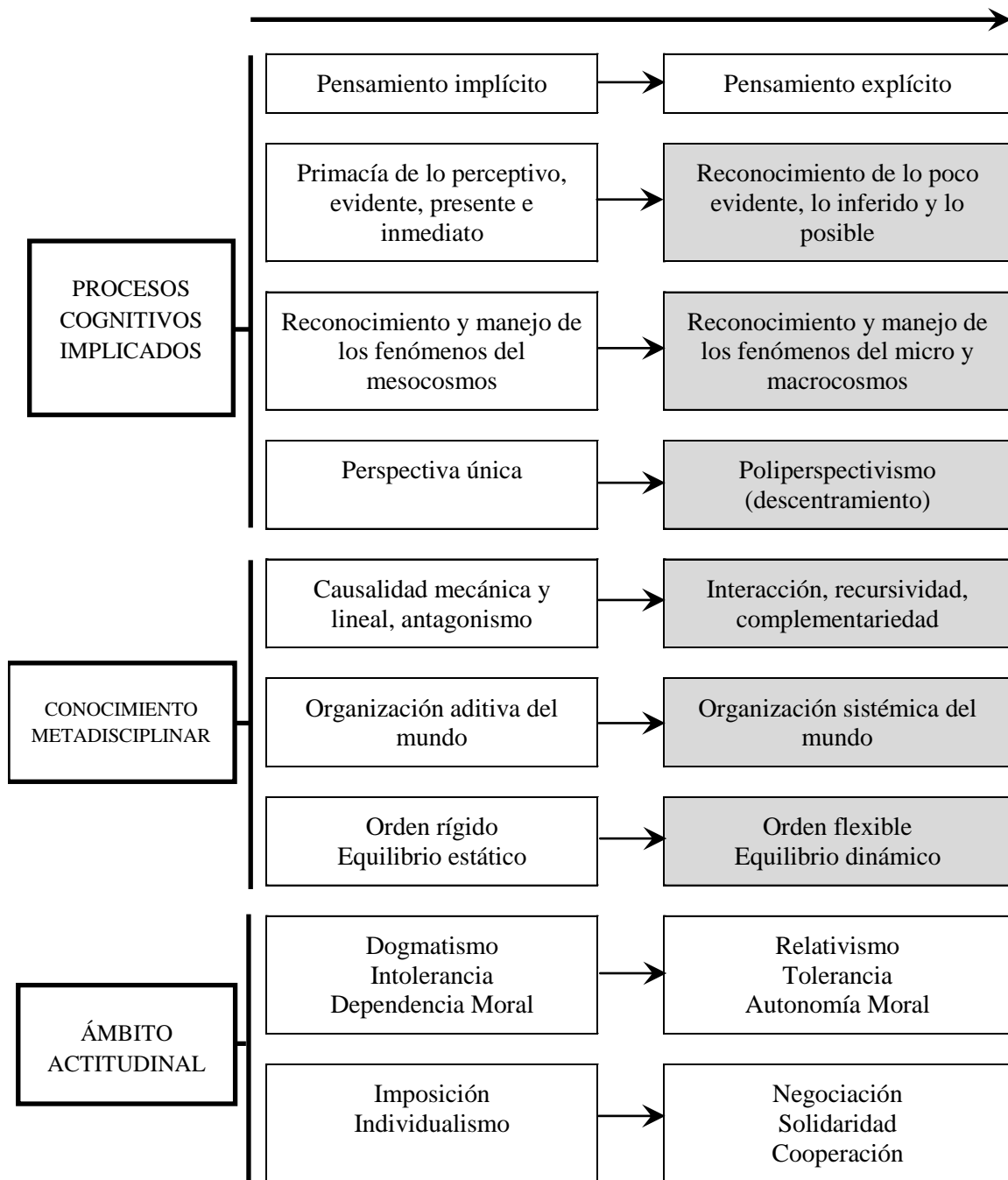


Figura 2.7. Algunas dimensiones y transiciones relevantes en la construcción de un pensamiento complejo. Tomada de García-Díaz (1998:153).

El automóvil, como creación tecnológica del mundo moderno es un sistema tecnológico (Criado y García-Carmona, 2011) que posee una historia que explica *por qué son como son* (García-Carmona y Criado, 2009). Veámoslo:

- a. *Un problema socioambiental* en la medida que los accidentes debidos al manejo a altas velocidades han reportado cantidades de decesos humanos que superan con creces las pérdidas en muchas guerras.
- b. *El efecto de movilización (mesocosmos) aparece como un logro importante, reduciendo los tiempos de desplazamiento de las personas entre unos y otros puntos de la geografía;* los requerimientos básicos de energía se asisten con las provisiones de combustible (gasolina, gas y, últimamente, energía solar, energía eléctrica y biocombustibles). Los razonamientos desde este nivel de organización se basan en obtener un buen funcionamiento del vehículo (gasolina sin plomo, balanceo, excelente rodamiento, estabilidad), contar con el combustible suficiente y el dinero para comprarlo, disponer de un sistema de tránsito que garantice tiempos mínimos⁹⁵ y máximas velocidades de movilización⁹⁶.
- c. *Se puede considerar un segundo problema: la contaminación ambiental que provoca la quema de estos combustibles.* La comprensión de este problema implica la integración con el microcosmos y el macrocosmos (reacciones químicas, producción de energía y residuos contaminantes).
- d. *Un tercer problema es la sobrepoblación de automotores al lado de la superpoblación humana, que implica la integración con el macrocosmos.* Pero, ¿por qué insistimos en comprar un automóvil que en promedio no moviliza más de dos personas?, ¿por qué seguimos aceptando como muestra de nuestra relevancia social el tener un automóvil más potente, refinado o caro?⁹⁷

En este caso se evidencia que problemas provocados por el uso masificado de los automóviles están íntimamente relacionados con el desarrollo del ser humano, la complejización del pensamiento y su actuación crítica. Tales reflexiones se pueden potenciar al lado de la comprensión de los conceptos científicos involucrados (p.e. los propuestos en García-Carmona y Criado, 2011).

En el contexto de las transiciones hacia un pensamiento complejo podemos identificar que (cruzando la información de la figura 2.7 y la tabla 2.3):

- *La inforealidad, por su naturaleza, exige para su uso casi todos los procesos cognitivos complejos.* Este suceso ratifica que debido a su propia naturaleza, hacer uso de las nuevas tecnologías exige el desarrollo de procesos cognitivos complejos.
- *De igual manera la inforealidad exige para su uso todas las transiciones en el conocimiento metadisciplinar.*

⁹⁵ En el diseño de vías, el tiempo mínimo se convierte en una condición que rige el sistema de transporte; incluso, sirve para valorar la eficiencia en el funcionamiento del mismo.

⁹⁶ Es el caso de las grandes autopistas estadounidenses, hechas algunas de ellas para viajar a altas velocidades.

⁹⁷ Aquí vuelve y emerge el hegemónico modo de vida estadounidense, ya identificado y descrito por Brunner (2000).

DIMENSIÓN	TRANSICIONES	APORTES DE LAS INFOREALIDADES
PROCESOS COGNITIVOS IMPLICADOS	<i>Primacía de los perceptivo, evidente, presente e inmediato</i> → <i>Reconocimiento de lo poco evidente, lo inferido y lo posible</i>	ya lo hacemos actualmente en relación con el uso del GPS para establecer tiempos mínimos de flujo, o en el aula se puede aprovechar Google Earth para estudiar los trayectos y las relaciones entre diferentes variables físicas (tiempo, energía, distancia, velocidad) que nos permiten estudiar el automóvil de una manera nada evidente.
	<i>Reconocimiento y manejo de los fenómenos del mesocosmos</i> → <i>Reconocimiento y manejo de los fenómenos del micro y macrocosmos</i>	Además de la movilización en un nivel macroscópico, que ya manejamos en nuestra vida diaria a través del GPS (p.e.), al solicitar en un buscador “simulación del proceso de combustión en un motor”, oprimiendo un botón, es posible encontrar cerca de 140.000 entradas a las que puedo acceder (Último acceso: septiembre de 2014).
	<i>Perspectiva única</i> → <i>Poliperspectivismo</i>	Las simulaciones que podemos encontrar son diversas, requiriendo el reconocimiento de diversas perspectivas en la medida que cada simulación provee sus propios programas (condiciones y lenguajes de diseño).
CONOCIMIENTO METADISCIPLINAR	<i>Causalidad mecánica y lineal</i> → <i>Interacción, recursividad y complementariedad</i>	Las representaciones informáticas, por su propia naturaleza, permiten iterar y plantear de forma recursiva los “fenómenos”. Podemos probar diversas rutas para movilizarnos de forma <i>inforeal</i> y tomar las mejores decisiones sin habernos movido de casa.
	<i>Organización aditiva del mundo</i> → <i>Organización sistémica del mundo</i>	Las inforealidades son necesariamente sistémicas, de lo contrario no serían tales. Es fácil comprender con un soporte de este tipo que los automóviles hacen parte de sistemas de tránsito y transporte.
	<i>Orden rígido</i> / <i>Equilibrio estático</i> → <i>Orden flexible</i> / <i>Equilibrio dinámico</i>	La infinidad de opciones de una representación informática poseen un orden flexible.

Tabla 2.3. Identificación de transiciones en el logro de un pensamiento complejo que se pueden obtener con el uso de las representaciones informáticas (inforealidades).

- *Las inforealidades no garantizan el pensamiento explícito ni la construcción de transiciones complejas en el ámbito actitudinal.* Son estos aspectos la cara complementaria en el marco de la ecuación social de tecnificación del ser humano (figura 2.6) que tienen un importante papel para nuestro enfoque crítico, como se verá a continuación.

El retrato de la situación que hemos obtenido hasta el momento encaja bastante bien con los diagnósticos de grupos de profesores⁹⁸ (y ciudadanos) que cotidianamente encuentran que:

- *Las nuevas tecnologías han empobrecido la escritura, conceptualización y concentración de los niños (y adultos).* Este tipo de apreciaciones puede ligarse al hecho de que, vistos desde una tradición moderna,⁹⁹ parecen extraños. Igualmente, significa que es posible que las transiciones complejas que se han identificado se dan de forma implícita, precisamente por los posibles entornos (Echevarría, 2003a, 2003b) que impone la introducción social de estas nuevas tecnologías.
- *Las nuevas tecnologías aíslan los seres humanos.* Es justo reconocer que las NTIC por sí mismas exigen, eso sí *de forma implícita*, un conocimiento sistémico del mundo. Pero no es extraño ver seres humanos en buses, restaurantes, etc., absortos y conectados a sus dispositivos tecnológicos. Como lo expresa Castells (2000, citado por García, 2002): las experiencias informáticas se convierten en la experiencia misma.

Yendo más allá de tales diagnósticos cotidianos, preocupa que las bondades de las nuevas tecnologías sean tan grandes (como se ha visto). Asimismo, que sean capaces de provocar una especie de *espejismo* didáctico donde se considere que su inclusión en las aulas de clase sea suficiente para provocar un pensamiento y acciones complejas en los estudiantes. Por lo que cerraremos este capítulo mostrando la manera en que las *acciones complejas* también deben ser parte de nuestra perspectiva didáctica.

Estamos en este punto frente a unas tecnologías que nos ofrecen la posibilidad de representar la realidad sin que la hayan representado los estudiantes, siendo éste uno de los propósitos vigentes hasta hace apenas algunas décadas. Ahora, podemos partir de formular en las aulas de clase una representación de dicha realidad, pero con el objetivo de construir representaciones complejas sobre la misma. Las transiciones que por su propia naturaleza las nuevas tecnologías no pueden garantizar (figura 2.7) se convierten en el factor diferenciador entre el tipo de prácticas de enseñanza que se desarrollan.

Estudiando detenidamente la tabla 2.4 podemos evidenciar, desde nuestra perspectiva, que buena cantidad de los núcleos problemáticos que actualmente se encuentran vigentes en la discusión didáctica y pedagógica actual (algunos de ellos con más de una centuria de antigüedad) se conservan, a pesar de los logros que se han obtenido en los procesos de representación. *Este resultado ratifica la tesis*

⁹⁸ Especialmente a aquellos profesores que no pertenecemos a esta era tecnológica.

⁹⁹ En la que hemos sido formados muchos profesores, dando importancia a la conceptualización, la escritura de ideas y la revisión de estrategias e hipótesis de trabajo (los entresijos del proceso de conocer).

(apartado 1.2.2.3.) del profesor estadounidense Larry Cuban sobre unas altas expectativas iniciales, que encuentran un rechazo escolar que es constatado y explicado desde diversas perspectivas, entre otras razones, porque el modelo tradicional de enseñanza sigue vigente (Área, 2010); obteniéndose, en general, efectos moderados (Webb, 2008) [para una mayor ampliación puede revisarse el apartado 1.2.2. de los Antecedentes].

DIMENSIÓN	TRANSICIONES	CARACTERIZACIÓN DIDÁCTICA
PROCESOS COGNITIVOS IMPLICADOS	<i>Pensamiento implícito</i> → <i>Pensamiento explícito</i>	<ul style="list-style-type: none"> - El conocimiento de los alumnos no tiene valor epistémico y el conocimiento científico representa verdades absolutas (tabla 1.4). - Entender las representaciones de los estudiantes ayuda a superar ideas inadecuadas (figura 1.9). - Existe una fuerte tendencia a considerar que este proceso tan sólo se da en la vía de trabajar directamente con el conocimiento científico en la escuela (figura 1.10). - Las TIC se usan como apoyo a las prácticas tradicionales (figura 1.10), fortaleciendo dicho pensamiento implícito.
ÁMBITO ACTITUDINAL	<i>Dogmatismo,</i> <i>Intolerancia,</i> <i>Dependencia Moral</i> → <i>Relativismo,</i> <i>Tolerancia, Autonomía</i> <i>Moral</i>	<ul style="list-style-type: none"> - La inclusión de problemas diferentes a los científicos se hacen desde instancias de poder, fuera de las aulas de clase (figura 1.11). - Los problemas socioambientales son simplificados y vistos como problemas “naturales”, poco asociados a modelos de desarrollo elegidos por diversos estados nacionales o agrupaciones de ellos (figura 1.11).
	<i>Imposición,</i> <i>Individualismo</i> → <i>Negociación,</i> <i>Solidaridad,</i> <i>Cooperación</i>	<ul style="list-style-type: none"> - La necesidad de obtener buenos resultados en las pruebas de aprendizaje, permitiendo calificar la enseñanza eficaz (figura 1.9), enfoque que se extiende como una presión social sobre el profesorado. - El discurso entre profesor y estudiante posee mecanismos que ayudan a que el aula cambie (figura 1.9). - El ser humano es desligado del discurso científico, a pesar que experimenta problemas planetarios (figura 1.11).

Tabla 2.4. Identificación de transiciones en el logro de un pensamiento complejo que se no pueden obtener con el uso de las representaciones informáticas (info-realidades).

Más allá de las coincidencias, en el marco de la ecuación social que hemos propuesto (figura 2.6), lo relevante radica en comprender que las NTIC se integran de forma implícita a los *sistemas de prácticas* que se dan en las escuelas, determinándolos bajo unas condiciones ideológicas y sociales hegemónicas. Nos referimos a la connivencia con: (a) el pensamiento implícito en la medida que parece “natural” que los estudiantes presenten dificultades para construir uno

explícito; (b) el dogmatismo y la intolerancia en tanto que el *conocimiento oficial* se encuentra definido desde fuera, desde las instancias de poder; la imposición y el individualismo, ya que son premiados socialmente mediante los sistemas de pruebas. En la medida que las NTIC condicionan ciertos sistemas de prácticas sociales, que perpetúan dicha visión hegemónica, es crucial hacer explícito el desarrollo de *acciones complejas* como parte de sistemas de prácticas complejizadas y renovadoras. De este modo, el desarrollo de un *pensamiento complejo* será condición necesaria para transformar la escuela.

Esta afirmación requiere una precisión epistemológica desde la perspectiva del proyecto IRES: la tesis de desarrollar *pensamiento complejo* en los estudiantes siempre ha estado ligada a preparar ciudadanos para *actuar críticamente* ante los problemas del medio (socioambientales) que les presenta la realidad actual. Dicha afirmación descansa en la convicción que se tiene sobre que pensamiento y acción deben mantener una constante interrelación; como ejemplo tomemos las palabras de García-Díaz (2004) en el ámbito de la Educación Ambiental:

“La idea de integración de perspectivas no es más que la consecuencia de adoptar los planteamientos de una cosmovisión compleja, en concreto el principio de la complementariedad. Dicho principio supone:

[...]

- El tratamiento integrado de los contenidos, intentando el desarrollo armónico de los ámbitos conceptual, procedimental, actitudinal y afectivo; procurando no dissociar el pensamiento de la acción; ni los aspectos organizativos de los dinámicos (cruce del *qué* con el *cómo* en la *hipótesis de progresión* y en los itinerarios propios de la *metodología por investigación*).” (p. 194)

Este planteamiento se hace a sabiendas de que interrelacionar pensamiento y acción es de una extrema complejidad, pero *confiando en que la construcción de un pensamiento complejo potenciará la construcción de una acción del mismo talante*. Aun así, existen estudios que muestran que incluso profesores innovadores y críticos, con un alto nivel de producción académica en el área, renuncian a la realización de prácticas de mayor complejidad evidenciando como obstáculo la incertidumbre que se posee en lo relacionado con la *estabilidad laboral* al interior del sistema escolar¹⁰⁰ (García-Díaz, Luna, Jiménez y Wamba, 1999).

La especificidad del problema en el marco de la ecuación social propuesta (figura 2.6) es que ya no podemos reflexionar bajo una estructura *sujeto → objeto*; la cual se asume desde la perspectiva moderna de la acción, en la que los sujetos aparecemos como los grandes determinadores de lo que podemos realizar en nuestros *sistemas de prácticas*. La gran diferencia consiste en que las *inforealidades*,

¹⁰⁰ Este es un ejemplo concreto en el que la restricción de mejores posibilidades laborales obstaculiza procesos de complejización de la práctica profesional.

como parte constituyente de los objetos, nos proponen y pueden *incorporarnos* como sujetos en un amplio entramado de acciones posibles, que tienen la potencialidad de parecernos suficientes como “Universo”. *Es así que las nuevas tecnologías, en un marco social e ideológico de corte hegemónico, al tecnificarnos (funcionando sujeto y objeto de manera acoplada y a-crítica) nos imponen sistemas de prácticas específicas.*¹⁰¹ *Objetos que fueron construidos por personas y grupos sociales, con sus propios intereses de diseño.*

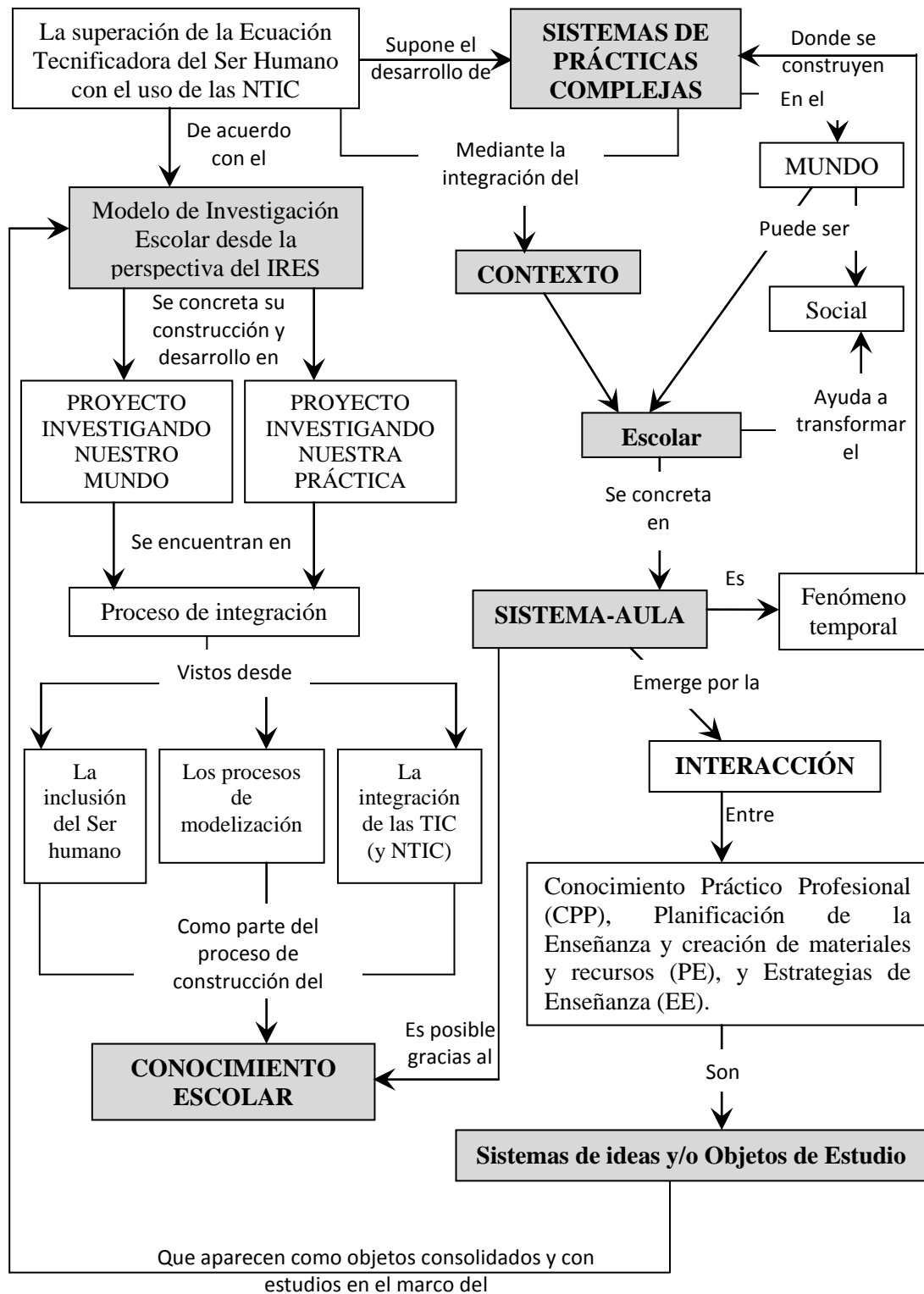
Queda así constatado que es necesario incorporar como propósito didáctico construir pensamiento y acciones complejas. Una forma de enfrentar de manera explícita dicha estructura de tecnificación del ser humano será develando el núcleo mismo de las *inforealidades*, pues por su propia naturaleza son y tan sólo pueden representar *sistemas triviales*; lo que supone la construcción de modelos (*modelización*) y programas bajo ciertas condiciones específicas. En el siguiente capítulo se mostrará la importancia de este proceso de *modelización*; con un papel relevante en la promoción del total de las transiciones, que se ha defendido no promueven por sí solas las nuevas tecnologías (figura 2.7, tabla 2.4).

¹⁰¹ Esta expresión podría usarse para mirar hacia atrás y entender las anteriores tecnologías, la diferencia radicaría en que las anteriores tecnologías (impresión, automóvil, lápiz y papel) no poseían el potencial de ser concebidas como una verdadera experiencia y por tanto darnos la sensación de ser todo un Universo.

Capítulo 3:
**Un modelo de sistema-aula para estudiar la
integración de las NTIC en los procesos de
enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva del
MIE**

Índice Capítulo 3

- 3.1. **Cuestiones e informaciones sobresalientes hasta este punto**
- 3.2. **Las NTIC y la relación con el Contexto como esencial para superar desde la Escuela la ecuación tecnificadora**
 - 3.2.1. *¿Qué son las NTIC?*
 - 3.2.2. *La necesidad de integrar el Contexto para superar la ecuación tecnificadora mediante las NTIC*
- 3.3. **La complementariedad entre los procesos de conceptualización y modelización en la perspectiva del Programa IRES**
 - 3.3.1. *Rasgos generales del Programa IRES (Investigación y Renovación Escolar)*
 - 3.3.2. *El Proyecto Investigando Nuestro Mundo y el desarrollo profesional a la luz de la dinámica del aula*
 - 3.3.3. *El Proyecto Investigando Nuestra Práctica y el desarrollo profesional a la luz de la evolución del conocimiento profesional del profesorado*
 - 3.3.4. *Algunos movimientos de integración al interior del Programa IRES*
 - 3.3.5. *La presencia simultánea de los procesos de modelización y conceptualización en la ciencia*
 - 3.3.6. *La complementariedad entre componentes sobresalientes de conceptos y modelos*
 - 3.3.7. *La transferencia de la complementariedad entre modelos y conceptos al Conocimiento Escolar (CE) en el marco del Programa IRES*
- 3.4. **Un modelo de sistema-aula: componentes y principios de trabajo**
 - 3.4.1. *La relación entre los sistemas de ideas invariantes y su relación con el desarrollo profesional*
 - 3.4.2. *Presupuestos y cuestiones alrededor del papel del modelo de sistema-aula en esta investigación*
 - 3.4.3. *Modelo de sistema-aula propuesto para este trabajo*



Red de Ideas que sirve de síntesis del Capítulo 3: Un modelo de sistema-aula para estudiar la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva del MIE

[...] *Los hombres demuestran su racionalidad, no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los defectos de sus procedimientos anteriores y superándolos. Aquí, nuevamente, las nociones fundamentales son las de <<adaptación>> y <<exigencia>>, más que la de <<forma>> y <<validez>>. [...]*

Stephen Toulmin. *La comprensión humana. I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos* (1977:12)

En el capítulo 1 se habló, respecto a los profesores de ciencias, de que la relación entre *acción* y *pensamiento pedagógicos* ha sido apenas estudiada de manera sistemática en la historia de la investigación educativa (Álvarez, 2011); si bien, ha sido posible encontrar algunas tendencias y marcos de trabajo que contribuyen a comprender el aula como un sistema complejo. Luego, en el capítulo 2, se vio que el uso de las NTIC en la vida social, en general, puede conllevar procesos de tecnificación del ser humano (figura 2.6); para lo que se hace necesario considerar como propósito didáctico la construcción de *pensamiento* y *acciones complejas*.

La inevitable presencia de una dinámica común en el plano del profesorado y de los estudiantes, *la relación entre acción y pensamiento*, obliga a delimitar nuestro objeto de estudio. Nos sitúa hacia el *sistema-aula* como el escenario teórico y práctico fundamental en el que *las interacciones entre estudiantes y profesores* contienen y exigen, para su realización, que acción y pensamiento de profesores y estudiantes se pongan en juego. Igualmente, la integración de acción y pensamiento es un indicador del grado de *desarrollo profesional* del profesorado (Porlán y Rivero, 1998).

De esta forma, se muestra que la trayectoria conceptual de los dos capítulos anteriores adquiere mayor sentido. Se busca encontrar un marco conceptual que haga posible indagar la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva del MIE. Precisamente este es el papel del presente capítulo, presentar un modelo de *sistema-aula* que permita el estudio de dicha integración.

Para llevar a cabo esta tarea se presenta una síntesis de los aspectos destacables del primer (tabla 3.1) y segundo capítulos. A continuación se presenta un mejor desarrollo del concepto de *nuevas tecnologías de la información y la comunicación* (NTIC), compromiso hecho con anterioridad. Posteriormente se defenderá, en el mismo orden, que: *i*) la *ecuación tecnificadora* ([figura 2.6](#)) en la que pueden incurrir los ciudadanos desde una perspectiva social, puede romperse didácticamente con la explícita integración del contexto; *ii*) siguiendo esta tesis, en el marco de los principios del programa IRES, y con base en la perspectiva de Stephen Toulmin y otros autores, se mostrará que en la evolución de las ciencias los procesos de conceptualización (con los sistemas conceptuales como producto), y los procesos de modelización (con los modelos como producto) pueden considerarse complementarios; *iii*) dicha indagación, desde una perspectiva escolar, exige responder a la pregunta acerca de la forma en que ocurren al interior de las aulas de clase, como parte de la evolución del conocimiento escolar; por lo que se ha hecho necesario reunir aportes desde la investigación, que sustentan que dicha complementariedad puede también llevarse a las aulas de clase, teniendo como referente teórico la *hipótesis de integración-enriquecimiento del conocimiento cotidiano* (García-Díaz, 1998); *iv*) como cierre del capítulo, integrando lo anterior, se expone un modelo de sistema-aula desde la perspectiva del MIE, que será el referente ontológico básico para el desarrollo de la investigación.

3.1. Cuestiones e información sobresaliente hasta este punto

El primer capítulo se orientó como una revisión bibliográfica de diversas investigaciones cercanas a la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física. Para cumplir dicha tarea se exploraron tres criterios sobre dimensiones identificables en los trabajos académicos (corrientes de trabajo relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, trabajos sobre las NTIC en ciencias), desde una perspectiva didáctica: a) La Ontológica ([figura 1.1a](#)), centrada en la identificación del tipo de objetos de estudio que presentan; b) la Ideológica ([figura 1.1b](#)) tomada en relación con las diferentes formas en las que se concibe el conocimiento escolar; c) la Epistemológica ([figura 1.1c](#)) enfocada a la construcción del conocimiento escolar, en el marco de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Al cruzar estas dimensiones se obtuvieron tendencias (figuras 1.9, 1.10, 1.11) que han permitido sustentar diversos interrogantes de interés y planteamientos de síntesis (tabla 3.1); los cuales son uno de los insumos fundamentales de este capítulo y del Diseño Metodológico de la investigación; otros tan sólo serán solucionados, en parte, en el apartado de Conclusiones Generales de la investigación (capítulo 5).

Tales cuestiones y planteamientos no pueden ser respondidos desde cualquier opción teórica, sino que requieren que sean contestadas desde un marco teórico particular; para este caso, el Programa *Investigación y Renovación Escolar* (IRES), desde el cual se propugna por un Modelo Didáctico de Investigación en la Escuela (MIE), que en su interior reúne iniciativas diversas. Al respecto debe comprenderse que (García-Pérez y Porlán, 2000):

“La ampliación del área de influencia del proyecto IRES, dentro de su dinámica de grupo abierto y flexible (con una mínima estructura organizativa), por una parte y, por otra, la dedicación de muchos de sus miembros, en los últimos años, a tareas de investigación destinadas a la mejor fundamentación del proyecto han dado lugar a una situación en la que el primitivo proyecto se ha ido consolidando teóricamente (con una importante producción investigadora), al tiempo que la investigación curricular se halla en una situación más dispersa. *Así, el IRES puede ser considerado en la actualidad como un amplio y diversificado programa de investigación educativa que actúa como “paraguas” bajo el que se acogen cierta variedad de iniciativas y de grupos, [...]* [Las itálicas son nuestras]. (s.p.)

Ontológico-Epistemológico [Sobre la forma en que se conciben los objetos y los métodos propuestos para su estudio]	Ontológico-Ideológico [Sobre la manera en que el conocimiento escolar (CE) se relaciona con los objetos de estudio]	Ideológico-Epistemológico [La relación entre el conocimiento escolar y la manera en que se considera la construcción]
<p>¿Preferimos la interacción <i>profesor-estudiante</i> al <i>sistema-aula</i> o viceversa?</p> <p>¿Cuál es el papel que poseen las <i>tareas y actividades de enseñanza</i>, la reflexión en la caracterización del desarrollo?</p> <p>¿Qué papel juega la <i>modelización</i> en la construcción de dichos recursos?</p>	<p>¿Es posible organizar el CE en Física alrededor de aproximaciones al medio, la indagación de problemas socioambientales y la integración de fuentes diversas?</p> <p>¿Qué papel juegan los modelos “ideales” de la Física en la construcción de este tipo de CE?</p>	<p>¿Cuáles son los elementos que permiten a los profesores pasar de posiciones alineadas con una tendencia <i>eficaz</i> hacia otra donde el logro de procesos de enseñanza-aprendizaje complejos cumpla el propósito de formar ciudadanos críticos que están en capacidad de aportar en la superación de dichos problemas socioambientales?</p> <p>¿Cuáles son los límites de su actuación reflexiva?</p>
Planteamientos de síntesis		
Sistemas de ideas	El sistema-aula, la modelización y la construcción de pensamiento complejo para...	
<ul style="list-style-type: none"> - El Conocimiento del Profesorado como un Conocimiento Práctico Profesional (Porlán y Rivero, 1998). - El estudio de las Prácticas de Enseñanza mediante el concepto de Estrategias de Enseñanza (Cañal, 1998, 2000a). - La Planificación de la Enseñanza y la creación de recursos (Jackson, 1975 [1968]). 	El sistema-aula se concibe para hacerse intencionalmente más complejo. Cuando no es posible lograrlo hablaremos de la presencia de un <i>obstáculo</i> en el marco de las dificultades sistémicas del aula, que imposibilita el logro de mayores niveles de complejidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje.	

Tabla 3.1. Síntesis de las cuestiones y planteamientos sobresalientes obtenidos en el Capítulo 1.

Respecto al segundo capítulo, se acepta desde esta perspectiva que “la renovación y el cambio en la escuela constituirían un caso particular de un problema más amplio y general: el cambio social” (García-Pérez y Porlán, 2000:

s.p.). Se ha explorado, desde el plano social, el papel de las NTIC en la Sociedad de la Información y el Conocimiento, describiendo la manera en que es posible *tecnificar* al ser humano. Este asunto de corte ideológico, y de alto interés desde el Programa IRES, nos ha llevado a postular que al lado de la preocupación didáctica por desarrollar un *pensamiento complejo* (García-Díaz, 1998), también se hace necesario construir *acciones complejas* como una forma explícita de enfrentar dicha estructura de tecnificación desde la escuela.

3.2. Las NTIC y la relación con el Contexto como esencial para superar desde la Escuela la ecuación tecnificadora

3.2.1. ¿Qué son las NTIC?

Es común encontrar que, en el proceso de definición de las TIC, algunos autores acepten o descarten (p.e. Sanabria, 2005; Henríquez, 2002) el término *nuevas* en la medida que se considera que cada nueva novedad en los desarrollos tecnológicos debería ser etiquetada de la misma forma, haciéndose anticuada la que ya había sido considerada novedosa. Anteriormente habíamos afirmado que aceptamos la etiqueta de nuevas TIC ó NTIC como una subfamilia de las TIC. Ahora se hace necesario que sustentemos dicha elección como parte del proceso de explicación de lo que son dichas tecnologías.

Para hacerlo aprovecharemos las características más distintivas que Cabero (2001, citado por Henríquez, 2002:88-89) sintetiza en los siguientes rasgos de las TIC: (1) *Inmaterialidad* (materia prima es la información), (2) *Interactividad* (permite a los usuarios jugar un papel activo), (3) *Instantaneidad* (permite romper las barreras espacio-temporales), (4) *Innovación* (permite mejorar y cambiar los aspectos y procesos en los que interviene), (5) *Elevados parámetros de calidad de imagen y sonido*, (6) *Digitalización*, (7) *Penetración en todos los sectores*, (8) *Automatización* (pueden controlar actividades con niveles de seguridad y fiabilidad poco posibles con otro tipo de control), (9) *Interconexión* (es posible combinarlas aumentando sus posibilidades), (10) *Diversidad*, y (11) *Capacidad de Almacenamiento* (pueden acopiarse en poco espacio grandes volúmenes de información).

En el universo de estas características, considerando que las TIC hacen parte de las tecnologías y que a su vez las NTIC son una subfamilia de las TIC, se ha tomado aquí la tesis que comparten Tapscott (1997, citado por Brunner, 2000) y Adell (1997): La *Interactividad* es una de las características distintivas de las NTIC, precisamente lo que permite que a algunos medios se les denomine *medios digitales*, mientras que los anteriores se llamarían *medios analógicos*, definiendo las características de lo que sería una *sala de clases interactiva* (figura 3.1, elaborada a partir de Brunner, 2000). Estos medios digitales, como su nombre indica, se sostienen en tecnologías que para su desarrollo requieren la *Digitalización* de

Sistemas; estos es, la creación de *Inforealidades* que se sujetan a programas. *Son precisamente estas tecnologías las que permiten que emisor y receptor (o programa) intercambien información y roles; las que aquí se denominan nuevas tecnologías de la información y la comunicación, de forma simplificada NTIC.*¹⁰²

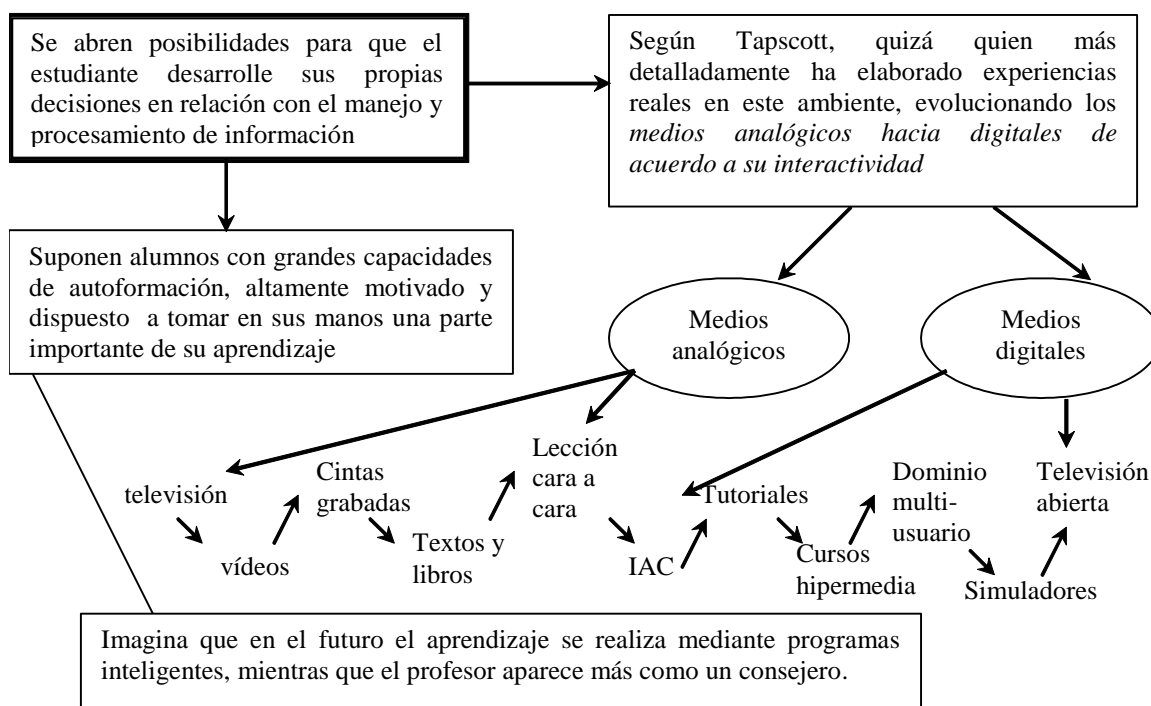


Figura 3.1. Escenario NTIC en la Educación: *una sala de clases interactiva.*

Respecto a la tecnología y su relación con la ciencia, la nueva versión de la ciencia como una tecnociencia –de la que nos hemos servido anteriormente– desconoce que, por un lado, se reconocen diferentes maneras de concebir las relaciones entre ciencia y tecnología (Niiniluoto, I., 1997; Durbin, P., 2006) tomando como base referencias de comportamientos históricos de estas relaciones, superando el simple objetivo de construir para el sistema productivo, lo que hace posible su diferenciación (Acevedo, 2002). Nuestra referencia es que ciencia y tecnología, como lo defiende Niiniluoto (1997) se encuentran en constante interacción dinámica, presentando diferencias entre sus objetivos, resultados y pautas de desarrollo. Así se ha mostrado en el capítulo anterior, donde se ha explorado la tesis de que la ciencia moderna aparece a la par de la tecnología; en el campo de la Física este fenómeno se ha hecho patente (figura 2.2).

¹⁰² Consideramos que desde esta perspectiva la Interactividad y la posibilidad de Digitalización son precisamente el carácter revolucionario que las hace nuevas. Superar este estadio de revolución tecnológica no es nada sencillo, pues requeriría –por ejemplo– la creación de Inteligencia Artificial Creativa [equivalente a la humana, p.e.], haciendo factible que la máquina relacione Inforealidad y Contexto, como lo sugiere la película *Matrix*, superando las posibilidades de construcción de programas bastante limitados [a pesar de su gran complejidad siguen funcionando como sistemas lógicamente cerrados] hoy en día.

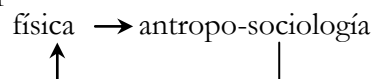
Igualmente, si es posible ligar desarrollo tecnológico y científico, lo es porque media intervención estatal, política, más allá de la “natural” relación entre ellas (Castells, 1997; citado por Sanabria, 2005).¹⁰³ En este contexto, el capítulo 2 expresa nuestras preocupaciones sobre las NTIC en la sociedad, la identificación de una ecuación tecnificadora y las posibilidades de transformación social que podemos apoyar desde la escuela; estrategia que se presenta y argumenta en el siguiente apartado.

3.2.2. La necesidad de integrar el Contexto para superar la ecuación tecnificadora mediante las NTIC

Una definición de Con-texto¹⁰⁴ se refiere a los elementos que acompañan la producción del texto que se considera central en un específico fenómeno comunicativo. Para el caso de la ecuación tecnificadora (figura 2.6), identificada como una estructura, que se puede dar alrededor de las NTIC, gracias a la posibilidad de producir *inforealidades* mediante ellas, la integración del Contexto consistiría en poner a disposición de los estudiantes los elementos que acompañan la construcción de éstas: el tipo de sistemas que representa, el tipo de relación con la realidad, los programas propuestos y la información que ha servido para codificar dicha inforealidad. *De esta manera se busca que el conocimiento (praxis) del ser humano supere la Inforealidad como Universo, permitiéndole un meta-conocimiento que expanda sus acciones posibles más allá del estrecho marco que le permite una específica Inforealidad.*

Esta solución opera como una expresión específica de la tesis de Morin (2001 [1977]) en relación con la superación de los procesos de *simplificación de la realidad* -en este caso, en la medida que la realidad se reduce como Universo a la Inforealidad-; en sus propias palabras en *El Método 1* propone:

“Conservar la circularidad es, quizás a la vez, abrir la posibilidad de un conocimiento que reflexiona sobre sí mismo; en efecto, la circularidad



y la circularidad

sujeto → objeto

deben llevar al físico a reflexionar sobre los caracteres culturales y sociales de su ciencia, sobre su propio espíritu y conducirlo a interrogarse sobre sí mismo. Como nos lo indica el *cogito* cartesiano, el sujeto surge en y por el movimiento reflexivo del pensamiento sobre el pensamiento.

¹⁰³ Es el caso del llamado milagro chino, donde el estado se ha propuesto obtener desarrollos tecnológicos y científicos que lleven a China a un lugar económico privilegiado en el mundo.

¹⁰⁴ Más adelante, la idea de Contexto se ampliará en el ámbito de la discusión sobre la Hipótesis de Enriquecimiento del Conocimiento Cotidiano.

Concebir la circularidad es, desde ahora, abrir la posibilidad de un método que, al hacer interactuar los términos que se remiten unos a otros, se haría productivo, a través de estos procesos y cambios, de un conocimiento complejo que comporte su propia reflexividad.

Así vemos surgir la esperanza de lo que producía la desesperación del pensamiento simplificante: la paradoja, la antinomia, el círculo vicioso. *Entreveamos la posibilidad de transformar los círculos viciosos en círculos virtuosos, que lleguen a ser reflexivos y generadores de un pensamiento complejo.* De ahí esta idea que guiará nuestra partida: no hay que romper nuestras circularidades, *por el contrario, hay que velar para no apartarse de ellas.* El círculo será nuestra rueda, nuestra ruta espiral.” (p.32)

Un ejemplo concreto de este asunto puede ubicarse en algunos de los hallazgos de la tesis doctoral de Vasques-Brandão (2012), enfocada hacia el uso de una estrategia de modelaje didáctico-científico para la conceptualización de lo Real en Física. En uno de los estudios que propone en su investigación -ilustrativo de lo que acabamos de afirmar respecto a lograr que los estudiantes establezcan relaciones con el contexto de trabajo-, el investigador pide a los participantes en el estudio (estudiantes de nivel postgradual en Enseñanza de la Física, pregraduados en Física e Ingeniería y profesores de escuela media) contribuir con sus conocimientos sobre Ciencia y Modelos; luego, los involucra en tareas de modelización apoyadas en el programa *Modellus*, haciendo posible que ellos elaboren, defiendan y revisen sus propuestas.

Entre las conclusiones más destacadas, relacionadas con el estudio del Contexto, se encuentran:

- Profesores y estudiantes no suelen pensar en la naturaleza, construcción, validación y revisión de los modelos científicos en el contexto educativo (p.142).
- Las actividades que se usaron para concienciar a los profesores sobre la modelación científica arrojaron que existen dificultades para: (i) identificar referentes, variables, idealizaciones y aproximaciones envueltas en la construcción de modelos; (ii) valorar el dominio de validez y el grado de precisión de los resultados con ellos obtenidos en su validación (p.143); (iii) identificar el sistema físico de interés en la simulación computacional, incluyendo no sólo los elementos que la constituyen (p.146).
- El trabajo con los profesores permitió avanzar en: (i) la comprensión acerca de la naturaleza de los modelos didáctico-científicos; (ii) análisis de la razonabilidad de las soluciones halladas con modelos didáctico-científicos de Física (p.147).

De esta forma el trabajo conjunto, como parte del proceso de formación, alrededor de la construcción de modelos en Física –inevitablemente integrantes de las Inforealidades, como en el caso del programa *Modellus*- se muestra

relevante. El desconocimiento en la construcción de un conocimiento complejo por parte de los profesores, no se ha hecho patente en la comprensión de una Inforealidad particular [p.e. la simulación de una partícula siguiendo una trayectoria parabólica]¹⁰⁵, en la que el usuario (el profesor) reduce su Universo y su conocimiento a dicha Inforealidad. Este caso, donde la ecuación tecnificadora ([figura 2.6](#)) se hace evidente, ésta se transforma en una situación *llena de dificultades* cuando a los profesores se les pide que construyan el modelo mismo.¹⁰⁶

Este planteamiento de Vasques-Brandão (2012) lleva a un conocimiento que reflexiona sobre sí mismo a través de las circularidades que se dan entre los conocimientos físicos y antro-po-sociológicos, el sujeto y el objeto. Respecto a la construcción de un pensamiento complejo, sosteníamos en el capítulo 2 que las Inforealidades, por su propia naturaleza, cubrían la mayor parte de las dimensiones (en especial los procesos cognitivos y el conocimiento metadisciplinar) y transiciones ([figura 2.7](#)) propuestas por García-Díaz (1998). En contraste, sosteníamos que las Inforealidades no garantizan la transición hacia un *pensamiento explícito* [Procesos Cognitivos Implicados], el logro del *relativismo, tolerancia, autonomía moral, la negociación, la solidaridad y la cooperación* [Ámbito Actitudinal]. Por lo que sostenemos que se hace necesario desarrollar también *acciones complejas*, como ha ocurrido en dicho estudio, pues al incluirlas se termina por convertir el proceso de formación en espacios donde las transiciones anteriores hacen parte del trabajo colectivo.

Hasta este punto, mostrar la forma en que es posible romper la ecuación tecnificadora desde la escuela, es apenas un indicio que ilustra sobre dicho proceso. A continuación se mostrará que es posible concebir la evolución conceptual y la creación de modelos como procesos complementarios en la evolución de las ciencias desde la perspectiva del Programa IRES Y que, en la actualidad, es factible apoyar en investigaciones diversas la transferencia de dicho comportamiento al proceso de construcción del conocimiento escolar.

3.3. La complementariedad entre los procesos de conceptualización y modelización en la perspectiva del Programa IRES

Actualmente, en Didáctica de las Ciencias, los constructos *conceptos (y procesos de conceptualización)* y *modelos (y procesos de modelización)* reciben diversos tratamientos. Mientras para el recién citado Vasques-Brandão (2012), apoyado en los

¹⁰⁵ De hecho, varios de los profesores ya hacían uso de dichos programas en la escuela media, como parte de la enseñanza de la física.

¹⁰⁶ Debe notarse que en este caso particular la superación de la ecuación tecnificadora no se hace pidiendo a los profesores que conozcan el programa *Modellus* por dentro (sus códigos y demás), sino por el tipo de construcciones que pueden hacer con el propósito de construir lo Real, más allá de ser los usuarios de una simulación particular.

planteamientos epistemológicos de Bunge, en un mismo sujeto los modelos conceptuales (*objetos-modelo*) son anteriores a los modelos teóricos [explicaciones que una teoría puede producir sobre el objeto-modelo] (p.25); para Rea-Ramírez y otros (2008), en el aprendizaje de las ciencias la Co-construcción basada en modelos marca una nueva etapa en las teorías sobre el aprendizaje ([figura 1.3](#)) que supera la basada en el cambio conceptual. De modo similar se plantea dicha progresión histórica por Gutiérrez (2004), refiriéndose a los modelos mentales. Para Duschl (1995), Van Driel y Verloop (1999), Giere (1999), Adúriz-Bravo y Morales (2002), Justi (2003), Islas y Pessa (2003), Tiberghien y otros (2009), los modelos son núcleo fundamental de las teorías científicas y de la enseñanza de la ciencia. Para Vosniadou (2012), Greca y Moreira (2002), es posible encontrar desarrollos en los que modelos y conceptos se combinan de formas particulares, haciéndose complementarios.

No sería una exageración defender que en la actualidad se distinguen varias corrientes según la forma en que se entienden los constructos *concepto* y *modelo*. Particularmente, el Programa IRES ha privilegiado el uso de los primeros cuando del conocimiento escolar (y del aprendizaje) se ha tratado, siendo los segundos mencionados en relación con el estudio de las Prácticas de Enseñanza y del Conocimiento del Profesorado. De aquí que sea necesario conocer los rasgos generales del Programa y de los estudios principales sobre las Prácticas de Enseñanza y el Conocimiento del Profesorado.

3.3.1. Rasgos generales del Programa IRES (*Investigación y Renovación Escolar*)

De acuerdo con García-Pérez y Porlán (2000):

“En 1991 el grupo de investigación entonces denominado Investigación en la Escuela publica los primeros materiales que constituyen la base del Proyecto Curricular *Investigación y Renovación Escolar* (IRES). El grupo Investigación en la Escuela había surgido en la entonces Escuela de Magisterio de la Universidad de Sevilla por iniciativa de Rafael Porlán y Pedro Cañal (profesores de Ciencias de dicha Escuela), con quienes colabora desde los primeros momentos J. Eduardo García (profesor de Ciencias Naturales de Enseñanzas Medias). Desde sus comienzos, se pretende integrar en el grupo a los profesores del nivel universitario, de enseñanzas medias y de enseñanza primaria, así como de diversas áreas, manteniendo una estructura organizativa mínima, que permita actuaciones muy variadas y flexibles, lo que hace a este grupo similar a otros colectivos de renovación pedagógica en muchos de sus objetivos, pero diferente por otras pretensiones, sobre todo, por su peculiar organización.” (s.p.)

Desde entonces ha mantenido un liderazgo dinámico en: a) la realización de Jornadas nacionales e internacionales del profesorado; b) la consolidación de la revista *Investigación en la Escuela*, que se empieza a editar en 1987 y se mantiene en la actualidad; c) calidad de un programa de investigación que pretende incidir en la cultura escolar, construyendo espacios de una cultura alternativa; d)

participación activa de sus integrantes mediante el sitio web de sus proyectos¹⁰⁷ y publicaciones de alto impacto en la Didáctica de las Ciencias.

El programa IRES propugna un compromiso social explícito hacia la construcción de una cultura alternativa a la tradicional, en la medida en que se puedan introducir en el sistema educativo mayor diversidad, libertad y autonomía que la favorezcan. Así, como piedra angular del proyecto se establece que este cambio no es asunto de nuevos diseños curriculares ni tampoco de la realización de experiencias escolares innovadoras progresistas y puntuales. Más bien que –al desarrollarse con la pretensión de superar el pensamiento dominante y en el marco legal que lo sustenta– deben articularse los procesos de experimentación curricular con la investigación educativa, haciendo posible el desarrollo profesional.

De esta forma se dan respuestas consistentes a varios asuntos de importancia (figuras 3.2, 3.3):

1. El MIE tiene un estatuto epistemológico que no coincide con el de las teorías científicas ni con las concepciones habituales que tienen los profesores; es *una teoría de la práctica y para la práctica escolar* que busca superar la rígida separación epistemológica entre ciencia, ideología y cotidianidad.
2. En este modelo didáctico “lo didáctico se define como un espacio no para el conocimiento académico sino para la integración y complejización de diversos tipos de conocimiento, con el objetivo de transformar la escuela de forma significativa.” (Íbid., s.p.).
3. En esta perspectiva la escuela ha de tender a construir su propio conocimiento, llamado escolar; de modo que una escuela alternativa ha de favorecer la construcción de un conocimiento escolar deseable, caracterizado por la construcción de un pensamiento complejo y sistemas de prácticas que le permitan a los estudiantes afrontar con éxito los retos de la Sociedad en la que se desenvuelven.

¹⁰⁷ La dirección electrónica oficial de Red IRES, vertiente derivada del Programa y orientada hacia la acción político-social es: <http://www.redires.net/>; de la revista es <http://www.investigacionenlaescuela.es/>; de la red de investigación escolar, con el soporte y apoyo para construir y publicar materiales escolares es www.investigacionescolar.es.

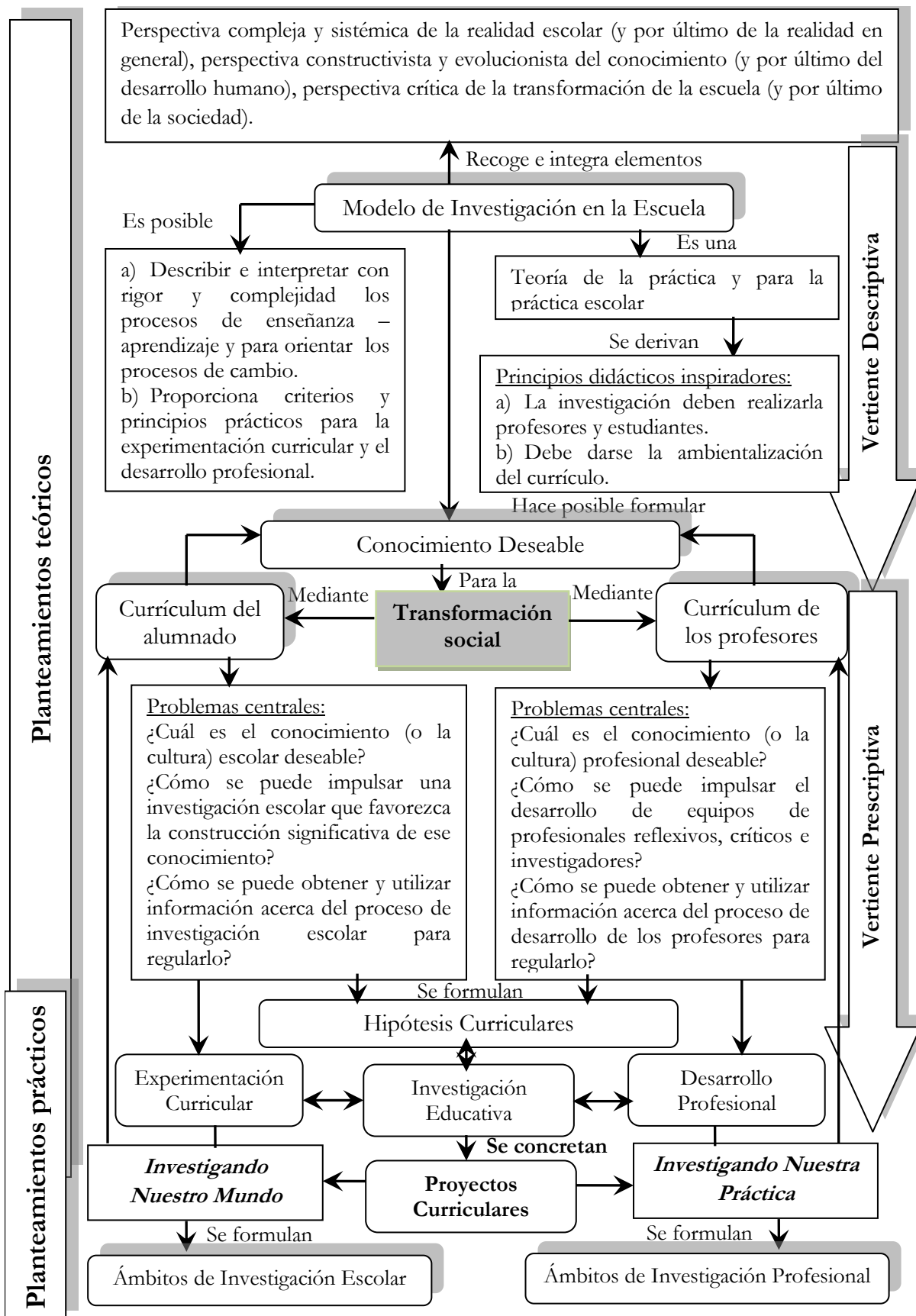


Figura 3.2. Red de ideas que sintetiza los planteamientos teóricos y prácticos del IRES. Basada en los planteamientos de García-Pérez y Porlán (2000).

Por tanto, la pretensión de integrar la teoría y la práctica, empresa compleja, tiene contestación desde los planteamientos del programa, también en una perspectiva compleja. Este planteamiento permite superar la visión antagónica entre la dimensión científico-técnica del cambio educativo (modelos tecnológicos) frente a su dimensión político-social (modelos ideológicos), vistas como respuestas simplificadas a un fenómeno también complejo.

En esta línea, el MIE resulta de una integración consistente entre sus fuentes (figura 3.2), síntesis compleja de los planteamientos del cambio educativo desde su dimensión científico-técnica y su dimensión político-social.

Asumiendo la investigación como matriz básica de la enseñanza y del aprendizaje, el MIE sirve para orientar el análisis de la realidad educativa y orienta la intervención transformadora en dicha realidad. Por tanto, como síntesis crítica del cambio social, constructivista y evolucionista del conocimiento y el desarrollo humano, que contempla también el carácter sistémico y complejo de la realidad (escolar), puede decirse que el mismo dota de sentido las actuaciones profesionales, dejando de lado la presunta neutralidad de la intervención del profesorado.

La dimensión científico-técnica del cambio educativo (modelos tecnológicos)	Frente a	La dimensión político social (modelos ideológicos)
La dimensión predominantemente pedagógica del cambio (modelos centrados en la enseñanza del profesor)	Frente a	Su dimensión predominantemente psicológica (modelos centrados en el aprendizaje y en los alumnos)
La dimensión teórica del cambio (modelos racionales externos a la escuela, vinculados a la investigación académica)	Frente a	Su dimensión práctica (modelos fenomenológicos vinculados a la innovación pedagógica de los profesores)
La dimensión finalista del cambio (modelos centrados en metas)	Frente a	Su dimensión procesual (modelos centrados en procedimientos)
La dimensión conceptual del cambio (modelos centrados en conceptos)	Frente a	Su dimensión actitudinal (modelos centrados en intereses, valores, etc.)
La dimensión A-general de la Didáctica (modelos centrados en los A-contenidos)	Frente a	Las dimensiones específicas de la Didáctica (modelos centrados en los contenidos disciplinares)

Figura 3.3. Antagonismos entre la dimensión científico- tecnológica del cambio educativo frente a su dimensión político-social. Tomada de García-Pérez y Porlán (2000).

Así que, se interviene para promover el desarrollo del alumnado, pero también el desarrollo profesional del profesorado; lo que se hace mediante formulaciones

curriculares (del alumnado y de los profesores) de carácter general. Ésta elección obedece a la ausente pretensión del programa IRES en desarrollar propuestas curriculares, generalizables a todo el profesorado, en calidad de una formulación acabada y hecha para aplicar de inmediato en las aulas de clase. Se considera necesario, en cambio, promover el desarrollo de equipos profesionales, reflexivos y críticos que hagan realidad esa transformación social (figura 3.2).

Siendo consecuentes, al interior de la propuesta *Investigando Nuestro Mundo* (en el área socio-natural) (GIE, 1991; Cañal, Pozuelos y Travé, 2005), se reconocen tres niveles de formulación y concreción:¹⁰⁸ a) se define el conocimiento metadisciplinar (integrando aportes ideológicos, epistemológicos y ontológicos), que sirve de referente para elaborar el conocimiento escolar; b) se tienen en cuenta las diferentes aportaciones desde distintos campos de conocimiento, constituyendo tramas de referencia de las cuales se pueden elegir contenidos relevantes; c) en una mayor concreción de naturaleza didáctica, se delimitan diversos *Ámbitos de Investigación Escolar*, que permiten organizar el trabajo, integrado (de investigación, de diseño curricular y de formación de profesores), en torno a grandes campos, en los que es posible ir desde las reflexiones de fundamentación hasta la elaboración de materiales para el aula, permitiendo la concreción de unidades didácticas relativas a dichos ámbitos (García-Pérez y Porlán, 2000: s.p.).

Otro tanto ocurre con la propuesta centrada en el desarrollo de los profesores, *Investigando Nuestra Práctica*,¹⁰⁹ que posee como piedra angular una comprensión compleja de la práctica profesional, en el marco de la necesaria relación entre teoría y práctica profesional. Se cuestiona la idea simplificada de identificarla con la actuación profesional, sin tener en cuenta que es un saber que posee componentes declarativos (las creencias y los principios del profesorado), un *saber hacer* (las rutinas y los guiones de acción) y otra muy distinta, el comportamiento real. Se llama la atención sobre que se tiende a ignorar que estas tres dimensiones, en especial lo comportamental, se ven afectadas por conjuntos de significados –propios de los estereotipos sociales– dominantes acerca de la enseñanza y el aprendizaje.

Bajo esta premisa, se defiende la tesis de que “a través de la investigación de una serie de problemas prácticos y relevantes, los profesores pueden aprender a relacionar las rutinas de clase, las creencias y principios de actuación elaborados conscientemente y las teorías y los conocimientos teóricos de las distintas

¹⁰⁸ Un ejemplo concreto de este desarrollo puede observarse en el libro *La Economía y su didáctica en la educación obligatoria* (Travé, G., 1999).

¹⁰⁹ Como ejemplos de este trabajo pueden consultarse las tesis doctorales de los siguientes autores: Ballenilla (2003); De Alba (2004); Valbuena Ussa (2007).

disciplinas; así podrán mejorar tanto sus modelos conceptuales como sus esquemas de acción.” (Íbid., s.p.).

La idea que se materializa en una propuesta curricular, que se concreta didácticamente mediante la formulación de *Ámbitos de Investigación Profesional* de dos tipos: a) analíticos, por centrarse en un elemento del currículum del alumno (la materia que se enseña, el papel de sus concepciones, el tratamiento de los contenidos, la metodología, la evaluación); y b) sintéticos, porque abordan el currículum de forma sintética, con diversos grados de complejidad (diseño de una unidad didáctica, programación de un curso, modelo didáctico personal). Estos son presentados a los profesores como materiales de trabajo.

Componentes del modelo didáctico	Modelo de Investigación en la Escuela (Principios) – Tomados de García-Pérez y Porlán (2000).
Para qué enseñar (Finalidades educativas)	<ul style="list-style-type: none"> - Enriquecimiento progresivo del conocimiento del alumno hacia modelos más complejos de entender el mundo y de actuar en él. - Importancia de la opción educativa que se tome.
Qué enseñar (Los contenidos)	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento <i>escolar</i>, que integra diversos referentes (disciplinares, cotidianos, problemática social y ambiental, conocimiento metadisciplinar). - La aproximación al conocimiento escolar deseable se realiza a través de una <i>hipótesis de progresión en la construcción del conocimiento</i>.
Ideas e intereses de los alumnos	<ul style="list-style-type: none"> - Se tienen en cuenta los intereses e ideas de los alumnos, tanto en relación con el conocimiento propuesto como en relación con la construcción de ese conocimiento.
Cómo enseñar	<ul style="list-style-type: none"> - Metodología basada en la idea de <i>investigación (escolar) del alumno</i>. - Trabajo en torno a problemas, con secuencia de actividades relativas al tratamiento de esos problemas. - Papel activo del alumno como constructor (y reconstructor) de su conocimiento. - Papel activo del profesor como coordinador de los procesos y como <i>investigador en el aula</i>.
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Centrada, a la vez, en el seguimiento de la evolución del conocimiento de los alumnos, de la actuación del profesor y del desarrollo del proyecto. - Atiende de manera sistemática a los procesos. Reformulación a partir de las conclusiones que se van obteniendo. - Realizada mediante diversidad de instrumentos de seguimiento (producciones de los alumnos, diario del profesor, observaciones diversas...).

Tabla 3.2. Respuestas a los problemas centrales en la construcción del currículum (del alumno y del profesor) en el marco del MIE.

Los autores consideran necesario manifestar, respecto a las anteriores dos propuestas curriculares, que (García-Pérez y Porlán, 2000):

“Aunque, a efectos de análisis, distingamos en el Proyecto IRES una propuesta curricular más centrada en el currículum del alumno y otra más enfocada hacia el currículum del profesor, mantenemos el enfoque integrador al que más arriba se ha hecho referencia: se intenta trabajar en el desarrollo profesional de los profesores al tiempo que se realizan experimentaciones curriculares; a su vez, ambos procesos son orientados por la investigación educativa que se genera en el contexto del Programa. Y todo ello se trabaja en el ámbito específicamente didáctico.” (s.p.)

Esta puntualización sirve para reafirmar la naturaleza didáctica del conocimiento sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje (el conocimiento escolar y el conocimiento profesional) y el tratamiento complejo que se hace del mismo, expresado en la necesidad de *un punto de vista interactivo y contextual*. Lo primero, porque se debe relacionar el pensamiento del profesor con el de los alumnos, y más contextual en la medida en que la enseñanza es un fenómeno institucionalizado con carácter evaluativo, intencionado y teleológico.

Así, se deriva un criterio, cualquier planteamiento didáctico complejo debe abordar el análisis de la construcción del conocimiento (estudiantes → el escolar, profesores → el profesional) “en el contexto de una teoría más compleja e integradora sobre la enseñanza y el aprendizaje escolar que describa la multidimensionalidad del aula, la naturaleza del conocimiento que fluye en ella y los principios favorecedores de su cambio y evolución, cuestiones básicas en el Modelo de Investigación en la Escuela.” (Íbid., s.p.). Respecto a lo cual se consideran respuestas particulares a los problemas centrales del currículum (del alumnado y del profesorado).

En resumen, a pesar de los diferentes desarrollos que se puedan dar al interior del programa IRES, es posible afirmar que: a) todos los desarrollos particulares responden a los planteamientos básicos del MIE (figura 3.2, tabla 3.2); b) se mantiene el enfoque integrador entre diferentes proyectos (p.e. entre *Investigando Nuestro Mundo* e *Investigando Nuestra Práctica*), a pesar que para efectos de análisis se distinga entre ellos.

3.3.2. *El Proyecto Investigando Nuestro Mundo y el desarrollo profesional a la luz de la dinámica del aula*

El Grupo Andaluz de Investigación en el Aula (G.A.I.A.)¹¹⁰ - el cual surge con el grupo D.I.E. del primigenio Grupo de Investigación en la Escuela - ha liderado el desarrollo de un currículum del alumnado al interior del IRES. En particular, la propuesta INM 6-12 (para estudiantes de 6 a 12 años).

¹¹⁰ En la Internet el Grupo G.A.I.A. tiene la dirección electrónica <http://www.uhu.es/gaia-inm/>

Este grupo, dirigido inicialmente por el Dr. Pedro Cañal de León, de la Universidad de Sevilla, ha realizado un conjunto de sólidas propuestas en el marco del Programa IRES, en relación con el desarrollo del currículum del alumnado. Respecto a la Didáctica General, se da respuesta al análisis didáctico de la dinámica del aula (Cañal, 2000a), donde se establece una relación teóricamente poderosa entre tareas, actividades y estrategias de enseñanza; aporte que ha requerido superar la profunda polisemia alrededor de este tipo de conceptos. Se trata de un avance que, en coherencia con el propósito de transformación social y su naturaleza como una teoría de la práctica y para la práctica escolar, ha permitido el desarrollo de una taxonomía de tareas y actividades que hacen posible reconocer e intervenir mediante estrategias de enseñanza específicas (Cañal, 1999).

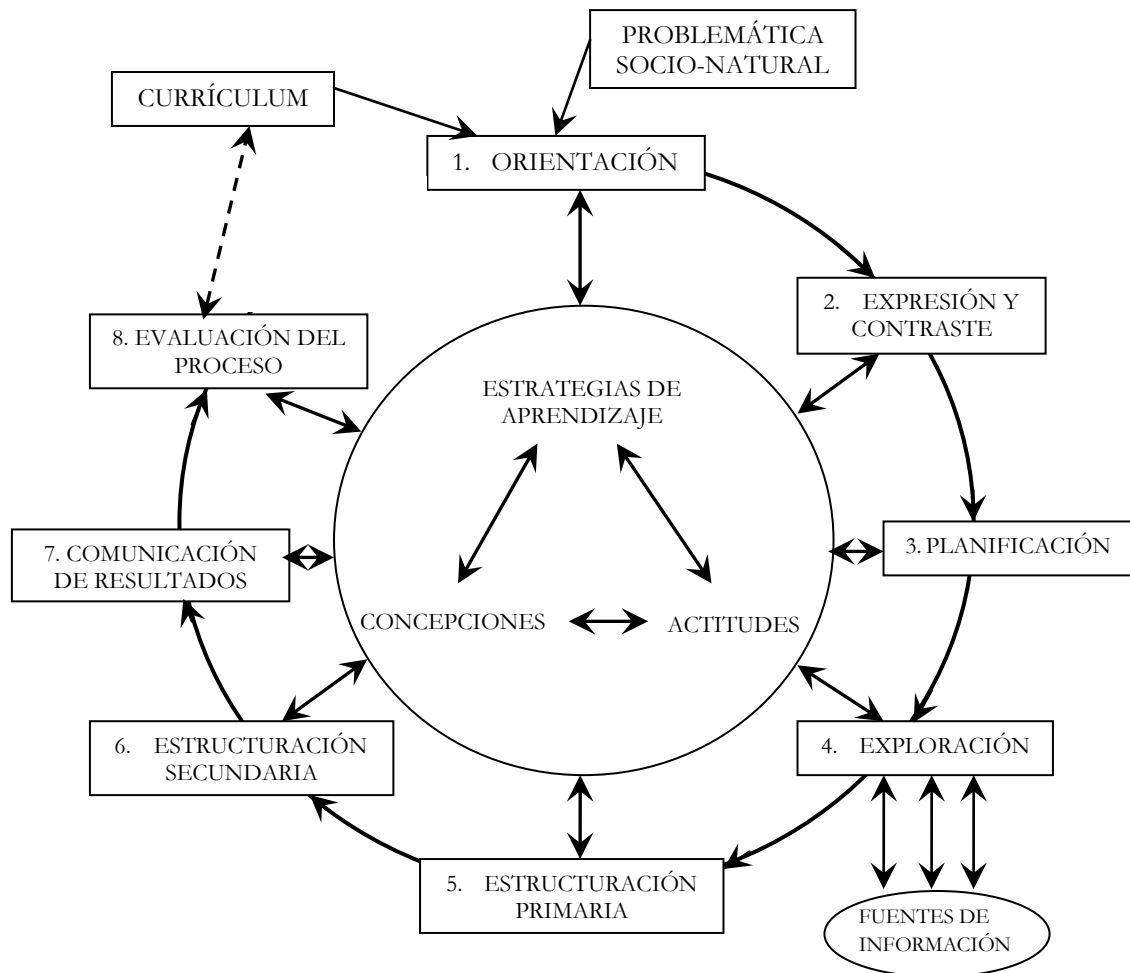


Figura 3.4. Esquema de una secuencia de enseñanza por investigación escolar. Tomado de Cañal (1999).

Respecto al estudio de las ideas de los estudiantes, como insumo para la construcción de este currículum, se han realizado estudios sobre la enseñanza de la nutrición de las plantas verdes (Cañal, 1990), la enseñanza de los conceptos electrostáticos (Criado, 1999), la enseñanza de las nociones económicas (Travé, 1997), entre otros. Con este mismo propósito, en la línea del principio de ambientalización del currículo (integración de los problemas sociales y ambientales más relevantes)¹¹¹ se hace posible la formulación del conocimiento escolar. Tal conocimiento se organiza didácticamente en *Ámbitos de Investigación Escolar*, que permiten organizar el trabajo de los profesores en formación desde las reflexiones de fundamentación hasta la elaboración de materiales para el aula (p.e. Lledó, 1997); todo ello, mediante un trabajo integrado de investigación, de diseño curricular y de formación de profesores.

Respecto a la investigación realizada por los estudiantes se hacen las siguientes precisiones (Cañal, 1999):

- a. *La conceptualización del aprendizaje.* "... se concibe como el fruto de la modificación y reestructuración progresiva del saber anterior de los alumnos, frente a ideas de diversas fuentes o al someterlas a contraste mediante procesos de reflexión, debate, observación o experimentación, en el curso de las actividades de investigación de los alumnos." (p. 19).
- b. *Investigación científica frente a investigación escolar.* Se consideran diferentes atendiendo a sus finalidades, tipo de problemas abordados, características de los marcos teóricos de unos y otros, distinto nivel de desarrollo intelectual de los sujetos, distinto nivel de exigencia respecto a los requisitos que deben cumplir las hipótesis, relacionadas con los diseños de contrastación de éstas, el dominio de los procedimientos metodológicos, el tipo de control sobre la validez de los resultados y conclusiones obtenidos. (p. 22). Así, la secuencia de enseñanza basada en la investigación escolar presenta su propia configuración (figura 3.4).

En la actualidad es de interés abordar la progresión didáctica de los profesores respecto a diferentes ejes de desarrollo profesional [conceptual, metodológico, actitudinal] (Cañal, 2005) que ya se habían avizorado como preocupación unos años atrás (Cañal, 1999:34).

Este tipo de decisiones se corresponde con un planteamiento metodológico que se orienta al estudio de la dinámica del aula mediante los procesos de experimentación curricular en el marco de la construcción y experimentación de una propuesta de currículum para el alumnado.

¹¹¹ Un ejemplo de la concreción de este principio didáctico es la formulación de veinte bases para la investigación globalizada del medio (Cañal, P., 1997a).

3.3.3. *El Proyecto Investigando Nuestra Práctica y el desarrollo profesional a la luz de la evolución del conocimiento profesional del profesorado*

Esta propuesta se encuentra liderada por el Grupo de Investigación Didáctica e Investigación Escolar (D.I.E.), bajo la coordinación del Dr. Rafael Porlán, de la Universidad de Sevilla.

En esta perspectiva, como expresión de la posibilidad de describir e interpretar los procesos de desarrollo profesional (curriculum de los profesores), se considera que el conocimiento profesional del profesorado está compuesto por cuatro componentes (Porlán y Rivero, 1997, 1998; Ballenilla, 2003): a) *los saberes académicos*, referidos a las concepciones disciplinares y metadisciplinares que los profesores poseemos sobre los saberes relacionados con el contenido (Física en este caso); y, por otro, los propios a las ciencias de la educación, que tienen por “objeto de estudio los problemas relativos a los diversos tipos de conocimientos y a sus relaciones con la realidad (*saberes epistemológicos*)” (Porlán y Rivero, 1997); b) *las creencias y principios de actuación*, que son saberes basados en la experiencia, referidos a las ideas conscientes que desarrollamos en el ejercicio de la profesión docente; c) *Las rutinas y guiones de acción*, que se refieren al conjunto de *esquemas tácitos* que predicen el curso inmediato de los acontecimientos en el aula y la manera estándar de abordarlos, son de carácter implícito y responden a una forma de esquematizar respuestas a preguntas del tipo ¿qué hacer en esta situación?, ¿cómo hacerlo? ; d) *Las teorías implícitas*, “se refieren más bien a un *no-saber* que a un saber, en el sentido de que son teorías que pueden explicar los porqués de las creencias y de las acciones de los profesores atendiendo a categorías externas, mientras que, con frecuencia, los propios profesores no suelen saber de la existencia de estas posibles relaciones entre sus ideas e intervenciones y determinadas formalizaciones conceptuales” (Porlán y Rivero, 1997).

Las diferentes formas de integrar estas cuatro componentes permiten obtener diferentes niveles de complejidad en la formulación del conocimiento profesional. El conocimiento profesional hegemónico, derivado del modelo didáctico tradicional, y el conocimiento profesional deseable se distinguen por los diferentes grados de integración que se dan entre tales elementos (figura 3.5). En el primer caso, se trata de un conocimiento yuxtapuesto donde los componentes se encuentran desintegrados. En el segundo, la integración entre ellas es mayor, haciéndose posible la formulación de *teorías prácticas profesionales*, entendidas como verdaderas teorías para la acción y la transformación, mediadoras entre la práctica y la acción profesional.

Se considera que el conocimiento profesional puede evolucionar desde posiciones desintegradas hasta otras de mayor integración. Así, es posible

formular una *hipótesis de progresión profesional* entre estas posiciones más fragmentarias hacia otras deseables, de mayor integración. La transición desde este punto de partida fragmentario hasta una posición deseable permite identificar varios obstáculos a superar (Porlán y Rivero, 1997): a) *Tendencia a la fragmentación y disociación entre la teoría y la acción, y entre lo explícito y lo tácito*; b) *tendencia a la simplificación y al reduccionismo*; c) *tendencia a la conservación adaptativa y rechazo a la evolución-constructiva*; d) *tendencia a la uniformidad y rechazo a la diversidad*. Por otro lado, se reconocen varias características de ese nuevo conocimiento profesional:¹¹² a) *Es un conocimiento práctico*, que resulta de la integración entre teorías formalizadas y acción profesional; b) *es un conocimiento integrador y profesionalizado*, organizado alrededor de problemas relevantes de la práctica profesional; c) *es un conocimiento complejo*, reconociendo la complejidad y singularidad de los sistemas de enseñanza-aprendizaje institucionalizados; d) *es un conocimiento tentativo, evolutivo y procesual*.

Así mismo, como *Principios Formativos Orientadores* se tienen (Rivero y otros, 1997):

- a) *La necesaria articulación entre la teoría y la acción profesional*, donde relacionar la teoría y la práctica exige el estudio del conocimiento académico, la reflexión acerca del propio entendimiento de los problemas teóricos y prácticos y la acción sobre la práctica. De esta manera la práctica deja de verse como un *saber hacer* para identificarse más con una idea de *praxis*, en el sentido de práctica fundamentada.
- b) *La coherencia que se debe mantener entre el modelo formativo y el modelo didáctico que se propugna*. Lo anterior se apoya en que los profesores deben vivir situaciones de aprendizaje semejantes a las que van a promover en el ejercicio profesional.
- c) *La necesidad de favorecer la expresión y el contraste de las ideas y experiencias del profesorado*. En la actualidad se acepta que lo que piensan los profesores acerca de la ciencia, la enseñanza y el aprendizaje influye de manera más o menos coherente en sus formas habituales de enseñar. Por lo que se viene planteando la necesidad de tener en cuenta las concepciones y experiencias de los profesores en los procesos de formación, al igual que se ha venido haciendo, con mucha más frecuencia, respecto a los estudiantes. En relación con ellas se concibe que la formación es gradual y evolutiva, y no es un proceso sencillo, mecánico o lineal, ya que las concepciones de los profesores constituyen una auténtica epistemología personal (Porlán, 1989). De esta manera se pretende hacer explícitas las

¹¹² Un interesante ejemplo de estos desarrollos puede verse en Ballenilla (2001).

experiencias y concepciones de los profesores para que guíen la intervención del formador, ajustando y adecuando las informaciones a la estructura de significados que poseen.

- d) *La investigación como principio formativo de síntesis*, pues la integración de los anteriores principios supone poner en marcha un proceso de investigación de problemas relevantes respecto al currículum del alumno. Esto que exige respetar el nivel de partida del profesor, pero teniéndose en cuenta que la imagen del profesor-investigador es un lugar de llegada, más que un punto de partida.

El *Conocimiento Profesional se organiza en Ámbitos de Investigación Profesional (A.I.P.)*, que “se corresponden con problemáticas centrales relacionadas con el currículum del alumno articulados entre sí y en torno a los cuáles se deben organizar tramas específicas del conocimiento profesional deseable.” (Íbid.). Por tanto, cada ámbito se correspondería con uno o varios problemas generales relacionados con cada uno de los bloques del currículum, entendiéndose éste como el marco de referencia que orienta la planificación, desarrollo y evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje. Asimismo, estos problemas deben ser prácticos, de manera que no se agoten con los intereses y experiencias del profesorado; de modo que requiere la participación de otros saberes para su solución, y sean así potentes desde el punto de vista del conocimiento profesional deseable.

A su vez, los ámbitos están constituidos por elementos diversos como (Rivero y otros, 1997):

“... banco de problemas práctico-profesionales a distintos niveles de profundidad y complejidad, ejemplos de selección y organización en red de algunos de ellos para trabajar en un contexto concreto, tramas específicas de conocimiento profesional deseable en relación con estas problemáticas, banco de actividades formativas y ejemplos de posibles secuencias e itinerarios formativos en relación a una o varias problemáticas concretas, y, por último, un conjunto de recursos formativos (artículos para lectura, instrumentos para detectar concepciones de los alumnos y del profesor, relatos de casos ejemplificadores del desarrollo del ámbito, etc.) que sirvan de apoyo en el proceso de reconstrucción del conocimiento y de la actuación de los profesores.” (s.p.)

Como *Orientaciones metodológicas y de evaluación* se proponen los siguientes tipos de actividades en el proceso de investigación de problemas prácticos relacionados con los aspectos centrales del currículum del alumno.

- a. *Actividades para reconocer y formular problemas prácticos a investigar*. Se parte del análisis de las concepciones y la práctica de los profesores para

desembocar en la selección y formulación de problemas prácticos a investigar.

- b. *Actividades para explicitar y movilizar las concepciones y experiencias del profesorado y la detección de los obstáculos asociados a ellos.* Explicitación necesaria porque los profesores tienen que ser conscientes de sus propias ideas para someterlas a contraste con los problemas del medio escolar y con otras perspectivas diferentes; aspectos que necesita conocer el asesor para identificar los obstáculos asociados a ellas, que dificultan la evolución del conocimiento y actuaciones de los profesores, a fin de poder ajustar su intervención y dar una orientación adecuada al proceso.
- c. *Actividades para provocar el contraste y el cuestionamiento reflexivo de las concepciones de los profesores.* Deben organizarse en torno al tratamiento de problemas prácticos, provocándose un contraste continuo de las concepciones según el nivel de desarrollo de las concepciones y experiencias del profesorado, así como los obstáculos que presentan los profesores.
- d. *Actividades para favorecer la metarreflexión.* Se busca que los profesores reflexionen sobre lo aprendido, facilitando en ellos la toma de conciencia del grado de evolución de sus prácticas y concepciones, así como de cuáles han sido los procesos que lo han facilitado o dificultado.

Tal conocimiento se construye, en la concepción del profesor como investigador, mediante la investigación de problemas profesionales, la experimentación de alternativas curriculares y la construcción y reestructuración de significados. *La hipótesis de progresión profesional* (Porlán y Rivero, 1998) sirve como modelo teórico para seguir este camino, siendo el modelo didáctico investigativo (ver tabla 3.2), el que sirve como referencia de la evolución profesional.

En esta hipótesis, el modelo didáctico es una representación teórica y de síntesis del conocimiento profesional, donde, con diferentes formas de encuadramiento, las cuatro componentes se integran en cuatro posiciones (modelos didácticos): tradicional, tecnológico, espontaneísta e investigativo. El Modelo Didáctico Personal (MDP) se corresponde con el posicionamiento que al interior del conocimiento profesional (incluida la hipótesis de progresión) presenta en determinado momento un profesor/a particular a través de su práctica profesional; si bien, su trasfondo teórico ni siquiera es explícito para el propio profesor (Ballenilla, 2003:137).

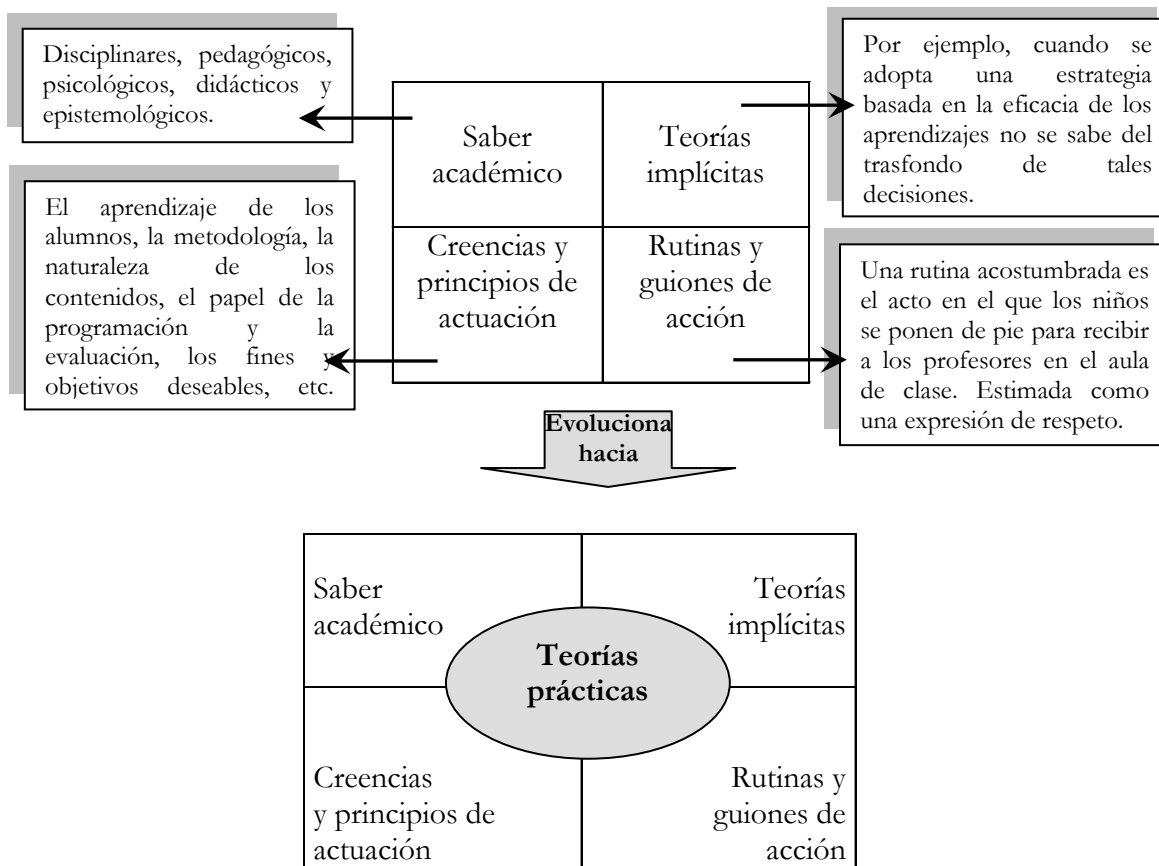


Figura 3.5. Evolución del conocimiento profesional del profesorado. Las teorías prácticas como resultados de la integración entre los cuatro saberes básicos que lo componen.

En esta orientación se identifica un planteamiento metodológico (combinando enfoques cualitativos y cuantitativos) que se orienta al estudio del pensamiento profesional del profesorado, considerado como referente fundamental que le sirve para orientar su actuación profesional. Con base en esta información (recopilada con amplias muestras de profesores(as) y tratadas mediante técnicas estadísticas orientadas a la identificación de tendencias -modelos didácticos en la hipótesis-) se ha obtenido una *hipótesis de progresión profesional* (Rivero y otros, 1997; Porlán y Rivero, 1998); la cual, se enriquece mediante la realización de estudios de corte cualitativo,¹¹³ con el propósito de identificar obstáculos del desarrollo profesional a partir de los cuales se orientan las intervenciones de los formadores de profesores.

¹¹³ Estudios de caso en formación permanente del profesorado, como el Ana Rivero (1996), o el relacionado con la evolución de las concepciones del profesorado (Ruiz y otros, 2005).

3.3.4. *Algunos movimientos de integración al interior del Programa IRES*

En la perspectiva del Programa, la integración entre las teorías sobre el estudio de la dinámica del aula y el conocimiento profesional del profesorado se asumen desde la partida integrables. Como plantean García-Pérez y Porlán (2000), al interior del Proyecto IRES se distinguen dos propuestas curriculares: una más centrada en el currículum del alumno y, otra, en el currículum del profesor; entre ellas se mantiene el enfoque integrador mediante el desarrollo de experimentaciones curriculares que se hacen a la par de trabajos orientados al desarrollo profesional de los profesores.

Por otra parte, la propuesta *Investigando Nuestro Mundo* (6-12) se apoya en la formulación de Ámbitos de Investigación Escolar – subsistemas del mundo sionatural – y en el estudio de la dinámica del aula mediante la caracterización de las estrategias de enseñanza. Con la propuesta INM (6-12) se culmina una versión completa para la Educación Primaria y se empieza, ahora, a formular un estudio sobre los ejes de desarrollo profesional hacia el logro de estrategias de enseñanza por investigación, aplicable a profesores o equipos de estos (Cañal, 2005).

Entonces, es posible reconocer un movimiento hacia el estudio del desarrollo profesional del profesorado a partir de la caracterización de las estrategias de enseñanza que han orientado los procesos de experimentación curricular, en el marco de la construcción de un currículum del alumnado.

Otro tanto ocurre con el proyecto *Investigando Nuestra Práctica* (INP). Desde el estudio del conocimiento de los profesores, los resultados de investigación relacionados con el desarrollo profesional del profesorado pasan del estudio del pensamiento profesional y su vinculación con la práctica profesional a mostrar que en la realización de la práctica es fundamental que los profesores en formación hagan un buen tratamiento de los contenidos (Ballenilla, 2003). *Así, desde la perspectiva de la evolución del conocimiento profesional se abren puertas para ratificar que el tratamiento de los contenidos es de importancia fundamental en el desarrollo de los profesores.*

En consecuencia, es posible afirmar que, desde los desarrollos teóricos que se han derivado alrededor de cada propuesta, se viene realizando un movimiento de los intereses del uno hacia el otro; pero cada uno conservando su referente empírico primigenio: a) en las estrategias de enseñanza, las prácticas de aula para abordar, antes, la práctica profesional en la adecuación del currículum del alumnado y, ahora, el desarrollo profesional alrededor de tales prácticas; b) en el conocimiento profesional del profesorado, desde el pensamiento profesional y sus prácticas para estudiar la evolución profesional y, ahora, con la necesidad de

integrar el tratamiento que se hace de los contenidos a trabajar con los estudiantes.

Por tanto, una diferencia primordial, que se reconoce en tales procesos de integración tiene como piedra angular el referente empírico que cada propuesta maneja. Lo anterior no desconoce que el concepto de *hipótesis de progresión* (GIE, 1991; García-Díaz, 1998), de alto impacto didáctico, es compartido consistentemente por ambas propuestas, ya sea para elaborar hipótesis sobre la evolución de los contenidos escolares, la evolución profesional del profesorado (desde sus desarrollos teóricos); o ya sea para orientar el trabajo con los profesores en las tareas de experimentación curricular en INM (6-12); o para orientar las tareas de formación profesional en INP (desde sus desarrollos prácticos).

Llegados a este punto, es difícil desmarcarse de una reflexión epistemológica sobre el tipo de conocimiento a producir y el método para hacerlo,¹¹⁴ teniendo en cuenta que se trata de un estudio en el que su desarrollo permite la co-construcción de su marco teórico; una relación compleja entre teoría y realidad que debe ser develada en sus aspectos básicos.

Adelantadas las condiciones particulares del Proyecto Curricular IRES como continente diverso (social, ideológico, filosófico, didáctico) y complejo de este esfuerzo, podemos pasar a la caracterización de los desarrollos (enfoques). Al respecto, se puede afirmar:

- a) *La complejidad de los enfoques de partida.* Tanto el estudio de la dinámica del aula como del conocimiento profesional del profesorado, obedecen a formas complejas de concebir la realidad. Así, desde el primer enfoque no basta tan sólo con estudiar materiales didácticos y describir los tipos de tareas y actividades que los profesores llevamos a las aulas; también se compromete en propósitos de producir conocimientos (propuesta curricular del alumnado, caracterización de estrategias de enseñanza basadas en la investigación escolar), que promuevan en los profesores transformaciones de la realidad social. Igualmente, desde el segundo, se ha promovido una concepción integrada del conocimiento profesional del profesorado, que ha revertido en propuestas de formación del profesorado que retroalimentan el trabajo de investigación didáctica.
- b) *La relativa autonomía de cada uno de los enfoques.* Es posible distinguir, propio de un sistema complejo, una relativa autonomía entre algunos de sus

¹¹⁴ Como parte del marco teórico de la investigación aquí nos referiremos solamente a la meta-hipótesis sobre la integración de estos diferentes enfoques; ya en la parte que corresponde al diseño metodológico nos extenderemos en lo que corresponde al método, la naturaleza de la hipótesis de la investigación y el tipo de estudio.

componentes (subsistemas). Es el caso de estos dos enfoques y los movimientos de integración que se vienen dando entre ambos, donde cada uno de ellos puede formular sus propias hipótesis de progresión para comprender el desarrollo profesional; desde las estrategias de enseñanza y el trabajo en el aula, los planteamientos de los Ejes de Progresión Didáctica (Cañal, 2005); desde el estudio del conocimiento profesional la Hipótesis de Progresión sobre el desarrollo profesional (Porlán y Rivero, 1998).

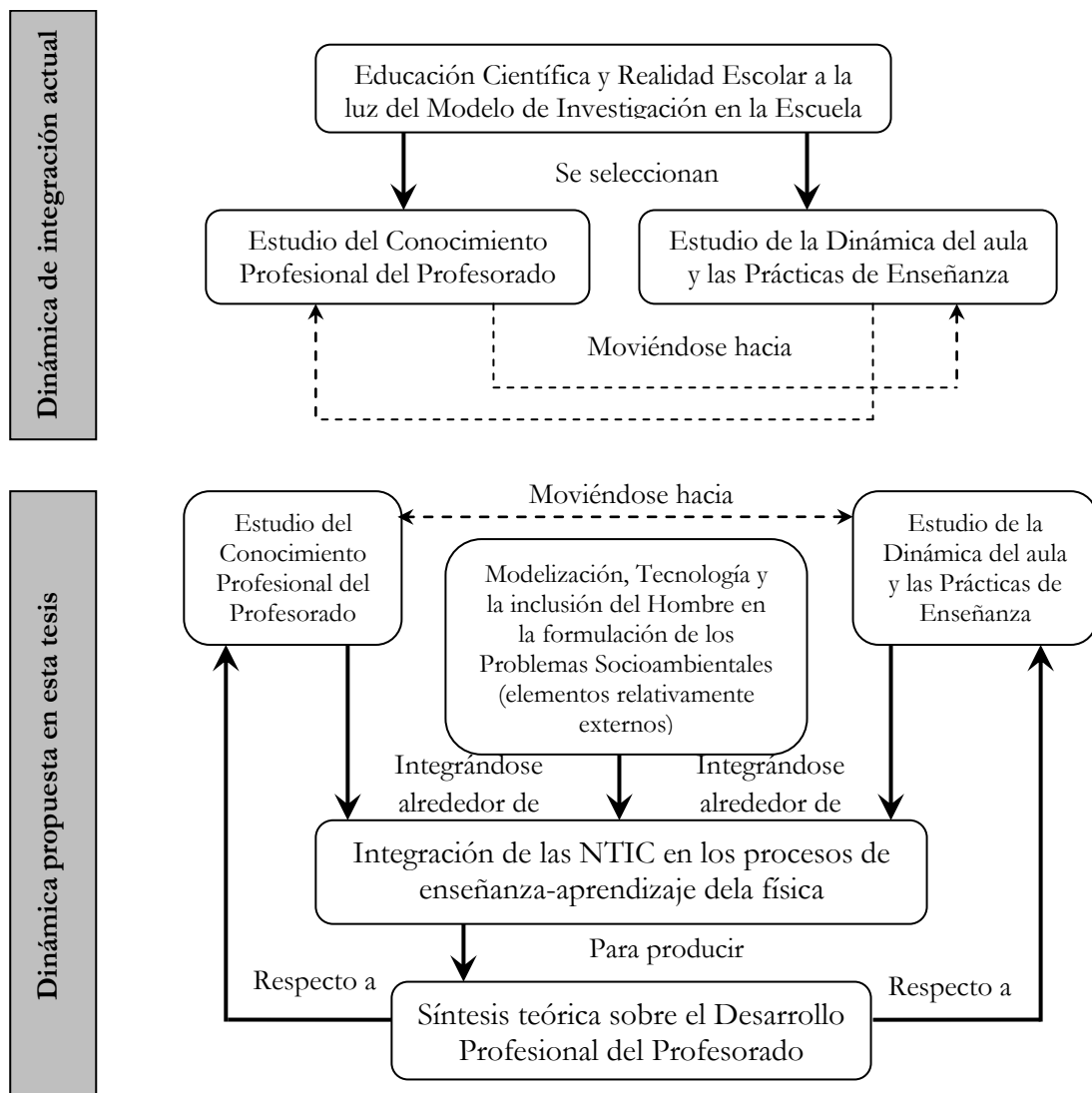


Figura 3.6. Meta-hipótesis de Integración formulada a partir de sus componentes (enfoques primigenios, elementos relativamente externos a estos enfoques, existencia de un caso significativo de integración de las NTIC).

En consecuencia, se hace necesario preguntar: ¿por qué realizar un esfuerzo de este tipo si ya existen marcos lo suficientemente consolidados para estudiar la

integración de las NTIC? Y, ¿cuáles son las características de este estudio, que hacen pensar en un esfuerzo de integración significativo, alejado de una yuxtaposición forzada de elementos teóricos y empíricos? A modo de respuestas hipotéticas a estos interrogantes, en relación con los elementos relativamente externos, se pasa a comentar las razones que nos llevan a formular una meta-hipótesis de integración teórica (figura 3.6) entre estos dos enfoques.

En el apartado de estudios integrados sobre las concepciones científicas y didácticas de los profesores en relación con la enseñanza de las ciencias, Porlán y Rivero (1998) escriben:

“Desàultes y otros (1994) relatan el caso de un profesor de ciencias de secundaria, Sr. Winters, el cual proponía actividades a sus alumnos dándoles una única consigna: observar. Para los autores, la concepción del aprendizaje que subyace en este planteamiento es coherente con la idea de que *“los hechos y los datos de la actividad transmiten por sí mismos su carga cognitiva a los alumnos”*. Sin embargo, cuando las observaciones que realizaban los alumnos no coincidían con lo que el profesor esperaba, éste resolvía la situación contándoles directamente lo que debían haber observado, e imponiéndoles entonces el saber que no habían sido capaces de descubrir. Planteamientos como estos ya han sido presentados en estudios anteriores.” (p. 130)

Los autores aprovechan este ejemplo para precisar que se evidencia una *visión absolutista del conocimiento* y una *concepción del aprendizaje por apropiación de significados*, las que consideran comunes a una enseñanza que parte de la observación y manipulación de la realidad, como de la transmisión verbal directa de un conjunto de conceptos. Esta semejanza, la cual compartimos, evoluciona desde el reconocimiento explícito de la experiencia de laboratorio (Porlán, 2000) hasta retomar los soportes tecnológicos y ubicarlos en la *hipótesis de progresión para el desarrollo profesional* en la transición propuesta sobre las actividades y recursos didácticos (Porlán y Rivero, 1998:159).

En el enfoque del estudio de la dinámica del aula, Cañal (2000a) considera expresiones concretas de modelización y manejo de soportes tecnológicos, como es el caso de las tareas de la actividad 66 y 66', que hacen parte de la Clave de Identificación de las Actividades de Enseñanza (CLIAE):

66. Actividades de expresión de resultados mediante dibujos. Cat.46.

Actividad 105. *Expresión de resultados mediante dibujo libre personal.*

Actividad 106. *Idem, mediante murales.*

Actividad 107. *Idem, mediante historietas gráficas.*

66' Actividades de expresión de resultados mediante la elaboración o fabricación de cosas. Cat 47.

Actividad 108. *Elaboración de maquetas o modelos tridimensionales.*

Actividad 109. *Elaboración o fabricación de cosas: instrumentos, máquinas, etc.*

Actividad 110. *Elaboración de un montaje para la realización de experiencias prácticas de observación y experimentación.*

Actividad 111. *Realización de un montaje-exposición de resultados.*

La dificultad radica en que, por ahora, queda pendiente relacionar las modelizaciones específicas con las concepciones de ciencia que se ostentan (problema inverso al anterior enfoque, pero que encuentra en los soportes tecnológicos y la modelización un fructífero conector).

Un segundo elemento a favor de la integración de estos enfoques es la presencia de producciones al interior del Proyecto que la ejemplarizan. Es el caso del concepto didáctico de *hipótesis de progresión* que se usa de forma consistente tanto en uno como en otro enfoque para organizar diversos contenidos, en secuencias simple → complejo respecto a tramas que sirven de referencia.¹¹⁵ De hecho, esta forma de representación, basada en concebir las concepciones de estudiantes (y profesores) como sistemas de ideas, en evolución hacia un conocimiento escolar (profesional) deseable, podría estudiarse como un tipo de modelización¹¹⁶, que tiene sus antecedentes en la vertiente francesa de la Didáctica (Giordan y De Vecchi, 1999). El estudio de esta conjetura debe tener en cuenta que, en el IRES *la integración didáctica y el enriquecimiento del conocimiento escolar* se plantea como alternativa al concepto de *transposición didáctica*, de origen francés.

Un tercer cúmulo de razones parte de reconocer que los movimientos integradores de estos enfoques presentan un obstáculo: cada uno parte del referente empírico que le sirve de base (prácticas de enseñanza → estrategias de enseñanza, pensamiento profesional → conocimiento profesional). Como alternativa, este estudio propone un caso significativo de integración de las NTIC que le concede unidad fenomenológica. Y es que no se trataría de integrar estudios diversos a partir de referentes empíricos también diversos, sino de que tenemos ante nosotros una realidad que se estudia como totalidad desde estas diferentes perspectivas. *A lo que se suma que tanto los soportes tecnológicos como la modelización poseen una doble naturaleza (práctica y teórica), que hace factible su presencia en el pensamiento profesional y las prácticas de enseñanza del profesorado.* De hecho, ya se ha publicado un artículo de investigación puntual sobre esta tesis que informa acerca de cómo la modelización y las nuevas tecnologías hacen funcionales las prácticas de enseñanza y obstaculizan en la profesora -objeto de análisis- un movimiento hacia concepciones de ciencia y prácticas de enseñanza de mayor complejidad (Ramírez y Morales, 2008).

Finalmente, en relación con la inclusión del Ser humano en la formulación de los problemas socioambientales planetarios, se considera un elemento relativamente

¹¹⁵ Como ejemplos de esta aseveración pueden revisarse los libros de Travé (1999), en el marco del proyecto INM, y de José Eduardo García Díaz (1998), en el del proyecto INP.

¹¹⁶ Sería un avance de interés formular didácticamente al interior del proyecto IRES, una conceptualización de la modelización en términos de la configuración y evolución de sistemas de ideas.

externo en la medida que juega más un papel de actualización sobre el protagonismo del ser humano, que siempre se ha reconocido en el IRES. Se destaca la necesidad de asumir la Tecnología (incluidas las NTIC) para actuar de manera crítica, compleja y transformadora sobre el mundo, evitando que el ser humano se siga convirtiendo en una máquina más de la sociedad tecnológica (tecnetrónica según Fromm, 2002), como se ha desarrollado ya en el capítulo 2.

El desarrollo de esta meta-hipótesis sobre la integración de dichos marcos teóricos debe abordar dos aspectos esenciales: a) hacer explícito este proceso de integración en relación con la evolución del conocimiento científico; y b) fundamentar su transferencia a la forma en que se concibe el conocimiento escolar desde el IRES (Hipótesis de Integración-Enriquecimiento del Conocimiento Cotidiano). Estos requerimientos se cumplen a continuación abordando un ámbito de importancia, que ha dado el título a este apartado: la presencia y complementariedad entre los procesos de conceptualización y los procesos de modelización. El desarrollo de dicha meta-hipótesis se culmina con el planteamiento de un modelo de sistema-aula, que encuentra sus antecedentes en versiones anteriores (Cañal y Porlán, 1988; Cañal, 1998), y es a su vez el propósito de este capítulo.

3.3.5. *La presencia simultánea de los procesos de modelización y conceptualización en la ciencia*

En el clásico libro de Stephen Toulmin (1977), *La comprensión humana*, y más concretamente en el tomo I, dedicado al Uso Colectivo y la Evolución de los Conceptos, se puede leer:

“[...] Por el contrario: todos esos términos, imágenes y/o modelos son medios alternativos y más o menos adecuados de expresar o simbolizar los conceptos colectivos que forman la <<transmisión>> de una disciplina científica. **Y si bien no hay duda que de que las variables matemáticas desempeñan todos papeles importantes en los pensamientos y las actividades de los científicos, podemos continuar analizando el contenido y la validez de los conceptos usados dentro de las empresas racionales colectivas sin hacer referencia particular a ninguna de esas cosas.**” (p. 206) [El resaltado es nuestro]

Así, la referencia a los conceptos hace parte de una elección de tipo metodológico, siendo evidente que en ningún momento niega la existencia de los modelos sino que orienta su preocupación sobre la historia y provisionalidad de aquellos. Esta opción se ratifica en la siguiente cita aplicada a las comunidades científicas:

“[...] Así, un científico que *deja* de criticar y cambiar sus conceptos cuando los objetivos colectivos de su disciplina lo requieren viola las <<obligaciones>> de su <<posición>> científica tanto como un vigilante nocturno que se duerme o un soldado insubordinado. Así, los procedimientos para el cambio conceptual en la ciencia, como

sus procedimientos explicativos, están <<institucionalizados>>. En verdad, con sólo una mínima exageración podemos compendiar todo nuestro análisis del uso colectivo de los conceptos en la ciencia en el siguiente epigrama: *todo concepto es una microinstitución intelectual.*

Podemos usar este epigrama para destacar dos puntos. **En primer lugar, pone de relieve una vez más que ningún único concepto o conjunto de conceptos agota una disciplina científica; a lo sumo representa un corte histórico de una empresa a largo plazo.** [...] Y la transmisión colectiva mediante la cual un conjunto de conceptos científicos halla su expresión profesional –el conjunto de modos de conducta explicativa regidos por las reglas de esa rama de la ciencia- es <<institucionalizada>> de maneras que hacen el aprendizaje conceptual en una ciencia comparable con la iniciación en una institución social.” (pp.174-175) [El resaltado es nuestro]

La transmisión característica de una ciencia es de carácter *comunal*, pues “el contenido de una ciencia se transmite de una generación de científicos a la siguiente por un proceso de *enculturación*. El proceso supone un aprendizaje, por el cual ciertas habilidades educativas se transfieren, con o sin modificación, de la generación más vieja a las más joven.” (p.168). Es así que:

“[...] los procedimientos y técnicas de una disciplina científica los que forman su aspectos comunales –y aprendibles- y por ende, los que definen el conjunto representativo de conceptos que constituyen la <<transmisión>> colectiva de la ciencia. **Si aprendemos las palabras y las ecuaciones de una ciencia podemos quedar atrapados en la superestructura lingüística; sólo llegamos a comprender la significación científica de esas palabras y ecuaciones cuando aprendemos a aplicarlas. Y esto no significa a qué objetos y situaciones se refieren; significa, además, aprender qué tipo de procedimientos prácticos asociados –el trazado de diagramas, el montaje de aparatos, la clasificación de especímenes- se hallan involucrados en la aplicación empírica de las palabras o ecuaciones.**” (p.170) [El resaltado es nuestro]

Por tanto, a modo de ejemplo, un aprendiz de físico que adquiere el concepto de *energía* (o cualquier otro concepto) debe hacer tres cosas: i) efectuar los cálculos involucrados en la conservación de la energía; ii) reconocer situaciones y problemas para los que son apropiados dichos cálculos; y iii) identificar las magnitudes empíricas que ingresan en tales cálculos de conservación (p.169), lo que supone el manejo de **técnicas de representación** y de **procedimientos de aplicación de la ciencia** (p.171).

De esta manera Toulmin critica que en la filosofía de la ciencia se soslaye la *conducta real* de los científicos (p.175), aspecto importante para entender que la *comprensión científica* tiene dos aspectos: por una parte el aprendiz aprende a emplear los procedimientos generales de su ciencia y, por otra, aprende a reconocer las situaciones particulares en las que es apropiado cada conocimiento (p.180). Igualmente, aunque es posible analizar algunos aspectos de la ciencia desde una postura impersonal, en este nivel de la conducta real “ya no podemos

separar las actividades de los científicos de los conceptos y teorías que son el resultado de esas actividades” (p.163).

Por otro lado, en términos comunales, el *desarrollo de la ciencia* es posible gracias a la **genealogía de problemas, la secuencia de teoría y modelos, y los soportes experimentales**. Veamos:

“Es esta <<**genealogía de problemas**>>, pues, lo que subyace en las otras genealogías por las que puede caracterizarse el desarrollo de una ciencia. En la secuencia de teorías, **los modelos y conceptos** posteriores deben su legitimidad al hecho de haber resuelto problemas para los que los modelos y conceptos anteriores eran inadecuados. En la secuencia de **instrumentos experimentales**, los aparatos posteriores permiten realizar mediciones que arrojan luz sobre cuestiones insolubles si se usan aparatos anteriores. Aun el objeto de estudio en desarrollo –o contenido empírico- de una disciplina científica está regido por esta genealogía subyacente de problemas.” (p.159)

En dicho contexto,

“[...] La reorganización conceptual de nuestra comprensión científica nos exige prestar atención a los hechos empíricos, sin duda, no meramente con la intención de informar sobre los hechos o de generalizar acerca de ellos. **Nuestra meta es, en cambio, una representación mejor, nomenclaturas mejores y procedimientos explicativos mejores para <<dar cuenta>> de los aspectos importantes de la naturaleza y discernir con mayor precisión en qué conceptos y con qué grado de exactitud la <<representación>> resultante puede aplicarse a la explicación de la naturaleza del mundo tal como la encontramos.**” (p.194)

Este propósito de buscar una mejor representación, lo enfoca Toulmin desde su acepción de *Darstellung* entendida como representación de carácter público (p.202), obteniéndose como consecuencia que “La relación entre una *Darstellung* y la realidad que <<despliega>> o <<representa>> es, por consiguiente, una relación entre dos entidades públicas.” (p.202).

La relación descrita permite afirmar que el *Darstellung* es el equivalente de lo que hoy llamamos *modelo* desde una perspectiva semántica (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009). La relación entre esta representación y la realidad que despliega o representa es común con esta posición (Giere, 1999); *la diferencia relevante radica en que se consideran entidades de tipo público*. Respecto a la complementariedad entre conceptos y modelos se encuentra que: (i) aparecen de manera simultánea en el desarrollo de la ciencia; (ii) a su lado, como condición necesaria, se requiere no renunciar a aceptar que la actividad real de cada científico es tan importante como la actividad comunal e institucionalizada que desempeña; (iii) en la perspectiva histórica es importante considerar que la genealogía de problemas, legitiman la secuencia de teorías, modelos y conceptos, a la par de los soportes tecnológicos que permiten “ver más allá”, en una interacción dinámica entre

estos elementos; (iv) desde una perspectiva personal el científico, como parte de una comunidad, debe estar atento a la relación que sus representaciones tienen con la realidad, lo que implica reconocer las técnicas de representación y procedimientos de aplicación de los conocimientos científicos.

Esta primera síntesis puede ampliarse estudiando eventos relacionados con la innovación conceptual que representó la idea de *partícula*. En calidad de innovaciones, son juzgadas en relación con las ideas comunales que comparten con el resto de sus colegas; pensando creadoramente cuando contribuye en la mejora de esta Física comunal (Toulmin, 1977:50). Refiere este autor que:

“Así, cuando Thomson y Rutherford inventaron la <<física atómica>>, su primer logro no fue una observación empírica o un dato matemático, sino un hecho de imaginación intelectual. [...] **En verdad, compañeros más conservadores de J.J. Thomson, que no podían dar este salto imaginativo, comenzaron tratando su sugerencia de que el electrón era un objeto material de dimensiones <<subatómicas>>, como una especie de broma práctica.**”(pp.162-163) [El resaltado es nuestro]

En tanto que el dominio real de la ciencia se compone de los objetos, propiedades o sucesos que plantean problemas a la ciencia, contribuyendo a formar sus *fenómenos*, **depende no solamente de la naturaleza sino también de las actitudes intelectuales de los hombres que la abordan corrientemente** (p.182). En relación con la imposibilidad de indagar desde la teoría clásica de la materia del siglo XIX -concebida supuestamente por átomos [último nivel de la materia] con formas y tamaños eternamente fijos- por las razones que llevan a que el vapor de sodio emita radiación en la parte amarilla del espectro y no en otra, Toulmin (1977) asienta:

“[...] Thomson, Rutherford y Böhr eliminaron esta limitación. Sus nuevas ambiciones explicativas llevaron el nivel último de análisis por debajo del nivel atómico. **Al concebir los átomos químicos compuestos de partículas subatómicas hicieron conceptualmente posible tratar como <<fenómenos>> -estos es, como problemática- propiedades de la materia que hasta entonces habían sido aceptadas como caracteres arbitrarios de la naturaleza.**” (p.183)

Este proceso en el que emergen nuevos *fenómenos* (como sucesos problematizados) también puede encontrarse en el ámbito de las relaciones entre ciencia y tecnología, como es el caso del desarrollo del *transistor*. Ya antes de su invención los científicos habían estado familiarizados con los materiales ahora llamados semiconductores, que tenían interesantes, pero inexplicables propiedades (Schön, 1998:162). El modelo mecánico del *quantum* de A.H. Wilson, publicado en 1931 proporcionó una primera base para la comprensión de gran parte del comportamiento de los tipos de semiconductores *p* y *n* (p.163). Posteriormente, las ideas de Shockley en la fabricación de amplificadores se desplazaron “desde la analogía con el tubo de vacío hacia el uso de un campo

eléctrico, impuesto desde el exterior, sin un verdadero contacto con el material, para influir sobre el número de electrones movibles en el semiconductor.” (p.164). Al producir resultados inesperados Bardeen propuso que “los electrones, dentro del campo eléctrico, estaban atrapados en *estados de superficie*, y por lo tanto no se veían afectados por la presencia del campo.” (p.164). Para poner a prueba esta teoría, en un intento de encontrar un modelo de neutralizar las *trampas* del estado de superficie, los investigadores realizaron un nuevo conjunto de experimentos que llevaron a hacer evidente el *efecto transistor* (p.164).

De esta manera Schön (1998) ratifica la relación de complementariedad entre conceptos y modelos. Expresa:

“Así, en el desarrollo tecnológico, y en la investigación científica, los investigadores algunas veces pueden imaginar **cómo resolver problemas únicos, o dar sentido a fenómenos incomprensibles, modelando lo desconocido de acuerdo con lo familiar. Dependiendo de la inicial proximidad o distancia conceptuales de las dos cosas percibidas como similares**, lo conocido puede servir como ejemplar, o como metáfora generativa, para lo desconocido.” (p.171) [El resaltado es nuestro]

3.3.6. *La complementariedad entre componentes sobresalientes de conceptos y modelos*

Un buen ejemplo de esta primera síntesis de lo propuesto por Toulmin (1977) puede constituirse a partir de la forma en que se desarrolla la Ley de Boyle en el texto *Física*¹¹⁷ del CFMC (1964 [1960]). En la figura 3.7 se ha representado un sistema de ideas sobre esta Ley; los autores la contextualizan como parte del Modelo Cinético Molecular, y admiten que el estudio de la presión es a su vez una forma de probar dicho modelo (CFMC, 1964:191 [1960]).

Revisando los planteamientos anteriores (de Toulmin, Schön y el presente ejemplo) encontramos que varios componentes son recurrentes:

- *Un(os) modelo(s)* que sirve(n) de referencia como una forma de representar ciertos sectores de la realidad.
- *Un(os) sistema(s) de conceptos* que se pone(n) en juego de manera complementaria.

¹¹⁷ Este texto, elaborado por eminentes profesores y físicos de los Estados Unidos trabaja explícitamente con un enfoque de modelación particular que se explica desde el inicio del documento, que cubre en la versión colombiana las páginas 191-196 de un total de 794 páginas.

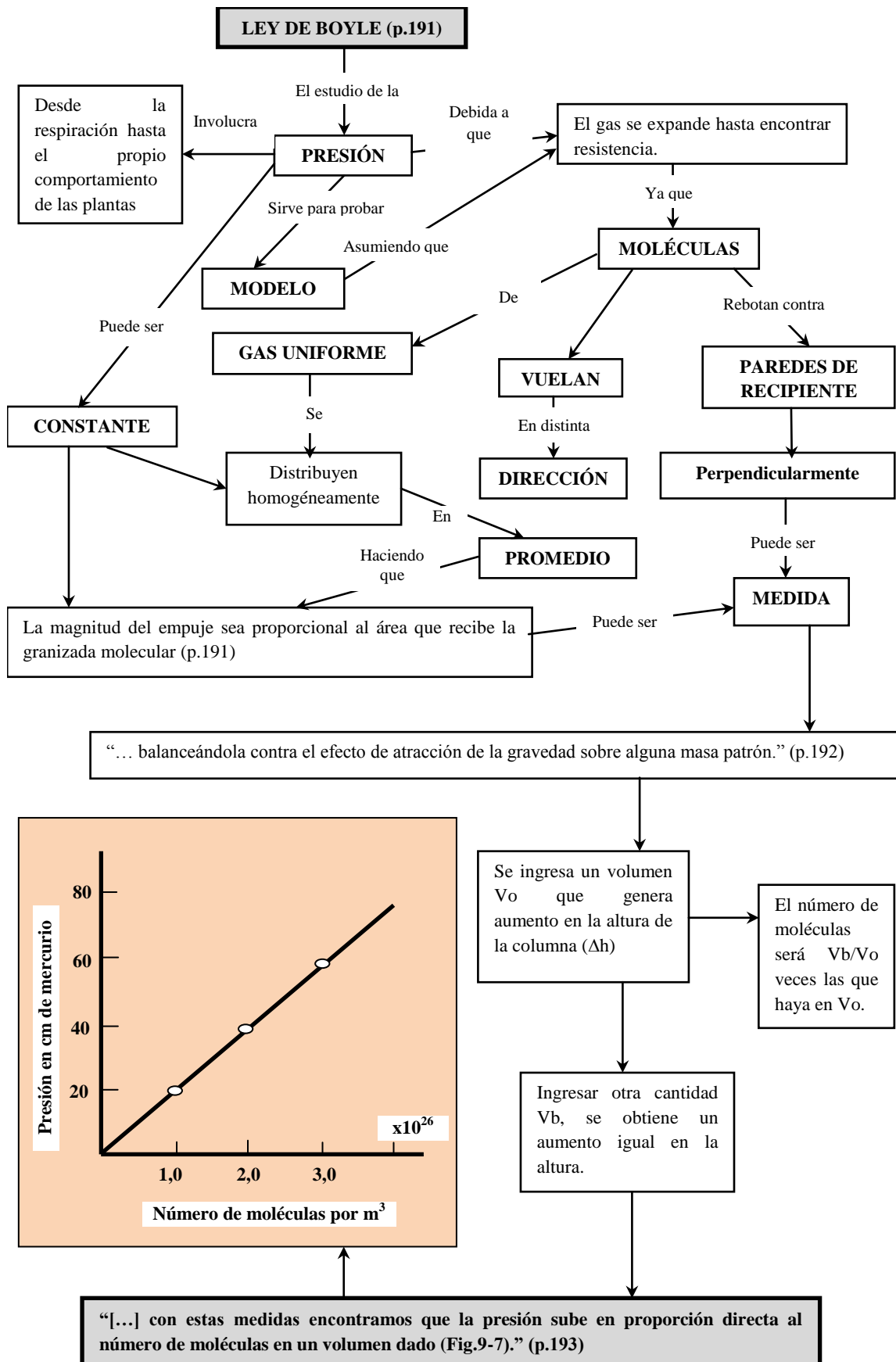


Figura 3.7. Sistema de ideas sobre la Ley de Boyle. Elaborado a partir de CFMC (1964 [1960]).

- *Problema(s)* que sirve(n) de soporte a los desarrollos que se realizan, ya sea en el campo de los procedimientos aplicados, los montajes experimentales o las técnicas de representación.
- *Soportes tecnológicos* que permiten trabajar con los *fenómenos* (sucesos problematizados) como el espectro de los gases o la semiconductividad de algunos materiales.
- *Técnicas de representación* entrelazadas que permiten conocer el comportamiento del modelo (p.e. la relación lineal entre *Presión y número de moléculas*) que puede ser revisada experimentalmente.
- Dichos componentes pueden organizarse en un sistema de ideas (figura 3.8) en el que los científicos, como seres humanos, juegan un papel fundamental como productores de *modelos y conceptos* mediante la realización de *procesos de modelización y procesos de conceptualización*. En ambos casos el trabajo público y comunal es necesario. A pesar que es posible reconocer que ambos constructos aparecen simultáneamente *y funcionan complementariamente* -ya sea en las reflexiones sobre el conocimiento científico expresadas por Toulmin (1977), Schön (1998 [1983]) o en el ejemplo sobre la Ley de Boyle-, debe reconocerse que poseen naturalezas diferentes.

Los conceptos se toman como *etiquetas de patrones* (o regularidades) observados indirectamente o directamente en los eventos del Universo (Cañas y Novak, 2006). *Dichos patrones hacen patente tareas de clasificación de ámbitos o parcelas de la realidad*; con el paso del tiempo su reconocimiento comunal (e institucional) hace que parezca un proceso *objetivo*, sobre todo en el caso de teorías consolidadas.¹¹⁸ De aquí que Toulmin (1977:174-175) sostenga que un concepto o conjunto de conceptos no agota una disciplina científica sino que apenas representa un corte en la larga historia de la misma. En consecuencia, los conceptos deben ser considerados *provisionales*, aunque para una vida humana parezca que prácticamente no han cambiado. La transformación de dichos conceptos puede provenir de la elaboración y prueba de modelos, como ocurrió con el efecto transistor, un nuevo concepto que hoy nos parece “normal”.

De forma complementaria los modelos se ocupan del *funcionamiento* de ámbitos o parcelas de la realidad. Para revisar la forma en que dichos constructos representan este funcionamiento, el científico confronta los ámbitos o parcelas de la realidad con tales modelos; tarea que puede adelantar haciendo uso de diversas técnicas de representación (apoyadas en el lenguaje) o mediante experimentos que permiten auscultar por los *fenómenos* que nos presenta un modelo determinado [como lo hicieron Thomson, Rutherford y Böhr al concebir los átomos químicos compuestos de partículas subatómicas].

¹¹⁸ De forma similar como lo plantea Thomas Kuhn en relación con los periodos normales de la ciencia.

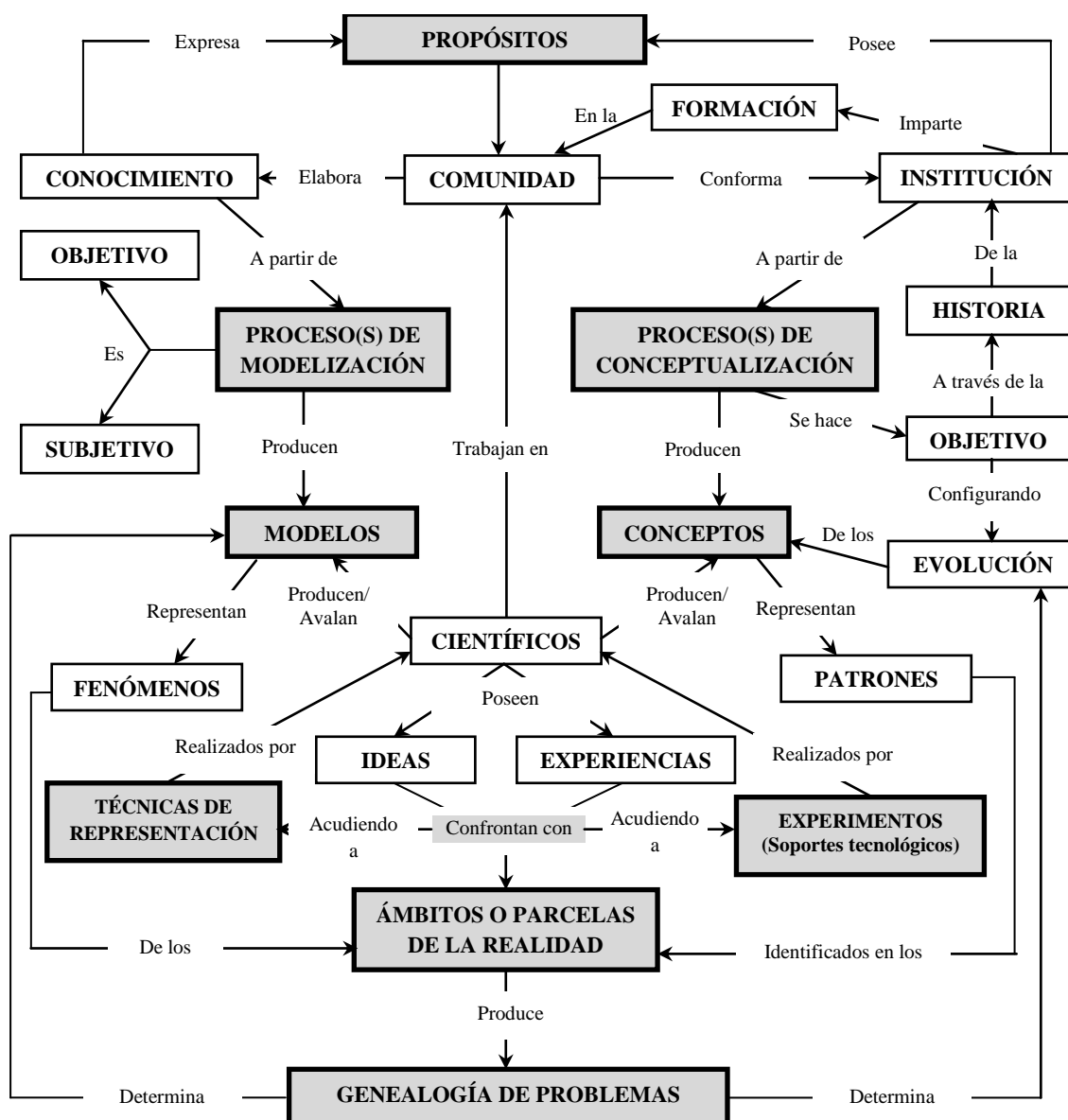


Figura 3.8. Sistema de ideas sobre la complementariedad entre *modelos* y *conceptos* en el desarrollo de las comunidades científicas.

Una segunda diferencia radica en que mientras los procesos de conceptualización pueden considerarse *objetivos*,¹¹⁹ los procesos de modelización son inevitablemente duales: subjetivos y objetivos. El traslado comunitario al plano conceptual, conlleva, en los procesos de formación, que los estudiantes aprendan a reconocer los ámbitos de la realidad donde pueden ser aplicados, el uso del lenguaje (ecuaciones entre otros) y las técnicas de aplicación.

En ambos casos la Genealogía de Problemas determina tanto el tipo de modelos que se construye, como la evolución de los conceptos. La genealogía de

¹¹⁹ Al menos esa es la impresión que arroja después de todo un proceso de lucha histórica.

problemas resulta de la confrontación que hacen los científicos entre sus ideas y experiencias con ámbitos o parcelas de esa realidad. *De esta manera la producción de conocimiento sobre la realidad es inevitablemente un proceso humano, situado histórica y socialmente. En otras palabras, la producción del conocimiento científico exige considerar integrados acción y pensamiento de los científicos y sus comunidades.*

3.3.7. La transferencia de la complementariedad entre modelos y conceptos al Conocimiento Escolar (CE) en el marco del Programa IRES

Hasta este punto, en síntesis, el eje articulador de este capítulo ha resultado de la necesidad de superar la ecuación tecnificadora como una condición para apoyar los procesos de transformación social, en una sociedad como la actual, donde las NTIC juegan ya un papel inevitable. Desde nuestro espacio de trabajo, la escuela, se ha desarrollado como tesis que superar los riesgos de dicho proceso de tecnificación mediante las NTIC exige integrar el Contexto. Al hacerlo, es inevitable hacer referencia a la creación de modelos y procesos de modelización, en la medida que son inherentes a la naturaleza de estas tecnologías. De un lado, muestran que la inclusión del Contexto es necesaria para la construcción de un pensamiento complejo, y del otro, que investigaciones en las que se han incluido estas tecnologías muestran que este tipo de relaciones es relevante.

De acuerdo con las propuestas INM e INP, al interior del IRES ([figura 3.2](#)), puede decirse que los procesos de modelización (y los modelos) han sido sobresalientes en una más que en otra, en relación con el enfoque predominante que han tenido los conceptos. De aquí que, como parte de un proceso de construcción teórica en este programa particular, se exponga la meta-hipótesis de Integración ([figura 3.6](#)) para revisar el papel de la Modelización, la Tecnología y el Ser Humano en el proceso específico de integración de las NTIC a los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física.

Así, hemos podido establecer que, en el desarrollo de la ciencia: (i) los procesos de conceptualización y modelización se dan de manera complementaria; (ii) el papel de los científicos, como seres humanos, es indispensable en la medida que a través de confrontar ideas y experiencias sobre ámbitos (o parcelas) de la realidad ellos desarrollan genealogías de problemas; (iii) en este ámbito, las técnicas de representación y los soportes tecnológicos (a través de los experimentos) son fundamentales.

Desde esta perspectiva, los resultados obtenidos indican que en la construcción de conocimiento científico es cierto que los seres humanos (científicos) tienen la posibilidad de articular pensamiento y acción al comprender la realidad. De esta manera, tal posibilidad nos lleva a realizar una lectura hacia atrás de lo ya logrado en este capítulo: Si nuestro

propósito didáctico debe ser construir además de pensamiento también acciones complejas (capítulo 2), ¿la información positiva obtenida sobre el desarrollo de las comunidades científicas puede trasladarse a la escuela, en especial a los procesos de enseñanza-aprendizaje [posibles gracias a la interacción entre estudiantes y profesores en las aulas de clases]?

Para cumplir el objetivo anterior, se ha mostrado en el capítulo 1 (figuras 1.9, 1.10, 1.11) que diversos autores y/o propuestas de enseñanza de las ciencias (y la Física) que consideran que el CE como resultado de la trasposición simple del conocimiento científico a la escuela; de aquí que el CE pueda llamarse *ciencia escolar*, por ejemplo. En esta lógica es plausible tomar las visiones epistemológicas y trasladarlas a la escuela; entre tales trabajos se encuentra recientemente el estudio del proceso de enseñanza desde la perspectiva de la argumentación que plantea el mismo Toulmin (Erduran, Simon y Osborne, 2004; Erduran y Yan, 2010).

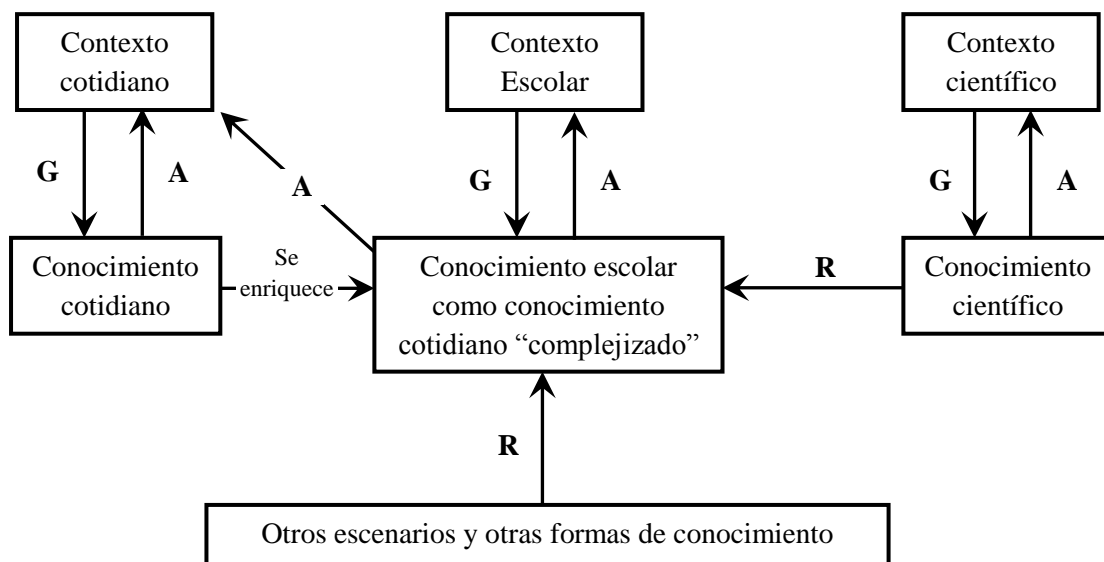


Figura 3.9. Hipótesis de la integración-enriquecimiento del conocimiento escolar. 1:sustitución; independencia-coexistencia; 3.integración y enriquecimiento. A: se aplica a...; G:genera; R:sirve de referente. Tomada de García-Díaz (1998:24).

Al interior del IRES han sido emblemáticos los aportes de García-Díaz (1998) respecto a las hipótesis sobre la construcción del conocimiento escolar. Entre estos, destacamos aquí ciertas cuestiones sobre el entorno sionatural que compartimos y sirven como referentes comunes a las propuestas de este programa; a saber: ¿Qué modelo de desarrollo queremos?, ¿qué problemas ambientales existen?, ¿qué aporta el conocimiento científico? (Íbid., p.22); interrogantes que sirven para elaborar el sustento de la *Hipótesis de integración-enriquecimiento del conocimiento cotidiano*. La diferencia con las propuestas que consideran el conocimiento científico como el único referente posible radica en

que el CE se concibe como **conocimiento cotidiano complejizado** (figura 3.9). A través de esta hipótesis se asume una fuerte crítica a la suposición de que el CE tan sólo se diferencia en grado del científico. En contraste, desde la convicción de *formar ciudadanos con un pensamiento complejo y crítico* se defiende como tesis que el CE es un conocimiento cotidiano *complejizado* en el que otros escenarios y otras formas de conocimiento se integran y enriquecen el cotidiano, sirviendo el conocimiento científico como referente.

Los estudiantes en la escuela deben ser formados para aportar al cambio y mejora social, en las líneas generales ya expuestas sobre el IRES. Para hacerlo creemos que, parafraseando a García-Díaz (1998):

“Desde nuestro punto de vista, la escuela debe convertirse en un lugar de reflexión sobre las relaciones entre los humanos, y entre éstos y el medio, y en un motor del cambio social, teniendo como objetivo educativo básico lo que podríamos denominar el *enriquecimiento del conocimiento cotidiano*. La evolución de dicho conocimiento se dirigiría hacia la construcción, por parte de los sujetos, de un determinado modelo de desarrollo humano (individual y social) alternativo al actualmente predominante.”(p.16)

Este planteamiento directriz lo ha construido el autor dándole un énfasis acotado al ámbito conceptual. Desde tal enfoque se ha formulado la transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo (García-Díaz, 1998:97-135), la organización y secuenciación del conocimiento escolar (pp.137-180) y la construcción del conocimiento escolar (pp.181-204).

Este marco teórico, de diversas maneras, ha debido ser ampliado por las siguientes razones:

- Al finalizar el capítulo 2 encontramos que las NTIC, en la vida social conllevaron poner el acento en el desarrollo de un *pensamiento complejo*, pero también de *acciones complejas* (tabla 3.1) desde la escuela y como parte de la promoción de ese cambio y mejora social.
- Ampliar la mirada más allá del ámbito conceptual, y mostrar que conceptos y modelos pueden ser considerados complementarios en la escuela, como ha ocurrido en el contexto de la ciencia; lo cual, ofrece un panorama prometedor en la medida que los procesos de modelización poseen componentes subjetivos que sólo pueden desarrollarse en las interacciones con los demás integrantes de una comunidad; al igual que el uso de soportes tecnológicos y técnicas de representación aparecen relevantes.
- Algunos estudios revelan resultados a favor de considerar el desarrollo de tales *acciones complejas*. Es el caso de los resultados en las pruebas PISA, donde se ha evidenciado que estudiantes con excelentes resultados en los problemas sobre Cambio Climático (González, 2012) simplemente no

están dispuestos a comprometerse para cambiar sus acciones, resultado que evidencia que un *pensamiento complejo* [modelado incluyendo los ámbitos conceptual, ideológico y procedimental] no es suficiente para emprender *acciones complejas* que requieren el desarrollo de actitudes como la solidaridad y la cooperación, consideradas fundamentales por García-Díaz (1998) en la construcción de dicho pensamiento ([figura 2.7](#)).

Para hacer este proceso de transferencia no hemos recurrido a realizar una trasposición simple desde el ámbito científico al ámbito escolar. El método ha sido tomar como referencia la propuesta de García-Díaz (1998), los anteriores hallazgos en el ámbito científico. Y a partir de la revisión de fuentes (capítulo 1) se traen a colación aportes empíricos y conceptuales diversos que permiten sostener, de manera razonable, que dicha complementariedad entre modelos y conceptos, el papel de las tecnologías y las técnicas de representación, están asociados a los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Como una de las características interesantes fundamentales en el logro de prácticas de enseñanza de calidad, se menciona el *diálogo* entre profesores y estudiantes (Fischer y otros, 2012). *Este diálogo se encuentra enmarcado en la construcción de CE*. Algún profesor puede negarse a mantener esta interacción como reacción a una molestia laboral, a pesar de ser catalogado como innovador (García-Díaz y otros, 1999); no acceder al diálogo puede ser una forma de indicar que las ideas de los alumnos no tienen valor epistémico para el profesor (tabla 1.4). Por el contrario, integrar los aportes de los estudiantes, en la medida que tienen modelos explicativos sobre la realidad (Giordan y De Vecchi, 1999; Tamayo, 2001) es relevante, pero también exige preparación: (i) Cubero y otros (2009), desde una perspectiva discursiva han hallado que los profesores desarrollan estrategias que tienen como propósito ayudar a que los estudiantes aprendan; (ii) el acompañamiento del profesor es importante para construir mapas conceptuales (Marques-Toigo y Moreira, 2012); (iii) acompañar a los estudiantes y comprender sus dificultades promueve sus desarrollos (Elliot, 2010); (iv) aunque un profesor muestre la intención de tener en cuenta las ideas de los estudiantes, la reorganización de su propio conocimiento para integrar el de otros puede llevarlo a regresar a la misma dinámica anterior (Wamba, 2001).

Lo anterior nos permite revisar una de las premisas de García-Díaz (1998) sobre el contexto. Éste no es uniforme, pues lo anterior sugiere que puede existir una gran diversidad de contextos escolares. Una formulación discursiva del contexto puede hacerse a partir de lo sugerido por Van Dijk (1999):

“[...] En cierto sentido dicha dimensión mental hace posibles los restantes vínculos. Los actores, **las acciones y los contextos son tanto contratos mentales como constructos sociales. Las identidades de la gente en cuanto miembros de grupos**

sociales las forjan, se las atribuyen y las aprehenden otros, y son por tanto no sólo sociales, sino también mentales. Los contextos son constructos mentales (modelos) porque representan lo que los usuarios del lenguaje construyen como relevante en la situación social. La interacción social en general, y la implicación en el discurso en particular no presuponen únicamente representaciones individuales tales como modelos (p.e. experiencias, planes); también exigen representaciones que son compartidas por un grupo o una cultura, como el conocimiento, las actitudes y las ideologías.” (p.26) [El resaltado es nuestro]

Por tanto, se puede afirmar que es posible superar la premisa de que el CE se aplica al contexto cotidiano. Si los contextos emergen precisamente como parte de las interacciones entre las personas (cognitivos y sociales a la vez), el CE no se aplica sino que el sujeto participa de dichas interacciones generando con otros diversos contextos, en los que el cotidiano, el científico y el escolar serían formas particulares de los mismos, aun siendo posible que exista diversidad al interior de ellos.

Un ejemplo que ilustra lo anterior, y nos ha llamado fuertemente la atención, es considerar que desde una perspectiva de modelización, las *prácticas de enseñanza* resultan de una **acción conjunta** entre profesores y estudiantes, en el marco de un contrato didáctico y alrededor de un conocimiento específico (Tiberghien, 2009). Bajo el anterior enfoque de contexto, sería comprensible que este tipo de contrato, identificado en algunas aulas de clase en Francia, sea difícil de lograr en algunos otros lugares del mundo (Henderson y Dancy, 2007; Ramírez, 2012); porque, aunque hablamos del contexto escolar, la interacción entre personas diversas ha hecho que posean diferentes características, como puede ocurrir con el contrato didáctico. Como acción conjunta -además de la diversidad en el logro- existe evidencia de que diferentes profesores pueden solucionar el mismo problema de diversas maneras (Lin, Henderson, Mamudi, Singh y Yerushalmi, 2013), lo que inevitablemente afecta dicha interacción.

En la actualidad la enseñanza de las ciencias, haciendo uso de modelos ha sido considerada un campo consolidado (Morales, 2010; Vasques-Brandão, 2012). Progresos efectivos llaman la atención sobre que (Vosniadou, 2012): (i) el proceso de aprendizaje marca en el niño revisiones de tipo ontológico y epistemológico sobre el mundo; (ii) el niño debe tener la oportunidad de revisar sus representaciones; (iii) para hacerlo se requiere un soporte sociocultural. Este llamamiento al acompañamiento social permite encontrar una diferencia con las comunidades científicas: **en el proceso de construcción del CE el conocimiento del profesor es de mayor complejidad que el de los estudiantes, a diferencia de las comunidades científicas, donde el término *pares* se refiere a personas que poseen conocimientos de similar complejidad.**

Esta consideración del relevante papel que juega la vida social obtiene cada más mayor soporte. Giordan y De Vecchi (1999) sostienen que las concepciones [representaciones en general] de los niños tienen a su vez una génesis social e individual, siendo considerada la concepción como *modelo explicativo*; Cañal (1999) plantea que las “ideas erróneas” de los niños se mantienen precisamente porque en su vida social no encuentran necesidad de superarlas; Islas y Pesa (2003) identifican que los profesores que presentan problemas al desarrollar procesos de modelización son precisamente aquellos que no han tenido dicha experiencia. Vasques-Brandão (2012) identifica que al trabajar con los profesores en procesos de modelización, es posible lograr avances significativos. En este punto Rea-Ramírez y otros (2008) plantean de manera consistente que el proceso de modelización es un proceso basado en la co-construcción.

Todos estos aportes apuntan a una de las características develadas en el apartado anterior: los procesos de modelización son duales, requieren de aprendizajes de tipo objetivo y subjetivo. Sumado a lo anterior, significaría que se aprende modelar en interacción social con otras personas que conocen este tipo de procesos. En especial, en el proceso de construcción del conocimiento escolar serán los profesores, principalmente, quienes brinden dicho soporte social a los estudiantes.

La posibilidad de acudir a soportes tecnológicos para confrontar nuestro conocimiento [que involucra conceptos y modelos] con ámbitos o parcelas de la realidad, permite identificar experiencias positivas de profesores que manifiestan que el compromiso de los estudiantes es bastante importante; especialmente, porque al involucrarse en la preparación de los experimentos revela comportamientos creativos de los estudiantes asociados al uso de formas de representación de la información (Rosário, Siqueira, Rabello, Rocha, 2009).

Por tanto, la diversa carga empírica y conceptual anterior apunta, de manera razonable, a considerar legítima la complementariedad entre procesos de modelización (y modelos) y procesos de conceptualización (y conceptos) en el contexto escolar que se construye gracias a las interacciones sociales que se dan entre profesores y estudiantes.

Dichos procesos en conjunto (secuencia de modelos y evolución conceptual) pueden considerarse como *marcadores de la evolución ontológica y epistemológica*, por lo que requieren incluir las técnicas de representación y los soportes tecnológicos (figura 3.10).

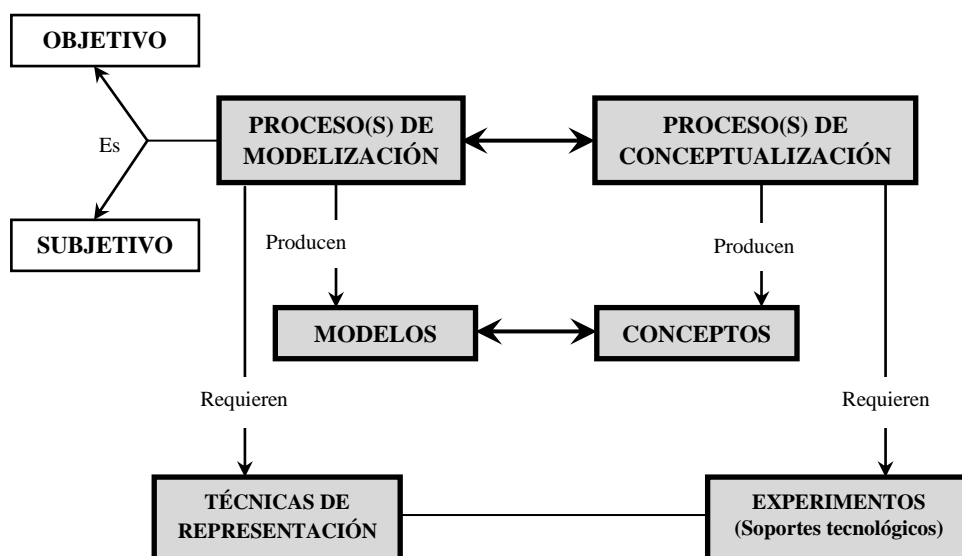


Figura 3.10. Sistema de ideas sobre la complementariedad entre *modelos* y *conceptos* en el proceso de construcción del Conocimiento Escolar.

Finalizadas las consideraciones sobre la transferencia de la complementariedad modelos-conceptos, es necesario manifestar que haber ampliado la *hipótesis de integración-enriquecimiento del conocimiento cotidiano*, de esta manera, nos lleva más allá de la evolución conceptual como un componente fundamental para entender lo que sucede al interior del sistema-aula. Pero, por otro lado, aunque coincida en algunos aspectos con otras teorías sobre los contenidos escolares (p.e. Izquierdo, 2005), el presente desarrollo es apenas suficiente para los propósitos de esta investigación.

3.4. Un modelo de sistema-aula: componentes y principios de trabajo

El final del primer capítulo ha permitido obtener como planteamientos síntesis (tabla 3.1), que hay *sistemas de ideas* [asociados a objetos de estudio específicos] permanentes¹²⁰ en el proyecto IRES: Conocimiento Práctico Profesional, Estrategias de Enseñanza y Planificación de la Enseñanza, y las primeras ideas acerca de cómo se concibe el sistema-aula. Por otro lado, la meta-hipótesis de integración teórica formulada alrededor de los movimientos de integración, que existen al interior del Programa de investigación, culmina su desarrollo en este punto, donde se muestra la forma en que el sistema-aula se renueva gracias a la participación de aquellos componentes. Primero estudiaremos el papel de los tres sistemas de ideas y, luego, el modelo de sistema-aula que se propone para el estudio de la integración de las NTIC. Igualmente, aquí se surten respuestas concretas a los interrogantes de la tabla 3.1.

¹²⁰ Esta permanencia -constatada desde dentro y fuera del IRES mediante los criterios Ideológico, Ontológico y Epistemológico- no implica identidad, pues aún dentro del mismo IRES dichos sistemas de ideas han tenido desarrollos diversos.

3.4.1. *La relación entre los sistemas de ideas permanentes y su relación con el desarrollo profesional*

El proceso de revisión, que se realizó en el capítulo 1, nos lleva a considerar que tres sistemas de ideas permanecen vigentes:

- El Conocimiento del Profesorado como un Conocimiento Práctico Profesional (Porlán y Rivero, 1998).
- El estudio de las Prácticas de Enseñanza mediante el concepto de Estrategias de Enseñanza (Cañal, 1998, 2000a).
- La Planificación de la Enseñanza y la creación de recursos (Jackson, 1975 [1968]).

En este capítulo, dentro de los planteamientos generales del IRES ([figura 3.2](#)), ha sido posible presentar los dos primeros integrados a los proyectos Investigando Nuestra Práctica e Investigando Nuestro Mundo. Ambas perspectivas desarrollan proyectos curriculares que promueven el Desarrollo Profesional [donde se enfoca más INP] y la Experimentación Curricular [donde se enfoca más INM] ([figura 3.2](#)). Ambas perspectivas preparan a los participantes en los procesos formativos para la Planificación de la Enseñanza y la Creación de Recursos.

Entonces, ¿por qué esta planificación y creación de los recursos se ha separado de las otras dos? Gracias al trabajo de revisión, tal distinción se formula por las siguientes razones:

- En ambos proyectos los profesores deben desarrollar sus propias unidades didácticas. Los reportes sobre el Conocimiento Práctico Profesional y su evolución a partir de los procesos de formación (Porlán y Martín del Pozo, 2002; Porlán y otros, 2010, 2011) adolecen como problema que los estudiantes no participan de la puesta a prueba de dichas unidades. Los reportes sobre las Estrategias de Enseñanza corresponden a lo que se decidió en su momento (Cañal, 1998) respecto a identificar dicha estrategia, pero sin hacer análisis del contenido que se trabajó en dichas secuencias de enseñanza ([figura 1.12](#)); o identificar dificultades sin su conexión con las estrategias de enseñanza (Cañal y otros, 2008). *En contraste, en nuestro estudio de caso, contamos desde el inicio con profesores que no participaban en ninguno de los dos proyectos, por lo que se hacía razonable reconocer mayor protagonismo a dicha entidad.*
- Aunque la Planificación y Creación de recursos tiene varias décadas (Jackson, 1975 [1968]), la forma en que se crean dichos recursos se reitera como un componente clave para entender el desarrollo profesional del profesorado. Desde la perspectiva del CDC, Park y Oliver (2008) lo

integran como parte de su modelo de trabajo (ver [figura 1.6](#)); Tiberghien y otros (2009) han venido trabajando en producir recursos de enseñanza, lo que ha sido suficiente para llevar a los autores a proponer una versión renovada de sistema didáctico (ver [figura 1.4](#)).

- Para Doyle (1985) los profesores con experiencia piensan la enseñanza en término de actividades.
- Por su parte, Baena (2000) considera que:

“Con respecto a la profesionalidad del docente, la elección entre un tipo u otro de tareas vendrá determinado, según Gimeno (1988), por los dilemas prácticos que se plantean al profesorado en función de la interacción entre sus condicionamientos individuales y los contextuales. **La estructura de las tareas académicas será un reflejo fiel de hasta qué punto están influyendo unos u otros condicionamientos en el desarrollo de su profesión.**” (p.221) [El resaltado es nuestro]

De esta forma las tareas, al estar en función de condicionamientos individuales y contextuales, tan sólo pueden ser comprendidas teniendo en cuenta tales restricciones, o sea, en situaciones reales de enseñanza.

- Consideran Cañal y otros (1993), Cañal (2000a), y más recientemente Rivero y otros (2011) que, desde perspectivas constructivistas, *la actividad* es la unidad del proceso metodológico y están allí para facilitar a los estudiantes la construcción de conocimiento.

Pero lo anterior es mucho más que un esfuerzo por reconocer elementos comunes en la literatura. Consiste esencialmente en una *identificación ontológica* de los diversos componentes que integran el sistema-aula; sistemas de ideas invariantes que representan objetos de estudio, que inevitablemente deben ser tenidos en cuenta en su interior porque: (i) son objetos sobre (y de) la realidad, con conceptos y modelos de referencia, que se han consolidado en las últimas décadas como parte de la comunidad científica en Didáctica y en Ciencias de la Educación; (ii) con el paso del tiempo tales enfoques se conservan, permanecen en evolución, aunque mantienen su identidad como representación de lo que sucede en la realidad.

Entre tales objetos de estudio se pueden observar posiciones y relaciones varias (figura 3.11)¹²¹. En primer lugar, comprender el CPP exige obtener conocimiento sobre la PE y las EE, aunque sea de manera parcial. Por ejemplo, el modelo de Conocimiento Profesional de Porlán y Rivero (1998) acepta como fuentes las Racionales y las Experienciales, y como componentes la naturaleza Explícita y Tácita de dicho conocimiento. Aún más, siendo uno de los objetos de estudio [y

¹²¹ Se sobreentiende que tales objetos se incardinan en contextos institucionales y culturas escolares específicas.

sistemas de ideas] derivados en la revisión que se hizo en el capítulo 1, se acepta que este objeto tan sólo se puede conocer de manera complementaria con el conocimiento que se hace de la PE y de las EE. *La gran diferencia radica en que para conocer este objeto de estudio no es necesario ir a estudiar los materiales que han creado los profesores y/o visitar las aulas de clase.* En esta lógica aparece el INPECIP (Porlán, 1989), un excelente instrumento que permite indagar por las creencias que exponen los profesores bajo el supuesto que su CPP emerge como un proceso de respuesta a problemas profesionales relacionados con la práctica de enseñanza que “[...] están relacionados, en gran medida, con la toma de decisiones antes, durante y después de la intervención, por lo que existe una importante relación entre conocimiento profesional y desarrollo curricular.” (Porlán y Rivero, 1998:65).

Bajo esta lógica, de acuerdo con el contexto (cercanía al sistema-aula) (figura 3.11), el Conocimiento Práctico Profesional (CPP) se encuentra más alejado (temporal y ontológicamente) del sistema-aula real. La Planificación de la Enseñanza (PE) se hace de forma cercana a dicha aula, las Estrategias de Enseñanza (EE) tan sólo emergen con la *existencia*¹²² del sistema-aula. En relación con el tiempo, el CPP está presente siempre, de forma simultánea con la PE y las EE. En contraste, la PE –inicialmente- es anterior a las EE. Las flechas continuas indican una relación de orden en el tiempo; por ejemplo: la PE está antes que las EE; las flechas discontinuas, en la figura, revelan una relación reflexiva, *reflexión sobre la acción* en términos de Schön (1998) para este caso.

Poner el acento sobre la PE como objeto de estudio [y sistema de ideas] implica reconocer una relativa autonomía de la PE, pero de igual manera como se ha hecho con el CPP, para conocer la PE se hace necesario conocer el CPP y las EE. Indagar por la PE implica conocer de primera mano el trabajo que se hace al planificar la enseñanza y crear materiales para tales propósitos, donde inevitablemente surgen elementos del CPP y de las EE.

Por último, las EE se pueden comportar como un objeto de estudio relativamente autónomo, pero en el que inevitablemente aparecen componentes del CPP y de la PE. A diferencia con el CPP, que puede ser indagado en gran parte teniendo como fuente al profesor mismo, o con la PE que se puede indagar estudiando los materiales de enseñanza creados, las EE solamente emergen con la aparición del sistema-aula, y su conocimiento tan sólo es factible si se visita el aula de clases o se cuenta con registros, como el caso de los vídeos, que permitan estudiar lo que allí sucede.

¹²² Tan sólo en el momento mismo de realizar los procesos de enseñanza-aprendizaje gracias a las interacciones que estudiantes y profesores establecen mediante el conocimiento escolar, en un contexto específico que ayudan a configurar.

En síntesis, se acepta que el CPP, la PE y las EE conforman un sistema de objetos [asociados a sistemas de ideas] que se encuentran en interacción, y por lo tanto revelan afectaciones mutuas. A continuación se sustentarán estas relaciones haciendo referencia a estudios diversos que las ilustran.

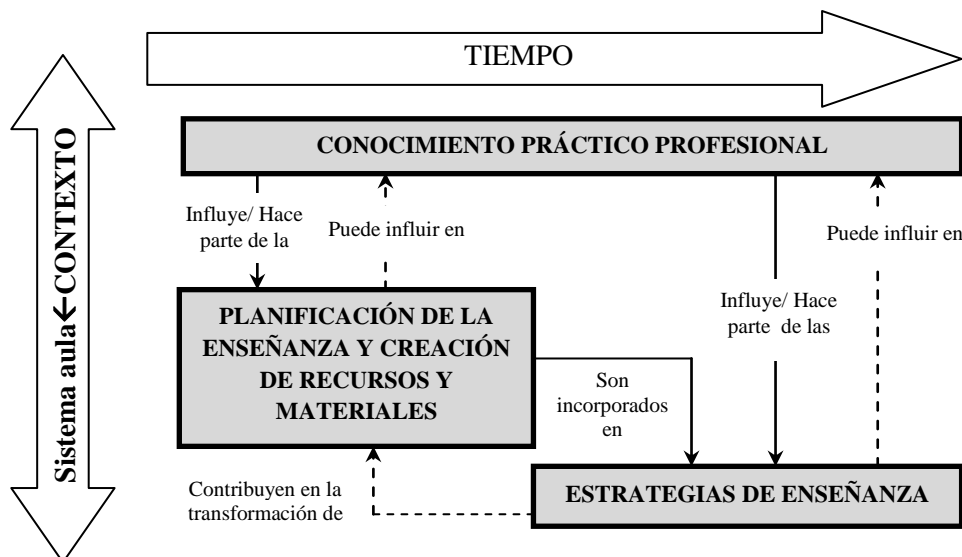


Figura 3.11. Relación entre los sistemas de ideas invariantes de acuerdo con el *tiempo* y el *sistema-aula* real como contexto.

El proyecto Investigando Nuestra Práctica ha indagado especialmente por la influencia inevitable del CPP sobre la PE, insistiendo en la relación reflexiva que existe desde la PE hacia el CPP. Solís (2005), en el marco de la investigación doctoral sobre las *Concepciones Curriculares del Profesorado de Física y Química en Formación Inicial*¹²³, encuentra que la formación de los estudiantes permitió evidenciar mejoras en la Formulación de los Contenidos Escolares (p.895), siendo prácticamente testimonial el progreso en las concepciones sobre metodología y estrategias de enseñanza (p.896). Porlán y otros (2010, 2011), en una investigación realizada con cinco grupos de estudiantes de Magisterio en Brasil y España, identifican avances de importancia sobre los Contenidos Escolares, mientras los avances [tomados como la diferencia entre el punto de partida y el de llegada] son poco significativos en lo metodológico. En ambos estudios se concluye que, al tratarse de estudios de corta duración, los cambios esperados puede que no sean muy profundos. En relación con el último de ellos, los autores (Porlán y otros, 2011) indican que:

“(…) nos ha hecho corroborar que las intervenciones de corta duración no permiten superar obstáculos muy arraigados como el *absolutismo pedagógico*, y que la experimentación de diseños didácticos en las aulas de Primaria, en compañía de

¹²³ Con estudiantes del curso de C.A.P., que no trabajan en instituciones escolares con clases asignadas. Los que trabajan lo hacían bajo la modalidad de clase personal.

docentes expertos e innovadores, es imprescindible para comprobar y consolidar la consistencia de los cambios.

(...) dejamos constancia de que hemos tratado de aportar un instrumento teórico-práctico para la reflexión y el análisis de los datos: *Los Itinerarios Generales de Progresión*. Consideramos, evidentemente, que son parciales y limitados. **Por ejemplo, sería interesante tratar de describir la progresión metacognitiva de los docentes o su capacidad para afrontar los retos emocionales que implica un cambio a contracorriente, aspectos que aun siendo esenciales y de gran interés, no se abordan en este trabajo.** ” (p.367) [El resaltado es nuestro]

Por otro lado, el proyecto Investigando Nuestro Mundo ha profundizado especialmente en la relación entre PE y EE, como en la relación reflexiva entre EE y PE. En este caso ha sido posible acompañar a profesores de escuela en el desarrollo de unidades didácticas en las aulas de clase, recibiendo acompañamiento experto de los líderes del trabajo de investigación (Pozuelos y otros, 2010). En un estudio con dos grupos de profesores, estos autores presentan conclusiones interesantes, entre las que destacamos en relación con el contexto institucional y las dificultades materiales: (i) la carencia de tiempo [la enseñanza basada en la indagación requiere bastante tiempo y esfuerzo], relacionada con el desarrollo de la enseñanza en contextos reales; (ii) la dificultad que representa la organización del plan de estudios en asignaturas; (iii) la falta de experiencia con el aprendizaje basado en indagación; en relación con el diseño de unidades didácticas desde este enfoque; y (iv) *específicamente sobre las barreras metodológicas, se ratifica la dificultad de organizar las tareas en las unidades de enseñanza.*

Por ahora es posible indicar que la relación reflexiva PE→CPP muestra, de manera consistente que se puede influir el CPP desde la PE, pero que dicho proceso no es tan sólo un asunto de tiempo, sino también un asunto de corte fenomenológico: la complejidad de las aulas de clase y las instituciones escolares, como parte de las prácticas de enseñanza, explican que dichos cambios no sean tan cómodos. Además de cambiar una forma de pensar, en la enseñanza se incluyen los factores contextuales que dificultan este proceso de mejora, a lo que se suman los aspectos emocionales de dicho cambio (Vázquez-Bernal y Jiménez, 2013).

La exploración de la relación entre CPP, PE y EE ya se ha venido abordando. La tesis doctoral de Wamba (2001) pone su énfasis crítico en la necesidad de consolidar concepciones y prácticas diferentes a la cultura escolar tradicional, reconociendo que la enseñanza “no produce aprendizajes en situaciones espontáneas, sino que es un fenómeno institucionalizado con carácter evaluativo, intencional y teleológico.” (p.22). En la PE se toma como criterio el tipo de problemas que organizan las tareas y actividades (Fernández y otros, 1997, citado por la autora). En el extremo más simple se tienen los ejercicios y las prácticas, y

en el extremo más complejo se ubican los problemas abiertos. Al obtener una normalización de este objeto de estudio, procede a diseñar una metodología para comparar el CPP con el análisis de la intervención en las aulas (EE)¹²⁴ mediante instrumentos desarrollados para tal propósito (García-Díaz y otros, 1999). *Al respecto de este movimiento hemos señalado con anterioridad que al buscar las semejanzas entre el CPP y las EE, sin importar la forma que han tomado los instrumentos, se termina por romper la distancia entre CPP y EE, sumiendo ontológicamente el EE al CPP. Dicha simplificación ontológica permite encontrar semejanzas entre uno y otro objeto, pero dificulta revisar las diferencias que existen entre ellas, claves para comprender y trabajar en la integración entre pensamiento y acción profesional.*

El estudio de caso de Ballenilla (2003), titulado *El Practicum en la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias de Enseñanza Secundaria*, con base en el concepto de Modelo Didáctico Personal (MDP), identifica que los *tutores de práctica*, al contar con aulas consolidadas, ya hechas a su forma de trabajo, no se oponen negativamente al trabajo de los practicantes; pero la presión que ejercen sobre éstos imposibilita la realización de prácticas de cambio conceptual (pp.182-184). El papel del contexto de trabajo en los profesores lleva a Ballenilla (2003) a formular algunas conclusiones como las siguientes: (i) aunque la profesora en estudio cambió hacia la realización de prácticas de enseñanza alternativas, “Resulta sorprendente cómo las posiciones mantenidas por el sujeto sobre *para qué y por qué enseñar* no se muevan un ápice entre el principio y el final de la experiencia.” (p.283); (ii) el sujeto no cae en la cuenta de la contradicción entre su concepción academicista sobre los contenidos y la realización de prácticas de enseñanza alternativas (p.283); (iii) la categoría *relación alumnos/profesor* no ha tenido prácticamente cambios desde el primer momento hasta el final. Tal estudio muestra que la relación reflexiva entre EE, PE y CPP no es inmediata ni automática, comportándose como ámbitos de la realidad relativamente independientes.

Otro estudio de interés en dicha línea, es el realizado por Vázquez-Bernal (2005). Durante un largo periodo de tiempo (tres años), se hace seguimiento a profesores innovadores, que aceptan ser acompañados en su praxis docente por el grupo de investigación DESYM, de la Universidad de Huelva. Entre sus hipótesis más destacadas se encuentra la *reflexividad* de los profesores como un elemento fundamental para indagar por el desarrollo profesional. Se valora la calidad de la reflexividad en la medida que se da la integración entre reflexión [de tres tipos: introspectiva, interrogativa y grupal] y práctica, proponiendo referentes particulares para el CPP [con seis marcos: *ideológico, formativo, psicológico, contextual, epistemológico y curricular*, formuladas en diferentes niveles de complejidad: *técnico, práctico y crítico*]. De toda la ingente información y aportes del

¹²⁴ En este momento nos referimos al objeto de estudio Estrategias de Enseñanza, relacionadas genéricamente con la forma en que se da la enseñanza en las aulas de clase.

estudio, podemos destacar que: (i) aunque se verifican cambios en los profesores, operan indistintamente en relación con estos marcos, no es posible identificar un patrón; (ii) las teorías prácticas explican mejor los cambios de los profesores, identificándose núcleos duros que presentan resistencias al cambio, al igual que núcleos que promueven este cambio; (iii) al poner en relación la reflexión y la práctica dichos núcleos funcionan de manera complementaria.

Lo anterior justifica las coordenadas contextuales y temporales que se le han concedido al CPP y a la PE respecto a las EE (figura 3.11). Como lo expresa Vázquez-Bernal (2005), es posible evidenciar cambios sin que se reconozcan patrones de los mismos en los marcos (parte del CPP), pero es más fácil identificar relaciones entre las teorías prácticas y las prácticas de enseñanza.

En una perspectiva semejante, poniendo en relación CPP, PE y EE, Cañal y otros (2011), están desarrollando el proyecto titulado *¿Cómo mejorar la Enseñanza Elemental sobre el Medio?: Análisis del Currículo, los Materiales y la Práctica Docente*, en un esfuerzo de gran cubrimiento. En este caso se va más allá de las relaciones expuestas (figura 3.11), tomando como referencia el estudio del currículo prescrito o de enseñanzas mínimas oficial, la concreción del currículo en los centros educativos [incluye el estudio de materiales para la enseñanza] y el desarrollo de dicho currículo en las aulas [se estudian las prácticas de enseñanza y los componentes del pensamiento del profesorado involucrados: p.e. epistemológicos, psicológicos y axiológicos].

En consecuencia, y por un lado, entre estos objetos de estudio la influencia no puede ser completa, ya que cada uno *existe* [se configuran social y cognitivamente] en condiciones específicas [no es factible la reducción ontológica entre unos y otros]. Por otro lado, en términos de las *relaciones reflexivas*, cada objeto permite transformaciones en los demás, lo que es indicio de que se encuentran interconectados; pero también que dichos cambios no son automáticos, pues requieren de tiempo y trabajo. Esto supone que tampoco es posible reducir unos objetos a otros bajo este tipo de relaciones. *Por tanto, es razonable pensar que un(a) profesor(a) con alto desarrollo profesional presenta tales relaciones en niveles de mayor intensidad, funcionando como un sistema temporal¹²⁵; por el contrario, un bajo desarrollo profesional presentaría tales objetos con relaciones de baja intensidad.*

Dicha inconmensurabilidad no impide que al interior de cada uno de los objetos de estudio [en calidad de modelos] se puedan concebir componentes particulares de los otros; este es precisamente el amplio rango de estas relaciones. Podemos encontrar en el CPP la referencia a las rutinas y guiones identificables en las EE;

¹²⁵ No es conveniente sintetizar las relaciones directas y las reflexivas en un esquema de interacción en la medida que el tiempo termina marcando estas relaciones. Abstraerlos en este tipo de relación eliminaría de tajo su naturaleza *fenomenológica*.

o tareas y actividades de la PE en las EE; o elementos epistemológicos y psicológicos en las EE, que se pueden identificar en el CPP, pero no es conveniente considerarlos sectores comunes e iguales en la medida que bajo las dimensiones de tiempo y contexto entran a jugar papeles diferentes en sistemas diferentes. *Eso sí, es factible pensar que tienden a ser coherentes y consistentes en la medida que se obtienen mayores niveles de desarrollo profesional*¹²⁶.

3.4.2. *Presupuestos y cuestiones alrededor del papel del modelo de sistema-aula en esta investigación*

Al iniciar este apartado es necesario reconocer las diversas maneras en que el sistema-aula se ha considerado de alta complejidad, la carga empírica y cuestiones que actualmente apoyan su comprensión. Para hacerlo, la estrategia será la integración de los componentes que se han desarrollado en todo lo anterior (capítulos 1 y 2, y lo que va de éste).

La alusión de Jackson (1975 [1968]), alrededor de las interacciones que se pueden producir en una clase, sirven como una primera referencia sobre la complejidad del sistema-aula:

“Todo el que se dedica a la enseñanza sabe que la clase implica mucho trabajo, aunque un observador ocasional pueda pensar lo contrario. Es más, algunas investigaciones recientes han dado resultados que han sorprendido, incluso a los profesores con larga experiencia. **Por ejemplo, en una investigación llevada a cabo en las clases de la escuela primaria hemos descubierto que el profesor establece al día nada menos que 1.000 contactos interpersonales. Si se catalogaran los intercambios entre los alumnos, o el movimiento físico de los asistentes a la clase, se corroboraría la impresión generalizada de que casi todas las clases, aunque desde fuera puedan parecer un remanso de paz, tienen tanta actividad como una colmena.**” [Las negrillas son nuestras] (p.23)

Jackson se sirve de los resultados de sus investigaciones para cuestionar el enfoque de ingeniería (tecnológico) que se aplicaba en ese momento histórico al trabajo pedagógico. Empieza a mostrar evidencia del tipo de problemas que conlleva dicho enfoque. De manera muy cercana a lo que vivimos como profesores en un aula de clase típica, Jackson (1975 [1968]) afirma:

“[...] Cuando se recuerda que el profesor medio está a cargo de veinticinco o treinta alumnos con diferentes habilidades y antecedentes durante mil horas al año aproximadamente, y que su responsabilidad cubre cuatro o cinco o más campos de

¹²⁶ En este punto consideramos que es válida la afirmación que Porlán y Rivero (1998) hacen refiriéndose a la organización del CPP: “Por tanto, la cantidad y calidad de interacciones que se dan entre estos saberes condicionan la potencialidad de los esquemas de significados de los profesores y de las teorías prácticas de la profesión. *Es decir, son las interacciones, en este caso epistemológicas y cognitivas, las que, como en cualquier otro sistema complejo, determinan las cualidades del saber práctico profesional.*” (p.64).

estudio, es difícil que sea demasiado preciso acerca de a dónde se dirige y de cómo llegar allí en cada momento. **Puede tener una ligera noción de lo que espera alcanzar, pero no es razonable esperar que mantenga una consciencia alerta de la forma en que cada uno de los doce o más objetivos pedagógicos.**

[...] Y la semejanza merece atención porque está en relación con una condición básica de la labor del profesor, una condición que ayuda a explicar por qué muchos de los frutos de la investigación y de la especulación teórica no son asimilados por los educadores practicantes. Parece que el profesor está sencillamente ocupado para molestarse con las florituras intelectuales y pedagógicas de la teoría del aprendizaje y los objetivos exactamente definidos. **Al enfrentarse con veinte o treinta alumnos inquietos, tiene ya suficiente que hacer sin preocuparse de si su comportamiento está de acuerdo con las declaraciones de los teóricos o con las advertencias de los planificadores de planes de estudio.**” [Las neग्रillas son nuestras] (p.193)

El autor plantea estas críticas en un contexto histórico-social en el que precisamente esa complejidad ha justificado la elección de ciertos aspectos de dicha realidad (Gage, 1964; citado por Fischer y otros, 2012) para ser domeñados bajo los métodos de las ciencias naturales. De aquí que se haya creído en dicho momento que la relación PE y EE (figura 3.11) podría ser *manejada eficientemente* desde dicha perspectiva. Pero nuevamente la complejidad del sistema-aula echó por el suelo esta gran cantidad de supuestos.

Abundan los trabajos que muestran esta gran riqueza de las aulas de clase. La tesis doctoral de Cañal (1990) sobre la *Nutrición de las plantas verdes*, mediante una metodología cualitativa que incluyó la inmersión en las aulas de clase, revela la gran complejidad de los sucesos de clase, como se ha ejemplarizado en el capítulo 1. Los desarrollos de este autor (Cañal y Porlán, 1988; Cañal, 1998) sobre el sistema-aula podrían interpretarse como una manifestación de dicha complejidad, al lado de su orientación personal hacia el trabajo alrededor de las estrategias de enseñanza (Cañal, 2000a), de manera separada sobre los contenidos en las aulas; lo que permite pensar que dicha integración no ha sido sencilla.¹²⁷

De manera particular el trabajo de Shulman (1986, 1987 [2001]) contribuye a comprender que el profesor debe saber algo más que la disciplina. De sus trabajos resulta lo que hoy se ha llamado el CDC. Esta primera versión, considerada simple por algunos autores, ha visto cómo la tentación de encontrar factores que expliquen el conocimiento del profesorado se ha sesgado hacia la búsqueda de modelos apoyados en las correlaciones matemáticas que indiquen cuáles serían esos factores. Una de las estrategias básicas ha sido documentar casos en los que se presenten fenómenos relacionados de forma cualitativa,

¹²⁷ El valioso trabajo del profesor Pedro Cañal de León ha sido fundamental para elaborar el modelo de sistema-aula que se propone a continuación; son estos desarrollos los que han hecho posible esta tesis, de otra manera habría sido simplemente imposible.

proponerlos como factores posibles, e integrar dichos factores a modelos más amplios (v.g. Park y Oliver, 2008). Es en este contexto específico donde Porlán y otros (2010) ubican la concurrencia semántica que se ha venido dando entre CPP y CDC.

En la actualidad, esta concurrencia semántica entre el modelo de CPP de Porlán y Rivero (1998) y el de CDC, parece variar si se mira desde la perspectiva de la integración de las TIC. Al interior del CDC ha emergido en los últimos años un marco teórico nuevo, *el Conocimiento del Contenido Pedagógico Tecnológico* (TPACK en inglés) que busca ayudar a comprender cómo un profesor puede ayudar a diseñar y conducir efectivamente una instrucción basada en las TIC (Lin, Tsai, Chai y Lee, 2013). Este estudio reciente revela las relaciones entre las percepciones de los profesores de ciencias del TPACK y sus características demográficas, como experiencia, género y edad. Las conclusiones convergen con las planteadas por Almerich y otros (2011), y Área (2010). En el apartado de las conclusiones los autores recomiendan que se debe trabajar en *el descubrimiento de nuevos indicadores para cualificar el desarrollo de la enseñanza profesional de los profesores con TICs, con el propósito de encontrar necesidades en la formación del profesorado* (Lin y otros, 2013:334).

En suma, parece existir un movimiento de regreso hacia posiciones en las que la búsqueda de factores, que sirvan en la construcción de modelos sobre el CPP, parece ser la salida para comprender lo qué puede suceder con la integración de este tipo de tecnologías en las aulas de clase [parece hacerse convincente la idea de *sumir* ontológicamente la PE y las EE al CPP]. En esta perspectiva, Almerich y otros (2011) consideran que primero los profesores deben ser formados en la Planificación de la Enseñanza para, luego, y de forma gradual, ir diseñando ambientes de aprendizaje enriquecidos donde las TIC se encuentren perfectamente integradas (p.21).

También es posible, de forma simultánea, encontrar posiciones críticas (Cabero, 2004; Área, 2005) que respetan la relativa independencia de los objetos de estudio identificados (figura 3.11). Tales autores reclaman que: (i) se debe construir teoría sobre este fenómeno particular de la realidad escolar que nos permita comprender qué sucede cuando los ordenadores entran en las escuelas (Cabero, 2004; Área, 2005); (ii) *plantear estudios más sistemáticos que analíticos* (Cabero, 2004); (iii) *“plantear investigaciones holísticas que persigan analizar cómo se integra la tecnología en los grupos en contextos educativos reales; cómo los recursos tecnológicos son interpretados y adaptados por los usuarios;...”* (Área, 2005:18).

En consecuencia, y de acuerdo con lo argumentado anteriormente, ya no es un secreto que esta última sea la opción acogida en este estudio. Hagamos un recuento de dichos argumentos:

- La preocupación por la relación entre acción y pensamiento pedagógicos del profesor, y la necesidad de tener en cuenta la relación entre acción y pensamiento de los estudiantes, nos pone ante la necesidad de estudiar su interacción; la que se da precisamente al interior del sistema-aula.
- La preocupación por el desarrollo de pensamiento y acciones complejas en los estudiantes devino de estudiar el papel de las NTIC en nuestra vida social (capítulo 2), e identificar que podemos encontrar una ecuación tecnificadora del ser humano que impide el cambio y la mejora social a partir del uso de las NTIC.
- Dicha preocupación nos ha llevado a revisar el proceso mismo de modelización como parte del desarrollo y uso de tales tecnologías. Después de mostrar que la complementariedad entre modelos y conceptos puede trasladarse a la construcción del conocimiento escolar; encontramos una forma específica para valorar la relación entre acción y pensamiento de los estudiantes, proceso inevitablemente ligado a los profesores como parte de las relaciones de enseñanza-aprendizaje.
- Identificábamos en el primer capítulo que el comportamiento de los resultados sobre la integración de las NTIC en la enseñanza tiene semejanza con lo que ha ocurrido ya con otras tecnologías (Cuban, 2001); por tanto, necesitamos fundamentar teóricamente la integración de las NTIC como parte de las tecnologías. *El hecho que diversos estudios ratifiquen que las características demográficas (experiencia, edad y género) son definitivas, nos habla de que con el paso del tiempo dicho proceso se estabilizará, como ya ocurrió con tecnologías como la radio y la televisión en la educación.*
- De modo cíclico, al revisar los primeros resultados del capítulo 1, encontramos que los estudios de integración avanzan *hasta donde las encuestas lo permiten*, pero nuevamente queda la sensación de que cuando se llega a las fronteras del sistema-aula allí todo se hace *incierto*.

Por tanto, la elección más consistente es precisamente estudiar el sistema-aula como marco primario para comprender *la Integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, desde la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela (MIE)*. El análisis ontológico iniciado en el primer capítulo y culminado en este (figura 3.11), nos ha llevado a declarar que no estamos dispuestos a reducir ninguno de los objetos de estudio a los demás; pero que, igualmente, centrarnos en la construcción del modelo de sistema-aula no implica que dejemos de lado los aportes que los modelos sobre los demás objetos de estudio puedan hacer.

3.4.3. Modelo de sistema-aula propuesto para este trabajo

Al finalizar el primer capítulo preguntábamos hacia dónde debe orientarse el sistema-aula; respondíamos al respecto que debe hacerse más complejo,

permitiendo que los estudiantes obtengan excelentes resultados en tareas como las planteadas por las pruebas como PISA, y la participación en la superación de problemas socioambientales, como complejizaciones concretas de los aprendizajes, y de los profesores en los ámbitos actitudinal, conceptual y procedimental. *En esta presentación buscaremos ampliar y matizar dicha respuesta como parte del desarrollo del modelo.*

Hemos sostenido que el contexto escolar emerge gracias a la interacción entre profesores y estudiantes, en la medida que el contexto es un constructo tanto cognitivo como social (Van Dijk, 1999). A quien llamamos *profesor* es una persona que necesariamente debe poseer las poblaciones conceptuales (Toulmin, 1977) de referencia que le acreditan para adelantar tareas de enseñanza al interior de las aulas de clase (el *saber* académico al interior del modelo de CPP, de Porlán y Rivero, 1998); por tanto, la clase de Física debe estar en manos de una persona que sepa Física. Los estudiantes poseen conocimientos previos sobre la realidad (Tamayo, 2001) que han sido denominados de maneras diversas (Furió, 1994; García-Díaz, 1998; Giordan y De Vecchi, 1999; Gutiérrez, 2004, Vosniadou, 2012; Marques-Toigo y Moreira, 2012; Greca y Moreira, 2003, entre otros).

Desde una perspectiva disciplinar los conocimientos del profesor son superiores al grado de desarrollo adquirido por sus estudiantes, *es una relación asimétrica*. Esta relación, en tanto que no es igual a la de los pares científicos en la comunidad de la Física, conlleva que en el contexto escolar no se tienen idénticas condiciones a las que se poseen en el proceso de construcción de la ciencia. A pesar de todo, es posible identificar que los *procesos de modelización y procesos de conceptualización* pueden darse como procesos complementarios en la construcción del conocimiento escolar (CE).

Estas últimas ideas requieren varias matizaciones: (i) la complementariedad entre conceptos y modelos parece ser un buen elemento para que la construcción de conocimiento al interior del sistema-aula se haga más complejo; pero en verdad eso depende de diversos factores, entre los que se cuenta la formación del profesor en este tipo de procesos (Islas y Pesa, 2003; Justí, 2006; Vasques-Brandão, 2012), (ii) no basta con saber la disciplina para hacer posible el proceso de enseñanza, es necesario que el profesor tenga un conocimiento adicional sobre *cómo enseñar* (Shulman, 1986, 2001 [1987]; Grossman y otros, 2005; Porlán y Rivero, 1998, entre otros).

De aquí se obtiene una primera idea sobre el comportamiento del sistema-aula: *la orientación del sistema-aula (teleología) hacia la consolidación de un conocimiento escolar complejo no se puede tomar como un fin inevitable*. Puede que lo deseemos desde una perspectiva constructivista, crítica, sistémica y compleja, pero dicho tipo de evolución no es más que uno de los fines posibles que pueden tener las

interacciones entre estudiantes, profesores, conocimiento y contextos institucionales.

Existe evidencia acerca de aulas con bajos niveles de complejidad, donde las interacciones entre profesores y estudiantes pueden producir conocimientos simples y estereotipados; Jackson (1975 [1968]) abunda en su descripción, pero llama la atención la cita que abre el capítulo 1 titulado *La Monotonía Cotidiana*, donde dice:

“El “orden”, lo más trivial de la institución, es, en términos humanos, un desorden, y como tal hay que oponerle resistencia. Es un signo evidente de salud psíquica el que la juventud haya tomado consciencia de ello.

THEODORE ROETKHE: *El poeta y su oficio.*” (p.13) [El resaltado es nuestro]

De esta forma una de las características del Modelo Tradicional, *la disciplina y el orden*, emerge como un estado de máxima entropía.

Pero lograr un sistema-aula complejo no es un asunto sencillo. Tan sólo conceptualizando el control del aula desde una perspectiva de procesamiento de información (inevitablemente simplista) -característica del sistema-aula (Cañal y Porlán, 1988)-, desde el modelo que propone Ballenilla (2003), con el propósito de entender la complejidad de lo que allí sucede, nos lleva a concluir que la capacidad de procesamiento del cerebro humano de un profesor sería superada con creces. En esta parte del texto relata que pide a profesores en formación que enuncien algunas variables a tener en cuenta en las aulas de clase (pide reducir de 15 propuestas por los profesores a 7, para hacer más fácil el trabajo), y que supongan que tienen cursos con 30 estudiantes; bajo una perspectiva combinatoria encuentra (Ballenilla, 2003):

“[...] Vamos a intentar reducir el número de variables al máximo, y quedarnos con las más importantes, por ejemplo 7, entonces $2^7 = 128$ estados, lo que parece un número más manejable. Ciertamente fijarse en si un alumno/a esta en alguno de esos 128 estados debe ser más fácil que fijarse en si está en alguno de los 32.748 de antes.

Veamos que pasa en el aula con sus treinta compañeros, $(2^7)^{30} = 1,64 \times 10^{63}$ bueno, al menos si me fijo *solo* en siete variables, no se desborda la calculadora. De manera que de un momento al siguiente el aula puede adoptar uno entre los $1,64 \times 10^{63}$ estados posibles.

¿Se trata de un número grande?, efectivamente a la vista está que se trata de un número grande

1.645.504.557.321.206.042.154.969.182.557.400.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

pero es que además supera ampliamente el límite de Bremermann para nuestro cerebro.

Basándose en simples consideraciones físicas de la teoría cuántica, Bremermann hace la siguiente conjetura “no existe un sistema artificial o viviente, de proceso de datos, que pueda procesar más de 2×10^{47} bits por segundo y por gramo de su masa”

Si nuestro cerebro tiene unos 1500 gramos, $1500 (2 \times 10^{47}) = 3 \times 10^{50}$, esa sería su capacidad máxima de computación, claramente insuficiente para gestionar un aula. Se trata simplemente de un número imposible, y eso que al final nos quedamos *solo* con siete variables. **“Cojamos toneladas de computador y siglos de tiempo, y solo sumaremos unas pocas unidades al exponente”** [Las negrillas son nuestras] (p.65)

Debido a tal complejidad se considera que *las rutinas y guiones* (otro componente del modelo de CPP de Porlán y Rivero, 1998) son las que le permiten al profesor manejarse en un ambiente tan complejo como es el aula (Ballenilla, 2003:97). Cita el siguiente texto de Shavelson y Stern (1981), al respecto:

“las rutinas minimizan la adopción consciente de decisiones durante la enseñanza interactiva y así se mantiene el flujo de actividad. Además, desde el punto de vista del procesamiento de la información supone para el docente el convertir en predecible el ritmo y la secuencia de las actividades, así como la conducta de los alumnos dentro de un *flujo de actividad.*” [Las negrillas son nuestras] (p.97)

*La transformación de este tipo de interacciones profesor-estudiante debe darse en un contexto institucional (social, histórico y cultural particular)*¹²⁸, *haciendo posible* (o difícil, como lo muestran Henderson y Dancy, 2007; Ramírez, 2012) *la emergencia de nuevas formas de organización del sistema* (figura 3.12). Al fin y al cabo el sistema-aula, gracias al ejercicio reflexivo del profesor¹²⁹ (Vázquez-Bernal, 2005), es un sistema no trivial que se entiende como (Von Foerster, 1993, citado por García, 2002):

“Sistemas psíquicos (o de consciencia) y sociales (o de comunicación) operan siempre como sistemas observadores, lo que les permite distinguirse como sistemas de su entorno. **Esto significa que se trata de sistemas capaces de distinguir entre autorreferencia (referencia a sus elementos, procesos o a sí mismos como totalidad de sus elementos y procesos) y heterorreferencia (referencia externa).** Por eso, sus límites son para ellos algo no material (como sucede con los sistemas vivos), sino formas binarias.

Expresado de manera más formal y abstracta, lo anterior quiere decir que estamos ante una *re-entry* de la distinción en lo que por ella es distinguido. Esto significa que la diferencia entre el sistema y su ambiente se presenta aquí por partida doble: por un lado, como la diferencia *producida por* el sistema y, por otro, como la diferencia *observada en* el sistema. **Los sistemas que operan así son sistemas no triviales, o lo que es lo mismo: incalculables –analíticamente impredecibles-, y ello no sólo para otros sistemas, sino también para sí mismos. Y decir esto es tanto como decir que se trata de sistemas caracterizados por una indeterminación que no procede de alguna variable independiente –esto es, de la imprevisibilidad de los influjos ambientales-, sino de ellos mismos.**” [Las negrillas son nuestras] (p.87)

¹²⁸ García-Díaz y otros (1999), Porlán y otros (2010), Pozuelos y otros (2010) muestran diferentes perspectivas de dicho impacto.

¹²⁹ El modelo tradicional, donde se contextualizó el control del aula, requeriría estados de reflexividad bastante bajos, apoyados en una relación basada en el poder. Así, lograr mayores niveles de complejidad implica, necesariamente, que esta reflexividad sea protagonista.

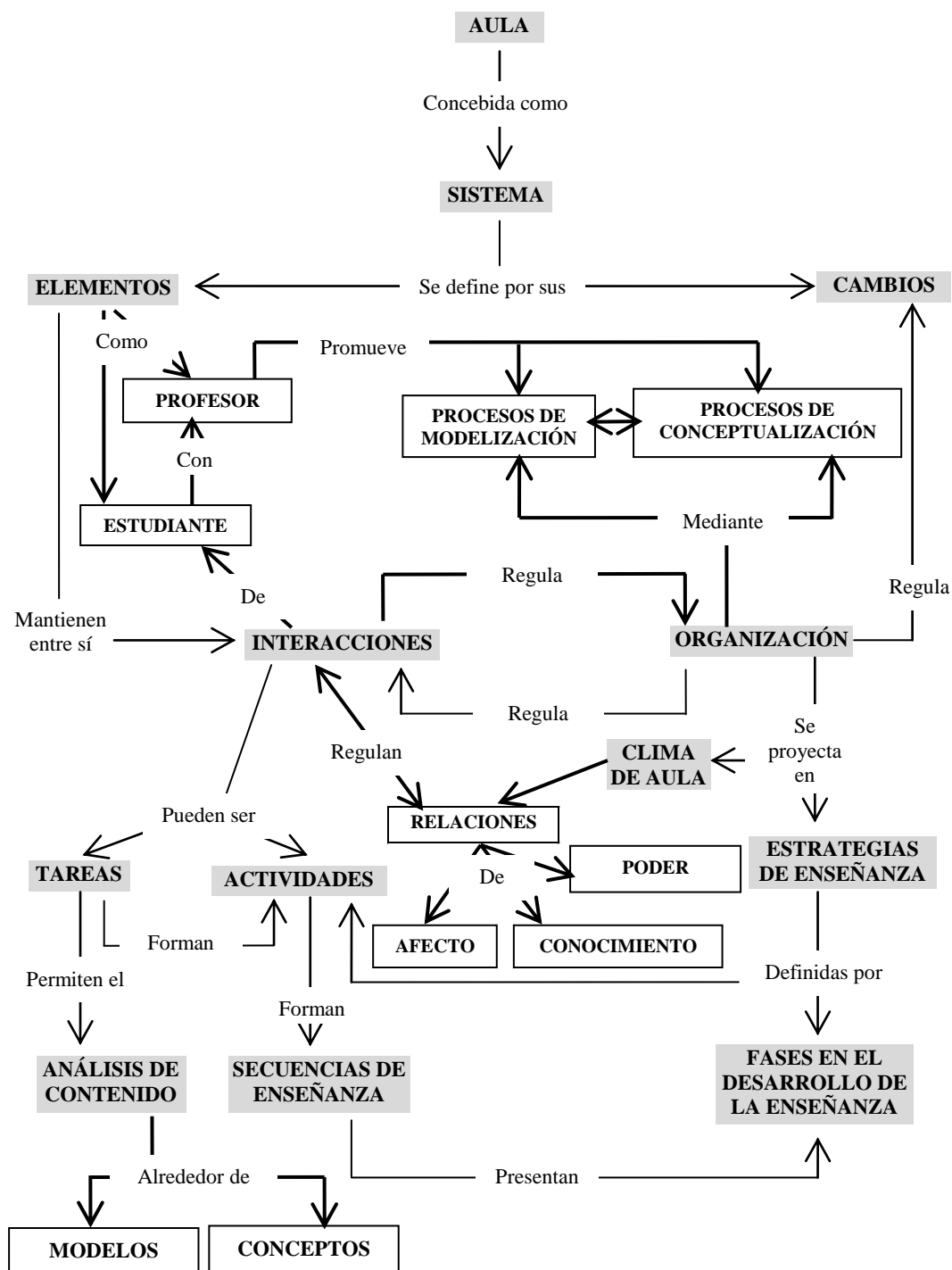


Figura 3.12. Sistema de ideas sobre el modelo teórico de sistema-aula. Elaborado a partir de Cañal (1998).

Teóricamente esta afirmación coincide con lo propuesto desde una perspectiva sistémica y compleja. La cualidad de ser un estado reflexivo (figura 3.11) permite procesos de reorganización que suponen un cambio en espiral, mediante interacciones de tipo recursivo (García-Díaz, 1998:122). En el caso del sistema-

aula (figura 3.12), alterar su organización, además de regular los cambios, proyecta nuevos *climas de aula* y *estrategias de enseñanza*. Las interacciones de profesores y estudiantes se ordenan mediante tareas y actividades que son esencialmente formuladas por los profesores. En grados de mayor complejidad [enseñanza-aprendizaje por investigación], este tipo de tareas puede caracterizarse por los problemas abiertos en contraste con los niveles más simples en los que predominan los ejercicios y las prácticas (Wamba, 2001).

Por tanto, es posible pensar que el profesor puede promover cambios en el sistema-aula. Pero los cambios en las interacciones, siendo de naturaleza discursiva, no solamente operan en el ámbito del lenguaje sino que también tienen el potencial de alterar las relaciones de conocimiento, afecto y poder (Cañal, 1998) que se establecen al interior del sistema¹³⁰, involucrando las emociones del profesor (Vásquez-Bernal y Jiménez, 2013).

Hasta aquí hemos operado en el estrecho marco del sistema-aula y su relación con las estrategias de enseñanza (EE), caracterizando los componentes del sistema y la posibilidad de comprender los cambios mediante los componentes del modelo. Al ser elaborado, integrando aportes de diversas investigaciones que promueven la complejización de los procesos de enseñanza-aprendizaje, es bastante razonable pensar que funciona como una especie de *modelo de referencia incompleto*. Propone relaciones complejas entre los componentes, pero el conocimiento del *funcionamiento* del mismo tan sólo es posible investigando el ámbito o parcela de esa realidad que le sirve como referencia. Así ocurre en este caso, como se ampliará en el Capítulo 4, para estudiar el proceso de integración de las NTIC en la enseñanza-aprendizaje de la Física que lleva a cabo una profesora con un Modelo Didáctico Personal (Ballenilla, 2003) de corte investigador, que fue seleccionada de entre tres profesores innovadores iniciales.

Cambiando de enfoque, visualizando el modelo a través del análisis ontológico (figura 3.11) ya expuesto, podemos identificar cuáles componentes del CPP y de la PE se ponen en relación con las EE. Varios asuntos parecen seguros:

- (i) Desde una perspectiva neurofisiológica, la mente humana se comporta como un sistema semi-cerrado cuando se trata de reaccionar frente a los estímulos del entorno (LLinás, 2003). Igualmente, sostiene Ballenilla (2003:61): “[...], somos 100.000 veces más receptivos frente a modificaciones de nuestro medio interior que frente a modificaciones en nuestro medio exterior.” *Lo anterior se traduce en que el CPP de un profesor, y en especial su Modelo Didáctico Personal (MDP), como*

¹³⁰ Ejemplos concretos de dichos cambios pueden verse en Ramírez (2012). Allí se desarrolla el concepto de Hipótesis de Gradualidad para hacer referencia a los cambios intencionados que se pueden promover en el sistema-aula, desde una propuesta de enseñanza-aprendizaje tradicional hacia otra de corte investigativo.

expresión de su pensamiento profesional conserva su identidad cuando interacciona como parte del sistema-aula y en el proceso previo de la PE.

- (ii) Igualmente, la PE, con sus materiales y recursos, funcionan ayudando a estructurar el proceso de enseñanza. Se espera que el ingreso, por ejemplo, de las NTIC en el proceso de planificación no se cumpla necesariamente de igual manera a como se había planeado. *Aunque se intente replicar de manera idéntica en las aulas de clase, es bien sabido, como lo ha mostrado el fracaso del enfoque de la tecnología educativa, que la propia organización del sistema-aula y el contexto institucional afectan profundamente este orden previsto.*
- (iii) A la inversa, el CPP y la PE del profesor pueden transformarse haciendo uso de las relaciones reflexivas. Diversos estudios basados en este componente han mostrado que los cambios en el CPP tardan mayor tiempo en realizarse (Ballenilla, 2003; Vázquez-Bernal, 2005) que los propios a la construcción de los materiales y recursos para la enseñanza (Pozuelos y otros, 2010). Así, es posible evidenciar cambios en la organización de las tareas sin que se hayan logrado en las cuestiones relativas con el *por qué* y *para qué* enseñar (Wamba, 2001). *Consideramos que esto se debe precisamente a la cercanía que guardan con el sistema-aula.*
- (iv) A pesar de todo, el modelo de CPP no satisface la forma en que se integran las NTIC a las aulas de clase reales, precisamente porque no nos dice mayor cosa sobre la manera en que funciona esta integración, poniéndola en relación con los componentes del sistema-aula. *Esta perspectiva fenomenológica es la que se aborda como el principio básico de este estudio; hablaremos de obstáculo, en principio, en aquellas situaciones sistémicas que impiden que las interacciones al interior de las aulas de clase promuevan una organización y producción de conocimiento de mayor complejidad sobre el sistema.* Un primer avance de esta investigación, restringido al estudio de la PE, muestra que es posible encontrar en la misma profesora un *empirismo radical* en su MDP y un *empirismo moderado* en la PE, como parte del proceso de enseñanza (Ramírez y Morales, 2008)¹³¹. *En este caso no parece que la profesora yuxtaponga dos posiciones epistemológicas [como se interpretaría este hecho a la luz de una visión en donde las EE y la PE se subsumen en el CPP] diferentes, sino que el empirismo moderado en la práctica se explicaría, por el momento, como una forma de “hacer que la enseñanza siga su curso”, al lado de primeras dificultades en modelización que fueron detectadas en el mismo proceso. Por tanto, a primera vista parece revelarse ante nuestros ojos un problema sistémico, que es poco posible que pueda ser interpretado*

¹³¹ En este caso la co-autora es la profesora que sirve como caso de estudio en esta investigación. La escritura del artículo en compañía del autor de la tesis ha hecho parte de todo un proceso de reflexión que ha direccionado su evolución profesional en los últimos años.

*adecuadamente cuando de suprimir el tiempo y su condición fenomenológica se trata.*¹³²

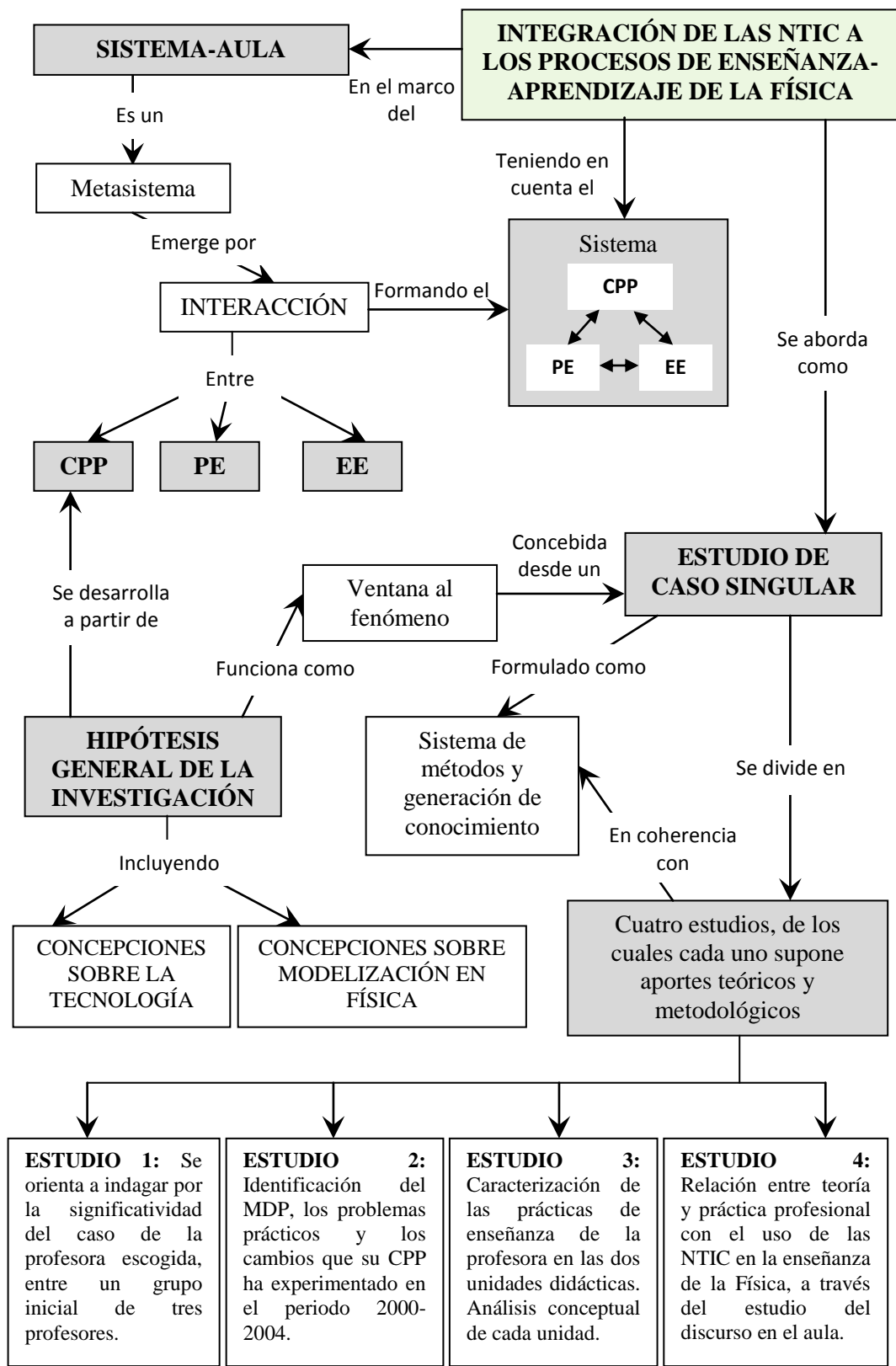
- (v) Finalmente, en este modelo de sistema-aula no podemos ir más allá, por ejemplo, para predecir dichas situaciones o para saber si se produce un conocimiento escolar donde se integren los problemas del medio. *Este tipo de conocimiento tan sólo se puede obtener estudiando tales prácticas de enseñanza, singulares e impredecibles. Aun así, confiamos en que las EE guarden cierta identidad, como lo ha mostrado Cañal (1998, 2000a), con resultados similares en otros estudios recientes, elaborados desde la perspectiva de la argumentación (Erduran y otros, 2004).*

¹³² En este punto no queremos afirmar que los sistemas de proposiciones sobre ámbitos o parcelas de la realidad no son importantes sino que tales sistemas no suplantán la realidad misma.

Capítulo 4:
**El estudio de caso y el diseño general de la
investigación desde una perspectiva compleja**

Índice Capítulo 4

- 4.1. **El sistema-aula como un *metasistema* y consecuencias para su estudio**
 - 4.1.1. *El sistema-aula como metasistema*
 - 4.1.2. *La presencia temporal a trozos del sistema-aula y sus posibilidades de transformación*
 - 4.1.3. *Los componentes de los sistemas, su organización y cuestiones sobre su cambio*
- 4.2. **La elección del estudio de caso y su formulación compleja**
 - 4.2.1. *Diseño General Complejo del estudio de caso*
 - 4.2.2. *Problema de Investigación e Hipótesis General del estudio de caso y su papel como ventana al fenómeno*
- 4.3. **Problemas, Objetivos, Estudios de la investigación**
 - 4.3.1. *La correspondencia entre Problemas, Objetivos y Estudios*
 - 4.3.2. *Síntesis del Estudio 1: Significatividad del caso de la profesora seleccionada para esta investigación*
 - 4.3.3. *Síntesis del Estudio 2: Cambio del Conocimiento Práctico Profesional Declarado de la profesora en el periodo 2000-2004.*
 - 4.3.4. *Síntesis del Estudio 3: Caracterización de las prácticas de enseñanza de la Física que realiza la profesora con las dos unidades didácticas*
 - 4.3.5. *Síntesis del Estudio 4: Relación entre teoría y práctica profesional con la integración de las NTIC en la enseñanza de la Física*
 - 4.3.6. *El Método de investigación como un sistema de métodos y generación de conocimiento*



Red de Ideas que sirve de síntesis del Capítulo 4: El estudio de caso y el diseño general de la investigación desde una perspectiva compleja

El pensamiento complejo debe luchar, pues, contra la simplificación utilizándola necesariamente. Siempre hay, por tanto, doble juego en el conocimiento complejo: simplificar \leftrightarrow complejizar. En este doble juego, lo complejo vuelve sin cesar como presión de la complejidad real y consciencia de la insuficiencia de nuestros medios intelectuales ante lo real (y, por ello, el pensamiento complejo es el pensamiento modesto que se inclina ante lo impensable). Lo complejo vuelve al mismo tiempo como necesidad de captar la multidimensional, las interacciones, las solidaridades, entre los innumerables procesos. De ello resulta que el pensamiento complejo respeta lo <<concreto>>, no en la antiteoría, sino en la complejidad teórica. [...]

Edgar Morin. *El Método II: La Vida de la Vida* (1987:450)

El capítulo tercero nos ha permitido formular un modelo de sistema-aula que sirve de referencia para comprender de manera sistémica y compleja la forma en que se integran las NTIC en las prácticas de enseñanza en relación con un pensamiento didáctico particular¹³³. Dicha ampliación del modelo de sistema-aula ha traído consigo retos de tipo metodológico, en especial seleccionar un método consistente que, dentro de sus propios límites, permita estudiar lo que ocurre en aquél. El camino ha sido aprovechar el desarrollo Ontológico del capítulo anterior para estudiar las consecuencias Epistemológicas que trae, y que se considerarán como los límites en los cuales se enmarcará esta investigación.

En este trasegar complejo se ha optado por organizar la discusión y diseño metodológico en el siguiente orden: a) la caracterización ontológica desde la perspectiva sistémica y compleja, con las consecuencias y límites que trae sobre el proceso de elección del método; b) la caracterización fenomenológica del estudio y la hipótesis general como una *ventana*, que permite mirar al interior de esa realidad de manera parcial; c) el diseño de la investigación en general y el diseño de cada uno de los cuatros estudios que le componen; d) una síntesis final

¹³³ Aunque en la memoria de tesis se pretenda conceder una organización lineal a los capítulos con propósitos de su adecuada comprensión, el capítulo tercero en sí mismo es parte de producción teórica de esta tesis.

sobre el sistema de métodos y la forma en que se concibe la producción de conocimiento desde esta perspectiva.

En todo el proceso se ha tenido especial cautela sobre el hecho de que acudir a las tesis de Edgar Morin (1986, 1987, 1988) sobre el conocimiento, nos lleva también a ser precavidos, y asumir como reglas generales, que: *i)* los planteamientos de Morin también hacen parte de una teoría; aplicarlos a rajatabla no sería más que caer en un *delirio lógico abstracto de la racionalización* (Morin, 1988 [1986]:245), por lo que se considera necesario que, al acoger algunos de sus principios, se concedan también los argumentos que hacen posible tal elección; *ii)* desde esta perspectiva, se pretende que podamos reconocer los *límites* de nuestro conocimiento, precisamente lo que le abre consecuencias ilimitadas (Morin, 1988 [1986]:240 y *ss.*); *iii)* en la medida de lo posible, tales decisiones vienen apoyadas en propuestas y perspectivas de otros autores provenientes de diversos ámbitos.

Además, como una forma de lograr una mayor consistencia en la escritura del capítulo, en la presentación de los estudios, debido a la complejidad y amplitud que cada uno de ellos guarda por sí solo, se ha optado por formular una síntesis suficiente sobre su construcción y principales resultados en este capítulo. Pero será el volumen 2 donde aparecen extendidos todos los componentes de cada uno de ellos (teoría, problema e hipótesis, métodos e instrumentos, resultados, análisis y conclusiones), siendo posible hacer una lectura individual de cada uno de ellos. Su desarrollo se encuentra acotado a los desarrollos teóricos y metodológicos (y ontológicos) que cada estudio posee; por lo que las conclusiones de cada uno se limitan a las metas y objetivos de cada uno de ellos. De esta forma se busca exponer cada estudio por separado, permitiendo intencionalmente la revisión de la validez y consistencia de los aportes teóricos y metodológicos que cada uno de ellos representa (figura 4.13).

En el capítulo 5, en este volumen, de Resultados y Conclusiones Generales de la investigación, se re-tomarán los resultados y conclusiones específicas de cada estudio para responder a los problemas que se han planteado en la investigación. En este caso, los resultados y conclusiones se formulan en una lógica teórica, integrando lo que aporta cada estudio, de acuerdo con los aportes que se hagan a la resolución de los problemas planteados.

4.1. El sistema-aula como un *metasistema* y consecuencias para su estudio

La formulación del sistema-aula construido ([figura 3.12](#)) se basa en el reconocimiento de algunas diferencias ontológicas entre el Conocimiento Práctico Profesional (CPP), la Planificación de la Enseñanza y Creación de

Recursos y Materiales (PE), y las Estrategias de Enseñanza (EE) que han sido expresadas gráficamente ([figura 3.11](#)) de acuerdo con la manera en que se incardinan con su cercanía al sistema-aula, y la forma en que en ellas interviene el tiempo. A pesar de todo, dichas relaciones no se encuentran agotadas.

Al mostrar que tanto la PE, las EE y el CPP poseen una existencia independiente como objetos de estudio, sobre los cuales existe conocimiento y modelos que los representan estamos mencionando varias de sus características como *sistemas*. Después de realizar una crítica a la idea común de sistema en la que se tienen en cuenta tan sólo *las interrelaciones* entre *las partes* y el *todo*, Morin (1986 [1977]) llama la atención sobre la importancia de *la organización*, y sostiene:

“La organización, concepto ausente de la mayor parte de las definiciones del sistema, estaba hasta el presente como sofocada entre la idea de totalidad y la idea de interrelaciones mientras que ésta une la idea de totalidad a la de interrelaciones, volviéndose indisociables las tres nociones. **A partir de ahora, se puede concebir el sistema como unidad global organizada de interrelaciones entre elementos, acciones o individuos.**” (p.124) [La negrilla es nuestra]

Y son precisamente *componentes organizados formando una totalidad* los que se pueden distinguir en los objetos de estudio mencionados:

- El CPP puede ser concebido como poseedor de componentes (contenidos, ideas de los estudiantes, recursos de enseñanza y evaluación, entre otros) que pueden ser organizados (Porlán, 1997). Su estabilidad ha permitido que puedan ser investigados y se hayan obtenido, entre otros, Hipótesis de Progresión de los Contenidos Escolares (García-Díaz, 1998; Porlán, 1999b; Martín, 1999; Wamba, 2001; Solís, 2005), la Metodología (Wamba, 2001; Solís, 2005; Rivero y otros, 2011) y la Evaluación (Wamba, 2001).
- La PE y sus componentes pueden ser caracterizadas de diversas formas (Jackson, 1975 [1968]; Tiberghien y otros, 2009; Cañal, 1998, 2000a), sugiriendo modelos diferentes para su estudio (p.e. Cañal, Pozuelos y Travé, 2005).
- Las EE se pueden estudiar y organizar en componentes particulares (Cañal, 1998), haciendo posible su estudio desde diversas perspectivas y modelos (Grossman, Wilson y Shulman, 2005).

Agrega Morin (1986 [1977]:125) que organización y sistema son las dos caras del mismo problema: la necesidad de aceptar que para comprender un sistema es necesario ir más allá de la interacción, hacia la organización. Ésta asegura solidaridad y solidez, *le asegura al sistema una cierta posibilidad de duración a pesar de las perturbaciones aleatorias* (p.126), siendo precisamente esta calidad organizacional la que conforma lo que nos rodea y que llamamos *realidad* (p.127).

Es así que ya con la certeza de que el CPP, la PE, las EE y el aula son sistemas, entonces ¿cuáles son las relaciones entre dichos componentes?

4.1.1. *El sistema-aula como metasistema*

De acuerdo con el modelo planteado de sistema-aula ([figura 3.12](#)), tenemos que las interacciones entre profesores y estudiantes, mediante un conocimiento escolar, en un contexto socio-cultural específico, requieren del CPP y la PE para que sea posible su *existencia*. Un aula donde no existan estos componentes sencillamente no podrá existir como aula de clase, en la que se puedan identificar procesos de enseñanza-aprendizaje.

Ya sabemos que el CPP y la PE pueden ser considerados sistemas al lado del aula; nuestra experiencia nos dice que aquellos se pueden reconocer al interior de éste¹³⁴. Podemos inferir de aquí que el CPP, las EE y la PE aparecen como sub-sistemas del sistema-aula, pero de forma inversa es posible establecer que éste es el resultado de las interacciones entre los diversos sub-sistemas que lo componen. Desde la perspectiva de Morin (1986 [1977]), este comportamiento permite caracterizarlo como un *metasistema*, que se define como “[...] el sistema resultante de las interrelaciones mutuamente transformadas y englobantes de dos sistemas anteriormente independientes.” (p.166).

Dicha caracterización requiere cuestionarnos: ¿todos los sub-sistemas considerados son independientes?, ¿son todos estos sistemas posibles antes o durante la existencia del sistema-aula?, ¿cuáles son las interrelaciones mutuamente transformadoras y englobantes?

Respecto a la independencia, es posible establecer que el CPP pertenece al profesor; es el conocimiento propio que caracteriza su profesionalidad (Porlán y Rivero, 1998). La independencia ha sido precisamente una de las características que se ha tomado como premisa en los estudios sobre el pensamiento y la práctica profesional (Wamba, 2001; Ballenilla, 2003; Solís, 2005). En contraste, el CPP del profesor se comporta como *suprasistema*¹³⁵ de la PE, tanto antes, después o mientras *exista* la clase. En este punto, las EE tan sólo emergen con la *existencia* del sistema-aula, cuya organización se proyecta en EE (Cañal, 1998; ver [figura 1.12](#)).

¹³⁴ Lo que puede ocurrir de forma simultánea o no; este último caso se presenta cuando hablamos de las aulas basadas en las NTIC, en las que las actividades y materiales pueden ser dispuestos en la Red, el estudiante los puede trabajar, pero no requiere que estos dos actores estén ahí, compartiendo al tiempo el desarrollo de dichas actividades. Incluso, es posible estudiar la orientación investigadora de dichas propuestas (ver López, 2008).

¹³⁵ Se refiere a todo sistema que controla otro sistema sin integrarlo en él (Morin, 1986 [1977]:166).

Es así que mientras es posible referirse al CPP y al PE durante o antes (y después) de la existencia del sistema-aula, las EE tan sólo emergen durante el proceso mismo de existencia del sistema-aula; el cual, a su vez, tan sólo existe como *metasistema* gracias a la interacción de sub-sistemas como los CPP y el PE, entre otros (conocimiento de los estudiantes, normas culturales, historia, etc.).

De tal manera, el sistema-aula aparece y desaparece como fenómeno, gracias precisamente a que nos encontramos inmersos en una matriz sociocultural que ha construido la escuela y disposiciones legítimas para elaborar el trabajo pedagógico y didáctico. Es en este ámbito tan específico donde se espera que los sub-sistemas que componen el sistema-aula interactúen entre sí; lo que nos lleva a la médula de nuestro problema: *investigar la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, conlleva estudiar la forma en que dichos sub-sistemas interactúan; asunto que tan sólo se puede esclarecer estudiando dicha realidad con base en un modelo particular (figura 3.12), que recoge algunos de los sub-sistemas más relevantes.*

4.1.2. *La presencia temporal a trozos del sistema-aula y sus posibilidades de transformación*

El hecho que el sistema-aula, en términos fenomenológicos (temporales), emerja o desaparezca no deja de ser sorprendente. Lo anterior lleva a preguntarnos por la posibilidad y las consecuencias de: *i)* la finitud de cada una de las clases, y *ii)* la continuidad entre las clases mismas.

Respecto a su *finitud*, es necesario reconocer que *la relación entre profesores y estudiantes no es espontánea, y de ahí que no pueda mantenerse infinitamente.* La relación pedagógica y didáctica se corresponde con el trabajo de un profesor, que histórica y culturalmente ha sido reconocido como trabajador. Como parte de su trabajo, debe realizar la PE; algunos lo hacen tomando un texto escolar para orientar todo el conocimiento que se desarrolla en dichas clases (modelo didáctico tradicional¹³⁶); lo deseable sería que como mínimo el profesor participe de la PE creando sus propios materiales y recursos (Cañal, Pozuelos y Travé, 2005)¹³⁷.

Así, la finitud requiere ser abordada complementariamente con la continuidad (figura 4.1). A pesar de la distancia temporal entre la emergencia de una *Clase n* hasta una *Clase n+1* con los mismos estudiantes, profesores y área del saber, varios aportes permiten sostener razonablemente que dicha continuidad puede ir desde grados mínimos hasta muy altos. La vida del aula posee una historia

¹³⁶ En esta actuación el profesor permite que la presión social se imponga, desmarcándose del control que puede hacer de la PE; un ejemplo concreto ha sido la presión por la compra de los textos que las editoriales promueven (Apple, 1996; Cañal, 2000b [1988]).

¹³⁷ Sin embargo, en la actualidad aún sigue existiendo un predominio eminente del libro de texto como recurso didáctico exclusivo en el aula, de modo que tal reto se torna, más bien, como un “máximo” para una mayoría del profesorado.

(Doyle, 1985:34) que le dota de identidad, a pesar que emerja a *trozos* en términos temporales. Dicha historia puede mantenerse, incluso después de varios meses en los que un maestro no asiste a clases por enfermedad (Souto, 2001); en el caso expuesto por esta autora, es posible reconocer para los estudiantes el “dar clase” es un criterio que mantenía la continuidad de las clases antes y después de la enfermedad del maestro. Aun así, los profesores sabemos que asistir a clase no garantiza que se esté comprometido con los procesos de enseñanza-aprendizaje, como lo ha revelado sólidamente Jackson (1975 [1968]).

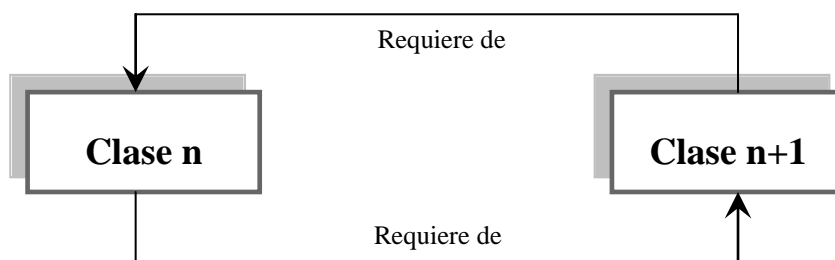


Figura 4.1. Relaciones entre clases como fenómenos con existencia finita.

La consolidación de un sistema-aula complejo requiere del compromiso y motivación de los profesores y los estudiantes (Cañal y Porlán, 1988). Son estos espacios temporales donde los profesores podemos participar de procesos de reflexión (Schön, 1998; Vázquez-Bernal, 2005) que contribuyen a retroalimentar las clases, ya sea en el proceso de reajuste de la *Clase n+1* o como aprendizaje reflexivo sobre la *Clase n*.

En consecuencia, la emergencia a trozos del sistema-aula en el tiempo es definitorio de su naturaleza, y es la que permite que, *en caso de existir el compromiso del profesor*¹³⁸, haga posible que se puedan *reflexionar y reajustar* una secuencia de actividades a desarrollar al interior de una secuencia particular de clases. *Es así que finitud-continuidad son dos cualidades complementarias y necesarias para comprender que la PE y el CPP pueden ser reajustados en la marcha misma de una Unidad Didáctica.*

Los estudios diversos, al respecto, dejan entrever que dichas transformaciones no son sencillas. Desde la perspectiva del profesor, además de requerir el compromiso del profesorado, los cambios no son precisamente inmediatos en la PE y el CPP. En la PE, la elaboración de Unidades Didácticas y su puesta en marcha desde una perspectiva investigadora revela la necesidad de todo un proceso complejo de aprendizaje (Pozuelos, Travé y Cañal, 2010; Porlán y otros, 2011). Con el CPP la situación es semejante, su transformación se da gradualmente y requiere lapsos considerables de tiempo (Ballenilla, 2003; Solís,

¹³⁸ Igual ocurre con los estudiantes; aquí el acento se pone en el profesor porque en el desarrollo del problema de investigación es el protagonista de nuestra investigación.

2005; Vázquez-Bernal, 2005; Porlán y otros, 2011), que comprometen incluso dimensiones como la afectiva (Vázquez-Bernal y Jiménez, 2013).

El CPP, como una representación del *sistema cognitivo* del profesor, es a su vez un *metasistema* de otros sistemas que permiten su aparición (Morin, 1988 [1986]:232). El conocimiento profesional del profesorado requiere, como uno de sus componentes, participar de la acción para conformar sus Rutinas y Hábitos, por ejemplo (Porlán y Rivero, 1998). En consecuencia, *el profesor, a través de su CPP, ayuda a generar el sistema-aula* [en el ejercicio de la práctica de enseñanza y la PE], *y el sistema-aula contribuye en el proceso de re-configuración del CPP del profesor* [mediante los procesos de reflexión]. **Esta nueva complementariedad entre dichos sistemas se define de acuerdo con su condición fenomenológica (presencia del tiempo), y nos pone ante la idea de que cada uno de ellos está inscrito en los demás (Morin, 1988 [1986]:229)¹³⁹, ya sea como representación (en el CPP), como organización pre-activa de la acción (en la PE) o como integrantes de las prácticas de enseñanza (Sistema-aula).**

4.1.3. *Los componentes de los sistemas, su organización y cuestiones sobre su cambio*

Los argumentos anteriores nos llevan a sostener, de forma renovada respecto a los planteamientos del capítulo 1, que acción y pensamiento pedagógico se encuentran relacionados de manera inevitable, pero que es imposible reducir el uno al otro, donde dichas interrelaciones pueden ser más o menos intensas (capítulo 3). Parafraseando a Morin (1988 [1986]) respecto a este ámbito específico,

“[...] La existencia animal no sólo depende del entorno, sino también del conocimiento del entorno. *Todo progreso del conocimiento saca provecho de la acción, todo progreso de la acción saca provecho del conocimiento. Más profundamente, toda estrategia de acción comporta computaciones, es decir una dimensión cognitiva, y todo conocimiento comporta una actividad estratégica.*” (p.64) [Las itálicas son nuestras]

Tales planteamientos son concurrentes con los desarrollos actuales en neurofisiología (LLinás, 2003), y nos lleva a preguntarnos nuevamente por la organización de dichos sistemas y la forma en que pueden transformarse. Ya hemos mencionado que no sabemos suficientemente cómo se interrelacionan - aunque sabemos que lo hacen-, pues es precisamente uno de los ámbitos que se indaga en esta tesis; a pesar de lo cual sí es posible caracterizar cada uno de los sistemas mediante el reconocimiento de sus partes y de sus particulares organizaciones, como algunos indicios sobre las características de dichas transformaciones.

¹³⁹ Inscripción que cubre el Contexto Sociocultural en el que se desarrollan dichas sub-sistemas.

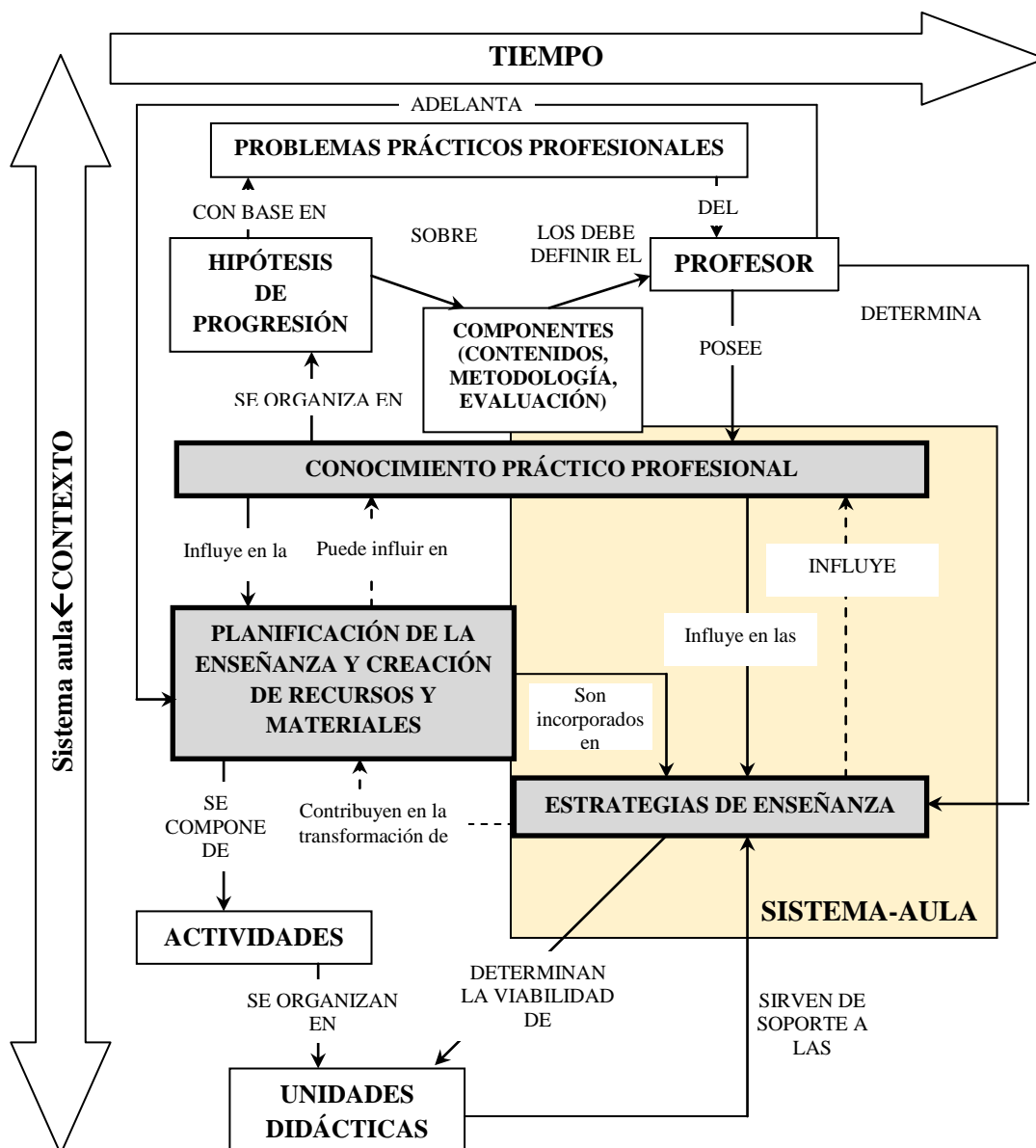


Figura 4.2. Relaciones Ontológicas entre el CPP, la PE, las EE y el Sistema-aula acotados al papel del Profesor.

La unidad fundamental de la PE (y creación de materiales para la enseñanza) son las actividades (Cañal, 2000a). Las actividades forman las secuencias de enseñanza y permiten identificar fases de desarrollo de la enseñanza como parte del sistema-aula (Cañal, 1998; ver [figura 3.12](#)). Las EE son determinadas en últimas por dichas actividades, que a su vez deben ser seleccionadas por el profesor (y su CPP), desde el diseño mismo de la PE, y por la impronta que impone el profesor a través de sus EE (figura 4.2). *Así, aunque la PE y las EE se constituyen en diferentes escenarios de tiempo y posibilidades de reflexión gracias a organizaciones específicas de las Actividades, son precisamente éstas las que articulan el análisis de estos dos sistemas.*

En el modelo de Porlán y Rivero (1998) sobre el CPP, las Actividades por el contrario hacen parte de las Hipótesis de Progresión, pero no se comportan como los componentes fundamentales. En este modelo las unidades fundamentales son los Problemas Prácticos Profesionales sobre las componentes Contenidos Escolares, Metodología y Recursos, y Evaluación (figura 4.2).

Dichos problemas permiten la construcción de Hipótesis de Progresión en dichas componentes. Por su propia naturaleza, estos problemas articulan la PE y las EE, aunque es posible identificar que dicha articulación siempre pasa por las propias Concepciones que posee el Profesorado. Por ejemplo, dos de los obstáculos identificados en procesos de formación del profesorado desde la perspectiva del MIE, han sido considerar que *La enseñanza es causa directa del aprendizaje* y un *Absolutismo Epistemológico* (Rivero y otros, 2011:763), en concordancia con lo expuesto por Wamba (2001) y otros autores (ver tabla 1.4). En relación con las EE, en los últimos años se ha establecido una relación entre el tipo de Actividades que los profesores desarrollan y el CPP que poseen (Wamba, 2001); el único problema que hemos mencionado, y que posee esta articulación, es que rompe los atributos fenomenológicos del sistema-aula y de las EE, que son tan sólo posibles en su emergencia como totalidad en calidad de metasistema.

A pesar del desconocimiento profundo sobre la relación entre estos sistemas (es parte de lo que se investiga en esta tesis), en el marco conceptual y en la perspectiva del modelo de sistema-aula aquí planteado, es posible inferir que las EE determinan la viabilidad de las Unidades Didácticas que lleva el profesor a las aulas de clase. Parece razonable porque el hecho de no poseer conocimiento adecuado sobre el contenido a tratar afecta al tipo de actividades que se desarrollan (Grossman, Wilson y Shulman, 2005); cambiar el tipo de actividades hacia otras orientadas a la indagación puede generar resistencias en los estudiantes (Henderson y Dancy, 2007; Ramírez, 2012), entre otras razones.

4.2. La elección del estudio de caso y su formulación compleja

Robert K. Yin, en su libro *Case Study Research* (2009:8) expone varios criterios que permiten tomar la decisión para seleccionar el Estudio de Caso como método de investigación. En relación con esta investigación, se justifica: *i)* por la forma de la pregunta de la investigación, donde nos preocupamos por el *cómo y qué* con respecto a la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva del MIE; *ii)* por el control del comportamiento de los eventos, que en esta investigación *no se hace dicho control*, lo cual sí es típico en los experimentos; *iii)* por la historicidad de los eventos nos ubicamos en *eventos contemporáneos*, lo que coincide con los primeros criterios expuestos por el autor para seleccionar este tipo de estudio.

Entre los estudios de caso es posible identificar los *casos singulares* y los *casos múltiples*. Yin (2009:47-53) propone cinco razones posibles para seleccionar un estudio de caso singular, además de agregar que este tipo de estudio debe darse en circunstancias severas cuando el caso: *i)* representa *un caso crítico* que permite evaluar una teoría bien formulada, permitiendo confirmar, cambiar o ampliar la teoría; *ii)* es *extremo* o es *un caso único*, donde el propósito consiste en documentar el caso y las condiciones en que se presenta; *iii)* es *un caso típico*, que se realiza con el propósito de capturar las circunstancias y condiciones del día a día, o de situaciones frecuentes; *iv)* es *revelatorio*, y ocurre cuando un investigador tiene una oportunidad de observar y analizar fenómenos que eran inaccesibles a la investigación de la ciencia social; *v)* es *longitudinal*, estudiándose en dos o más puntos diferentes en el tiempo; siendo el propósito estudiar la teoría a la par del cambio de las condiciones en el tiempo, esperándose que en un intervalo de tiempo deseado la teoría anticipe los cambios que se deberían provocar.

De acuerdo con estas opciones -para estudiar *la Integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física desde la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela*- se han seleccionado especialmente dos, ajustadas de forma particular a este trabajo. La razón 1^{ra} porque la profesora que sirve de caso en este estudio representa un caso crítico desde la perspectiva del MIE; tal singularidad consiste en que presenta un Modelo Didáctico Personal Declarado (mediante cuestionarios elaborados para tal fin) que encaja altamente con el Modelo Didáctico Investigativo [MDInv] (Ramírez, 2000). Fue seleccionada de un conjunto inicial de tres profesores, todos de corte innovador, con varios años de experiencia profesional y que han participado en movimientos de renovación pedagógica en el país; se descartaron los otros dos porque no presentaron puntuaciones tan cercanas al MDInv. La memoria completa sobre la caracterización del caso se hace en el Estudio 1 (volumen 2 de la tesis); el propósito más adecuado tiene relación con la posibilidad de ampliar y/o transformar [vía procesos de integración] teorías bien formuladas, como se ha hecho en el capítulo 3.

La razón 2^{da} responde a que es un caso extremo cuando se tiene en cuenta el conocimiento y uso que la profesora hace de las NTIC en su vida profesional. Estudios diversos son recurrentes en manifestar que tanto la presencia de modelos didácticos de corte investigativo (Porlán y Rivero, 1998; Rivero y otros, 2011), como profesores que integren las NTIC en sus prácticas de enseñanza (Almerich y otros, 2011) en el profesorado presentan bajos porcentajes; su condición *extremal* emerge de que en una misma profesora se conjunta una alta identificación con el MDInv y posee un alto conocimiento de las NTIC (ver Estudio 1). *El propósito consiste en identificar las condiciones en que la profesora realiza la*

integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje, lo que corre a la par del proceso de ampliación de la teoría, siendo este caso bastante prometedor.

En síntesis, nos encontramos ante un *Estudio de Caso Singular* que presenta una estructura orientada hacia la *construcción de teoría* de acuerdo con dos propósitos: el explicativo y el exploratorio (Yin, 2009:176-178).

4.2.1. Diseño General Complejo del estudio de caso

Existen cuatro diseños básicos del estudio de caso (Yin, 2009:46), que resultan de una matriz 2x2 en la que se cruzan dos dimensiones; diseños singulares de caso – diseños múltiples de caso, y la dimensión holística (unidad de análisis única)-incrustada¹⁴⁰ (con múltiples unidades de análisis). Nuestro estudio se acerca a un diseño de estudio de caso singular con unidades incrustadas múltiples (figura 4.3); pero, de acuerdo con el Análisis Ontológico con el que iniciamos este capítulo, una de sus implicaciones ha sido modificar este tipo de diseño para ajustarlo a nuestra investigación (figura 4.4).

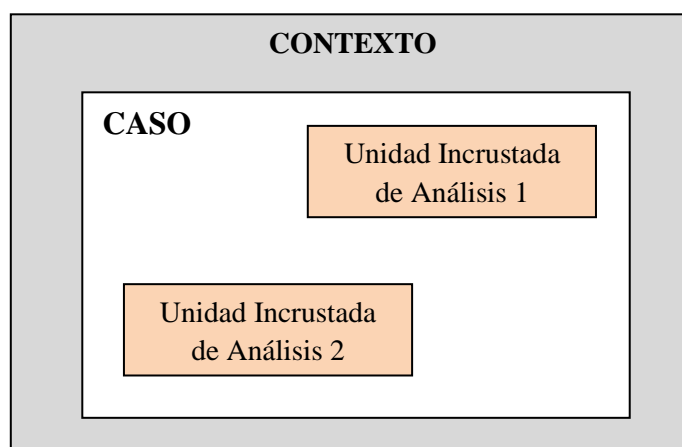


Figura 4.3. Representación gráfica del Diseño de Estudio de caso singular con unidades incrustadas múltiples. Tomado de Yin (2009).

Como se muestra en la figura, se parte de la premisa que es posible identificar un Caso imbricado en un contexto particular; al interior del caso es posible identificar varias Unidades de Análisis a través de las cuales se conoce el caso. La selección de la profesora como el caso singular a estudiar, y de acuerdo con las consideraciones ontológicas que hemos realizado, nos lleva a decidir que este enfoque no es adecuado.

Las cuestiones que no cubre este diseño son las siguientes:

¹⁴⁰ Traducción del original *embedded* usada por el autor.

- a. En el estudio del CPP es posible identificar dichas unidades de análisis, pero cuando nos proponemos estudiar la integración de las NTIC en el sistema-aula encontramos que *varias de dichas unidades de análisis aparecen externas a la profesora y su CPP*¹⁴¹, como es el caso de las unidades que componen la PE y las EE, a su vez objetos de estudio.
- b. El estudio de la integración de las NTIC nos lleva a considerar otros objetos de estudio y sus unidades de análisis como esenciales para comprender el caso de interés. *Es así que para comprender dicho caso se requiere de unidades de análisis que componen otros objetos de estudio.*
- c. Existe la posibilidad de que el CPP de la profesora en el desarrollo de la práctica de enseñanza se vea afectado en la medida que se ve influido como parte de la configuración propia del sistema-aula. Entonces, ¿tenemos el mismo o diferente CPP en clase?

Dichas cuestiones paradójicas, desde una perspectiva sistémica-compleja son connaturales con el reconocimiento de los seres y existentes del mundo fenoménico, como se ha hecho en este ámbito tan específico en el capítulo 3 y en el comienzo de éste. Ante tal situación “debemos darnos cuenta de que lo propio de la teoría no es reducir lo complejo a lo simple, sino traducir lo complejo a teoría” (Morin, 1987 [1980]: 449). Es una nueva forma de ratificar que desde una perspectiva compleja se requiere estudiar la inevitable *interdependencia entre objeto de conocimiento y método de conocimiento* (Morin, 1988 [1987]: 250 y ss.). Y dicho planteamiento, en nuestro ámbito, es posible gracias a la evolución de los modelos y teorías que existen al interior del IRES acerca del CPP y las EE, y en general sobre el *desarrollo profesional* del profesorado desde la perspectiva del MIE. Ante lo cual nuestra mejor respuesta no puede ser simplificar el diseño de estudio de caso planteado por Robert K. Yin, sino que debemos aprovechar para presentar una versión modificada que ayude a solucionar tales paradojas¹⁴².

Este nuevo diseño del estudio de caso (figura 4.4), de tono *ecosistémico* (Morin, 1986 [1977]: 166; Doyle, 1985; Cañal y Porlán, 1988), se apoya en el modelo de sistema-aula expuesto en el capítulo anterior ([figura 3.12](#)), así como en el análisis ontológico de los objetos de estudio y la identificación de sus unidades organizacionales ([figura 4.2](#)). Es conveniente mencionar que el sesgo que se ha mantenido hacia el profesor en ningún momento implica que se puedan soslayar los aportes que hacen los estudiantes como parte del sistema-aula. De hecho, a

¹⁴¹ La reiterativa distinción entre la profesora y el CPP obedece a que consideramos a la profesora un ser complejo del cual podemos representar su CPP en modelos específicos. De ahí que el CPP nunca suplantar a la profesora como ser.

¹⁴² Este problema con el diseño metodológico puede tomarse como ejemplo concreto del bucle sujeto-objeto, en el que uno ayuda a producir al otro, haciendo posible el conocimiento objetivo (Morin, 1988 [1987]: 227 y ss.)

partir del modelo propuesto sobre dicho sistema (figura 3.12), se puede inferir que por definición es imposible dejar de lado a los estudiantes, en la medida que la interacción entre estudiantes y profesores (sea simultánea o no) es necesaria para que el aula exista. *Por lo tanto, el foco en el profesor como caso de estudio no es más que una elección de tipo metodológico.*

En términos del Diseño Metodológico General (figura 4.4) dicha elección se apoya en la sabida influencia que los contextos institucional (Henderson y Dancy, 2007) y socio-cultural (Apple, 1986; García-Pérez, 2000; Porlán, 1997; Porlán y otros, 2010) tienen sobre el profesorado, ya sea en los contenidos escolares a impartir (García-Díaz, 1998; Cañal, 2000b), en las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje que muchas de las veces fueron aprendidas personalmente, en condición de estudiantes (Porlán y Rivero, 1998; Souto, 2001; Rivero y otros, 2011). *De aquí que para conocer lo que sucede con la Integración de las NTIC sea necesario conocer dicho contexto específico.*

Desde una perspectiva sistémica, el CPP del profesor opera como un *suprasistema*¹⁴³ que co-define la PE y es determinante en las EE (Cañal, 2000a; Erduran y otros, 2004), y que emergen como parte de las relaciones que mantiene antes/después y durante la existencia del sistema-aula.

Lo anterior antepone como premisa que investigar el CPP del profesor es relevante. Y de hecho es así, ya que el profesor –en calidad de sistema *activo* (Morin, 1986 [1977]: 146 y ss.) al interior del sistema-aula– es fundamental en el curso que éste tome. Un mayor grado de evolución profesional se caracteriza precisamente porque es consciente del contexto específico en el que desempeña su trabajo (Porlán y otros, 2010; Pozuelos y otros, 2010); es protagonista del conocimiento que se propone en clase y se organiza en términos de Actividades (la PE), por lo que se han desarrollado propuestas curriculares para la construcción compleja de dicha PE (Cañal y otros, 2005), ámbito donde se han identificado diversas dificultades y progresiones (Pozuelos y otros, 2010; Cañal y otros, 2008; Cañal y otros, 2011).

Dicha relevancia del profesor, en la emergencia y caracterización del sistema-aula, nos lleva a las siguientes cuestiones con impacto en el diseño de este caso específico (figura 4.4): ¿Es posible, y en qué condiciones, que el CPP_{antes}, CPP_{durante}, CPP_{después} sean diferentes, revelando un cambio? ¿Es posible, y en qué condiciones, que la PE_{antes}, PE_{durante}, PE_{después} sean diferentes, revelando un cambio? ¿Es posible, y en qué condiciones, que las EE cambien?

¹⁴³ Denominación para todo sistema que controla otros sistemas, pero sin integrarlos a él (Morin, 1986 [1977]: 166). En una perspectiva *dialógica* se esperaría que dicho control sea compartido entre el profesor y los estudiantes, lo que va desde la definición de las Actividades hasta la organización de elementos básicos del sistema-aula, como ocurre en las estrategias de enseñanza por investigación (Cañal, 1999).

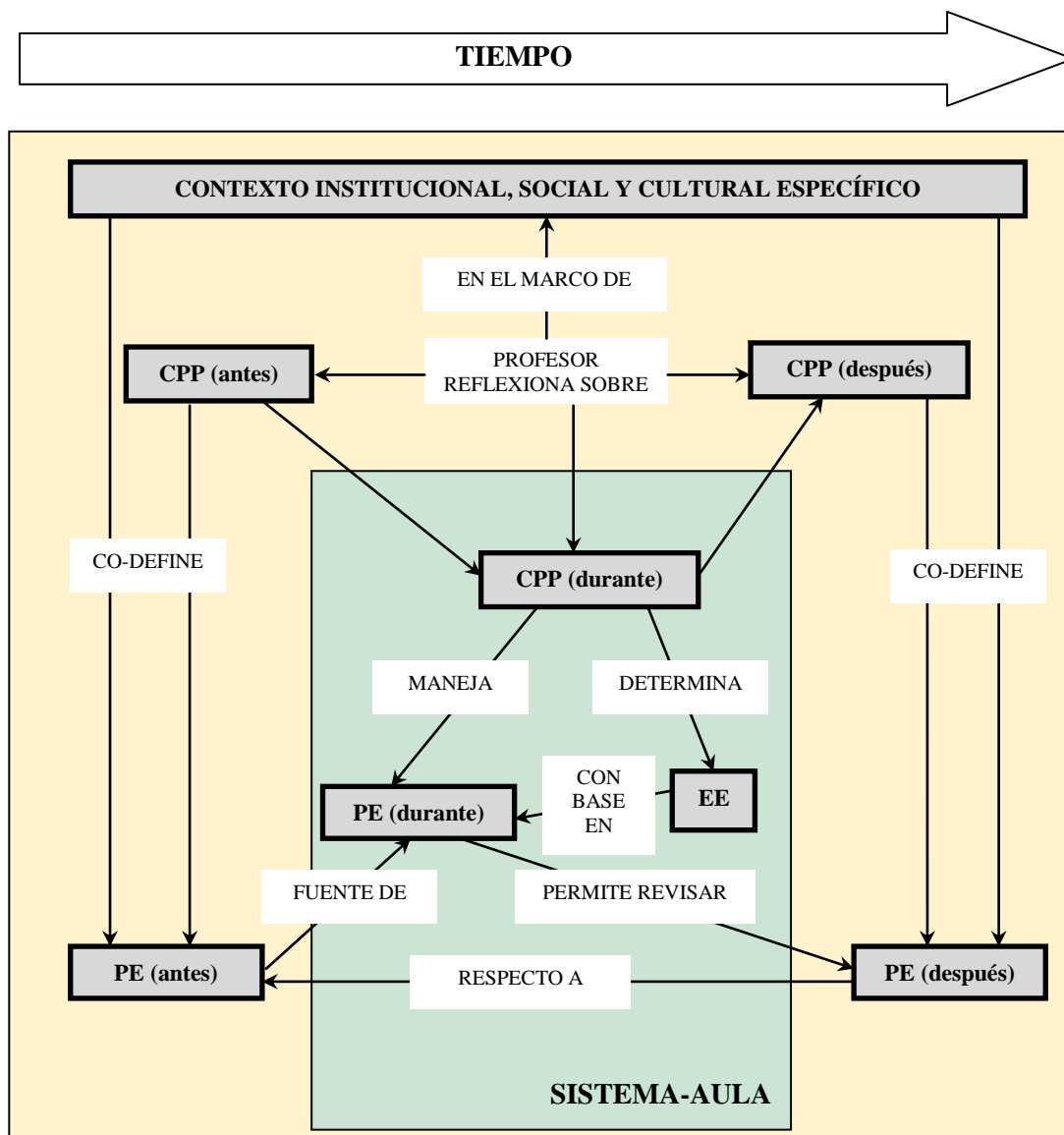


Figura 4.4. Diseño General del estudio de caso singular basado en los objetos de estudio CPP, la PE, las EE y el Sistema-aula acotados al papel del Profesor.

En términos generales, sobre tales interrogantes es razonable admitir que dichos cambios del CPP, de la PE y las EE sí pueden darse (Ballenilla, 2003; Ruiz y otros, 2005; Solís, 2005; Porlán y otros, 2011; Rivero y otros, 2011; Pozuelos y otros, 2011; Vázquez-Bernal, 2005; Vasques-Brandão, 2012); dependen –al menos en parte– del cambio de la CPP, pero dichos *cambios no son inmediatos, sino que requieren de tiempos considerables y, como condición para provocarlo, aparece necesariamente el trabajo reflexivo que hace el profesor. Sin éste, estos simplemente no serían posibles.*

4.2.2. *Problema de Investigación e Hipótesis General del estudio de caso y su papel como ventana al fenómeno*

En esta tesis se propone como problema general de investigación:

¿Cómo integra una profesora las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, desde la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela?

Dicha integración cubre el CPP, pero también lo que sucede en el sistema-aula; de esta manera consideramos la *integración* como un proceso sistémico, que exige desentrañar la relación entre pensamiento y acción pedagógicos, como se ha expresado en el diseño general (figura 4.4). Para estudiarlo desde el enfoque del Modelo de Investigación en la Escuela (MIE), se ha construido una versión del sistema-aula que va en esta línea ([figura 3.12](#)).

Bajo tales condiciones, podemos afirmar que hemos caracterizado el sistema-aula desde una perspectiva fenomenológica, de la que se infiere que tan sólo se hace posible conocer lo que sucede en las aulas de clase con la *Integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física*. Significa que tan sólo podemos conocer las EE o lo que sucede con la PE en el aula, registrando lo que allí sucede, *explorando las aulas de clase como fenómeno existente*. Más aún, como *metasistema* se hace imposible conocerlo de antemano recurriendo tan sólo al conocimiento aislado de algunos de sus componentes; un enfoque que nos pone de acuerdo con la tesis de que la práctica de enseñanza no es una aplicación de la teoría científica, por lo que una buena y correcta práctica no puede ser deducida de los conocimientos científicos descontextualizados, alejados de las acciones en contextos reales (Gimeno y Pérez, 1992:14; citado por Álvarez, 2011:47).

Esta brecha entre teoría y práctica, soportada en una visión fenomenológica en el modelo de sistema-aula que se ha propuesto en el capítulo 3, no nos impide reconocer que de alguna manera la estabilidad en el CPP del profesor convierte este componente en una especie de *ventana* sobre lo que sucede en las aulas de clase.

Y es así por dos razones: *i)* porque al ser el profesor determinante en la evolución del sistema-aula, conocer su CPP permite “ver”, de alguna manera, lo que allí puede suceder [comprender el CPP es conocer un sub-sistema relevante del sistema-aula, sin que éste conocimiento implique conocer aquél del todo]; *ii)* porque en pequeños lapsos de tiempo es viable presumir que el CPP permanece prácticamente inalterado [*mantiene su identidad*, idea que desarrolló Ballenilla (2003) en relación con el estudio del *Practicum Profesional* y la Evolución de las

Concepciones]; pero en lapsos considerables de tiempo, se genera una *secuencia de identidades* que dan idea de los cambios¹⁴⁴ que dicho CPP ha presentado¹⁴⁵.

Una hipótesis sobre las *Teorías epistemológicas generales sobre el conocimiento escolar*, como caracterización generalizada del CPP del profesorado y las posibles trayectorias que puede tomar este cambio, fue desarrollada por Porlán y Rivero (1998:137). La hipótesis se ha formado a partir de las Concepciones sobre la Ciencia, la Enseñanza, el Aprendizaje y el Currículo [contenidos, metodología y evaluación]. *Hemos modificado dicha hipótesis para obtener la hipótesis general de nuestra investigación (tabla 4.1), para lo que incluimos valores posibles sobre las concepciones en Tecnología y Modelización*, las cuales se han mostrado fundamentales para comprender lo que sucede en los procesos de construcción de conocimiento escolar (ver [figura 3.10](#)).

En la hipótesis cada una de las cuatro teorías arroja un valor sobre cada una de las concepciones: El CE como un producto acabado formal, el CE como un producto acabado y un proceso técnico, el CE como un producto abierto generado en un proceso espontáneo, el CE como un producto abierto generado en un proceso orientado. Por ejemplo, en las Concepciones de Ciencia el CE como un producto acabado y un proceso técnico arroja un valor *empirista*.

Los autores han sombreado los cuadros que reflejan las concepciones parciales que aparecen mayoritariamente en los estudios empíricos. Ocurre que un profesor particular puede tener componentes de teorías diversas, dándose que profesores particulares pueden presentar teorías del CE *híbridas* (Porlán y otros, 1997, 1998). De acuerdo con lo argumentado, sobre el importante papel de la tecnología y no solamente de las NTIC, se han formulado valores para las Concepciones de la Tecnología a sabiendas que aquellas son un caso particular de ésta.

La manera en que se han definido dichos valores ha sido identificando estudios diferentes que soporten la formulación de valores posibles en la hipótesis de Porlán y Rivero (1998), los que a su vez pueden ser organizados en una progresión (figura 4.5). Tal método obedece a una lógica de existencia, diferente a la forma en que los autores elaboraron la hipótesis original. *La hipótesis obtenida en este estudio nos sirve como guía provisional para indagar la realidad social, aceptando desde el principio que poseemos posiciones interesadas, construimos realidades sociales en las que es importante el efecto reorganizador y mutuo que existe entre teoría y práctica investigativa.*

¹⁴⁴ Dos modelos afines, pero diferentes de esos cambios pueden verse en Porlán y Rivero (1998), Vázquez-Bernal (2005), Vázquez-Bernal y otros (2010).

¹⁴⁵ Ballenilla (2003) sostiene incluso que dichos cambios conllevarían cambios en el profesor como persona; idea en la que coincide Morin (1988 [1987]).

Finalizada la investigación revisaremos y ampliaremos dicha hipótesis en la medida de lo posible, en el marco del estudio de caso.

TEORÍAS SOBRE EL CONOCIMIENTO ESCOLAR		CONOCIMIENTO ESCOLAR COMO UN PRODUCTO ACABADO Y FORMAL	CONOCIMIENTO ESCOLAR COMO UN PRODUCTO ACABADO Y UN PROCESO TÉCNICO	CONOCIMIENTO ESCOLAR COMO UN PRODUCTO ABIERTO GENERADO EN UN PROCESO ESPONTÁNEO	CONOCIMIENTO ESCOLAR COMO UN PRODUCTO ABIERTO GENERADO EN UN PROCESO ORIENTADO
CONCEPCIONES SOBRE LA CIENCIA		RACIONALISMO	EMPIRISMO	RELATIVISMO	EVOLUCIONISMO Y RELATIVISMO MODERADO
CONCEPCIONES SOBRE LA TECNOLOGÍA		Actividad de tipo empírico y desconectada de la ciencia / Puede generar prevención porque desplazará al profesor	La tecnología como aplicación de la ciencia, de allí su confiable potencia para mejorar el proceso	Actividad relacionada con la creación de artefactos que responden a necesidades utilitarias, “prácticas”, sin preocupar las consecuencias	Campo de saber y hacer, con su propia práctica y definición experimental. Interrelacionado con la ciencia de manera bastante fuerte
CONCEPCIONES SOBRE LA ENSEÑANZA		TRADICIONAL	TECNOLOGICA	ESPONTANEISTA ACTIVISTA	INVESTIGATIVA
MODELIZACIÓN EN FÍSICA		Mágico / El modelo virtual recoge los principios físicos básicos de la realidad física, esa es su esencia	Es una copia provisional de la realidad, no la realidad. Perfeccionarla exige mejor tecnología	Es un montaje para jugar y obtener mayor facilidad en la apropiación de los significados cotidianos	El modelo como construcción tecnológica y conceptual / Otra realidad simuladora de lo REAL, otro modelo
CONCEPCIONES SOBRE EL APRENDIZAJE		APROPIACIÓN FORMAL DE SIGNIFICADOS ACADÉMICOS DEL PROFESOR Y DEL LIBRO DE TEXTO	ASIMILACIÓN DE SIGNIFICADOS ACADÉMICOS	APROPIACIÓN ESPONTÁNEA DE SIGNIFICADOS COTIDIANOS	CONSTRUCCIÓN Y EVOLUCION DE LOS SIGNIFICADOS ESPONTÁNEOS DE LOS ALUMNOS
CONCEPCIONES CURRICULARES	CONTENIDOS	VERSIÓN SIMPLIFICADA, DESCONEXA Y ACUMULATIVA DE LOS CONTENIDOS CIENTÍFICOS	VERSIÓN ADAPTADA DE LOS CONTENIDOS CIENTÍFICOS	CONTENIDOS BASADOS EN LAS EXPERIENCIAS E INTERESES DE LOS ALUMNOS	CONTENIDOS COMO INTEGRACIÓN Y REELABORACION DE CONOCIMIENTOS DIFERENTES
	METODOLOGÍA	TRANSMISIÓN DIRECTA DEL PROFESOR O DEL LIBRO DE TEXTO	SECUENCIA INDUCTIVA Y CERRADA DE ACTIVIDADES PRACTICAS	ACTIVIDADES POCO SISTEMATICAS Y ORGANIZADAS, BASADAS EN EL “ENSAYO Y ERROR”	INVESTIGACIÓN DIRIGIDA DE PROBLEMAS RELEVANTES
	EVALUACIÓN	MEDICION DE LOS APRENDIZAJES MECÁNICOS FORMALES CON EXÁMENES	MEDICION OBJETIVA DE LOS OBJETIVOS CONSEGUIDOS	EVALUACIÓN CUALITATIVA Y PARTICIPATIVA	INVESTIGACIÓN DE HIPÓTESIS CURRICULARES ESPECIFICAS

Tabla 4.1. Teorías epistemológicas generales sobre el conocimiento escolar y la inclusión de las NTIC en los procesos de enseñanza - aprendizaje de la Física como *Hipótesis General de la Investigación*. Se elabora con base en Porlán y Rivero (1998:137).

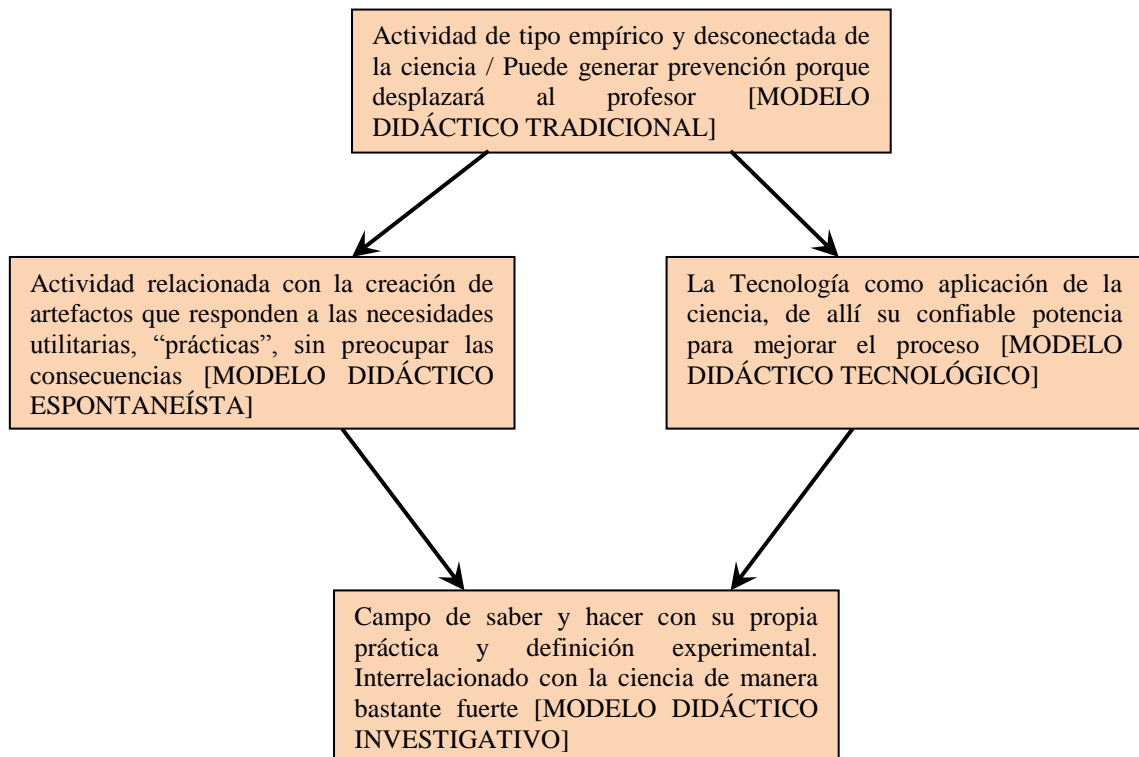


Figura 4.5. Hipótesis de Progresión de los valores de las *Concepciones sobre la Tecnología*.

En relación con las NTIC en la escuela, informes del proyecto MEN¹⁴⁶-SISNIED¹⁴⁷ (Galvis y otros, 1997) adelantado entre los años 1991-1994, convenio colombo-español, y el proyecto *Replanteamiento del área de tecnología* del MEN (Bernal, 1992), permitió validar las siguientes ideas:

- *Existen diversas formas de comprender la tecnología y las implicaciones que puede tener en el trabajo educativo.* Puede entenderse como artefacto, sinónimo de bienestar¹⁴⁸, como algo moderno y desarrollado¹⁴⁹ (Bernal, 1992).
- *Los orientadores del proyecto MEN-SISNIED consideran que uno de los inconvenientes ha sido la poca variedad de software.* Los profesores reclamaron que esta diversidad de software era una condición necesaria para evitar el aburrimiento, enseñanza que es recogida como parte de los aprendizajes sobre el proyecto (Galvis y otros, 1997): Se espera que debido a la evolución tecnológica se pueden poner en marcha esquemas pedagógicos

¹⁴⁶ MEN corresponde a las siglas del Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

¹⁴⁷ SISNIED corresponde a las siglas del Sistema Nacional de Informática Educativa.

¹⁴⁸ Mito reforzado por la supuesta neutralidad de la tecnología, por lo cual los impactos dependerían del uso. Resultados consistentes con el trabajo de De Alba (2004).

¹⁴⁹ Se presume que la tecnología es moderna y tan sólo es producida en los países “desarrollados”.

completamente novedosos, centrados en el aprendizaje del alumno, pero sin descuidar la enseñanza¹⁵⁰.

Este comportamiento es coherente con los planteamientos de Área (2005), donde se expone que se crean altas expectativas sobre el uso del medio, que luego ven descendiendo. En el estudio citado especialmente destaca la *confianza en que una mejor tecnología permitirá un mayor uso pedagógico de las NTIC en las aulas, lo que consideran los profesores puede ayudar a desterrar el aburrimiento de las aulas de clase.*

Diferentes experiencias y propuestas de trabajo en enseñanza de las ciencias se asocian con diversas formulaciones del conocimiento escolar. Ángel Franco García, autor del curso interactivo *Física con Ordenador*¹⁵¹, manifiesta que su curso aparece para aplicar la práctica tradicional (Franco, 1997, 2000). Su descripción del aprendizaje, como un problema que requiere transformar un sistema S (estudiante) desde un estado S_{inicial} hasta uno S_{final} , considerando que el aprendizaje de los estudiantes debe ser significativo, permitiendo la transferencia del conocimiento a situaciones no idénticas en la que fue formulado (Franco, 1997:1), lo que nos lleva a ubicarlo en una transición entre los modelos tecnológico y tradicional.

Una segunda propuesta, con orientación la resolución de problemas, fue reportada por Kofman (2000) en el aprendizaje de la óptica física. Basa su trabajo en considerar que los estudiantes pueden ejecutar primero un análisis cualitativo de los problemas y posteriormente pasar a la fase cuantitativa, donde desarrollan los modelos mentales congruentes con los fenómenos estudiados (p.72). Menciona el diseño de guiones de trabajo que integren consignas que no sean tan abiertas, que pueden generar frustración en los estudiantes, ni tan cerradas que terminen en una metodología conductista, con una secuencia inductiva y cerrada de actividades (tabla 4.1).

Una tercera experiencia reciente en la enseñanza de la electricidad (Shen y Linn, 2011¹⁵²), está basada en la modelización de la electricidad estática. Ésta dispone de simuladores que permiten *observar* las variaciones de la distribución de los electrones de valencia y su relación con los comportamientos macroscópicos; como es el caso de la interacción de un globo cargado estáticamente y una pared (p.1600).

¹⁵⁰ En la actualidad los aportes de Área (2005), Cabero (2004) nos han llevado a la necesidad de cuestionar esta tesis, proponiendo que se debe lograr una mentalidad más abierta en la que nos centremos más en el problema de investigación, alejándonos del medio tecnológico (Cabero, 2004:6).

¹⁵¹ La dirección web de este curso es <http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/>, un excelente curso disponible para descarga gratuita. Algunos recursos de este curso son los que la profesora que estudiamos tomó para integrarlos al aula de clase. El estudio más detallado de este curso se realiza en la memoria del Estudio 4 (volumen 2 de la tesis).

¹⁵² Desarrollos que hacen parte del proyecto WISE (<http://wise.berkeley.edu/webapp/index.html>) de la Universidad de Berkeley en los Estados Unidos de América.

Los casos citados, provenientes de experiencias regionales e internacionales, parecen conservar una regularidad [de aquí el sentido hipotético]; *todas de alguna manera se refieren a los potenciales de las NTIC, entre los que se destaca que: permiten multiplicar las dimensiones, (des)acelerar los tiempos, acceder a las representaciones visuales o modelizar fenómenos complejos* (Coquidé y Le Maréchal, 2006).

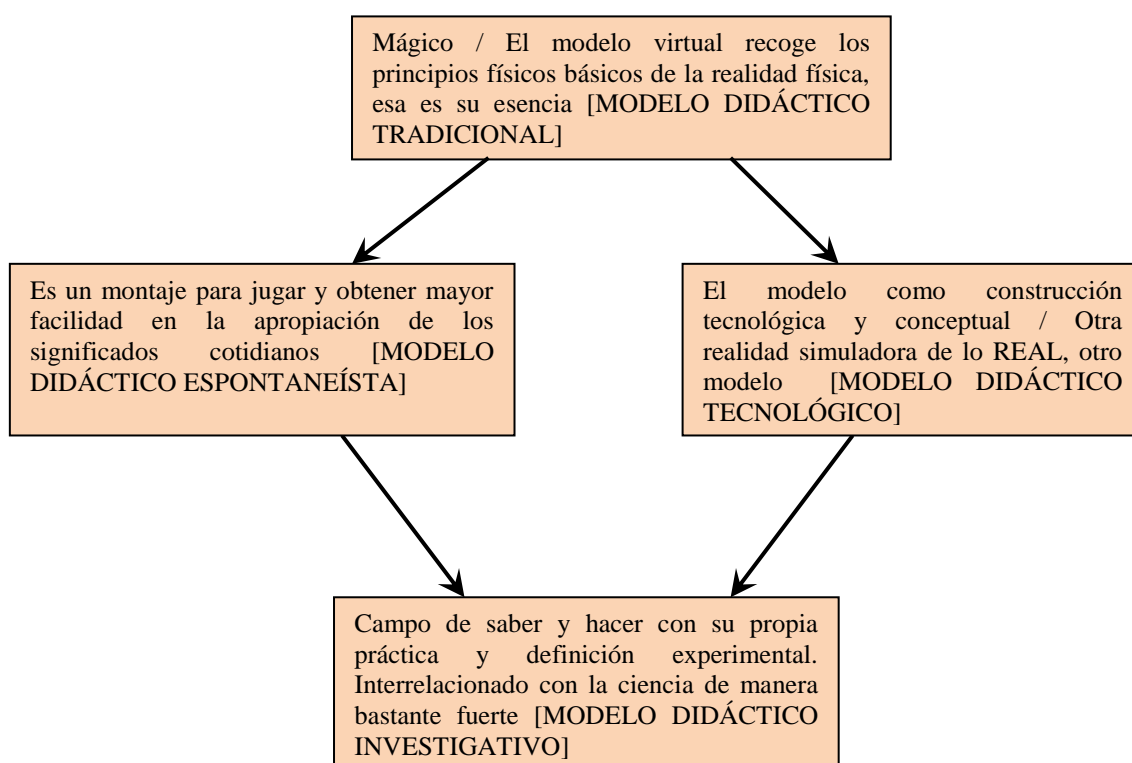


Figura 4.6. Hipótesis de Progresión de los valores sobre la *Modelización en Física*.

Desde la perspectiva del *CE como un producto acabado y formal* (tabla 4.1) parece viable pensar que la concepción de Modelización sería *El modelo virtual recoge los principios básicos de la realidad física* (figura 4.6), pues permite “ver” y manipular el fenómeno a partir de un modelo de corte científico. Este planteamiento es consistente con la visión *Racionalista* de la Ciencia. Desde una perspectiva *Tradicional* de la enseñanza, siendo el centro de ésta abundar sobre el sistema de proposiciones que plantea la física, y el papel del profesor *transmitir* de la mejor manera posible dicho conocimiento. El valor de la concepción de tecnología podría ser *Actividad de tipo empírico y desconectada de la ciencia*; si hace mejor la tarea que el profesor *Puede generar prevención porque desplazará el profesor*¹⁵³ (figura 4.5). De hecho, los resultados sobre el uso de las NTIC son recurrentes en manifestar que

¹⁵³ Este valor adicional se agregó debido a que en charla informal con líderes de dos proyectos de gran impacto (uno nacional en formación del profesorado en NTIC y otro entre varias naciones de Suramérica), se creía firmemente en que la tecnología podría renovar el trabajo pedagógico por sí solo.

mayoritariamente –a pesar de los avances tecnológicos– las NTIC se usan de manera tradicional (Área y otros, 2010; Webb, 2008).

Desde la perspectiva del *CE como un producto acabado y un proceso técnico*, aquí se propone que el valor de la concepción de Modelización sea la de *Es una copia de la realidad, no la realidad/ Perfeccionarla exige mejor tecnología* (figura 4.6). Dicha concepción como una copia ha sido identificada en los estudiantes (Van Driel, Verloop, 1999) y ratificada en procesos de formación de maestros (Vasques-Brandão, 2012). Similarmente, y de manera consistente, en la concepción de la Tecnología este valor puede formularse como *La tecnología como aplicación de la ciencia, de allí su confiable potencia para mejorar el proceso* (figura 4.5).

En la teoría del *CE como un producto abierto, generado en un proceso espontáneo*, se ha considerado consistentemente la concepción *espontaneísta/activista*, donde la generación de actividades espontáneas en los entornos cotidianos sería lo más relevante; y la concepción de Modelización podría ser *Es un montaje para jugar y obtener mayor facilidad en la apropiación de los significados cotidianos* (figura 4.6). La concepción de Tecnología puede ser una *Actividad relacionada con la creación de artefactos que responden a necesidades utilitarias, “prácticas”, sin preocupar las consecuencias* (figura 4.5).

Las dos anteriores teorías del CE corresponden a teorías de transición. La teoría del *CE como un producto abierto generado en un proceso orientado* (tabla 4.1) funciona como la teoría de referencia, asociada al Modelo de Investigación en la Escuela (MIE). La concepción de Tecnología puede tomarse como *Campo de saber y hacer, con su propia práctica y definición experimental. Interrelacionado con la ciencia de manera bastante fuerte* (figura 4.5). La concepción de Modelización podría formularse de la siguiente manera: *El modelo como construcción tecnológica y conceptual/ Otra realidad simuladora de lo REAL, otro modelo* (figura 4.6).

4.3. Problemas, Objetivos, Estudios de la investigación

4.3.1. La correspondencia entre Problemas, Objetivos y Estudios

La complejidad de la investigación ha llevado a reconocer que para indagar por el problema central es necesario formular varios sub-problemas, objetivos y estudios. No se trata de estudiar un *objeto* sino un sistema que emerge como objeto (Morin, 1986 [1977]: 122), lo que requiere: *i)* estudiarlo de manera parcial, atendiendo a sub-sistemas específicos; *ii)* la secuencia específica para realizar estos estudios es parte de las responsabilidades del autor; *iii)* dicha secuencia (expresada de forma concreta en el volumen 2) depende del marco conceptual

disponible, el método posible, y de la necesidad de satisfacer los propósitos de la investigación (construcción de teoría)¹⁵⁴.

Una vez formulado el problema de investigación, en la tabla 4.2 se indican los subproblemas en los que éste se pormenoriza para hacerlo investigable, los objetivos que se plantean para abordar cada uno de ellos, y su concreción en cada uno de los estudios que comprenden la investigación.

La relación entre estos componentes no es lineal sino que exige identificar agrupaciones de problemas, objetivos y estudios que se corresponden entre sí (tabla 4.2). Por ejemplo, el primer estudio se orienta a determinar la significatividad del caso seleccionado para la investigación. En contraste, con los Estudios 3 y 4 no es posible obtener una relación lineal con los sub-problemas 3 y 4, ni existe una relación sencilla con los Objetivos de investigación, como es el caso de los Meta-objetivos, los que jugaron papel protagónico en la formulación de los primeros tres capítulos. El Estudio 1 es un trabajo basado en el informe final (Ramírez, 2000) del curso *Metodología de la Investigación Didáctica en el Marco del Proyecto IRES* (1999/2000) bajo la dirección del profesor Dr. Rafael Porlán Ariza. Se consolidó con el paso del tiempo y, en la práctica, ha evolucionado gracias a otros estudios que ayudan a enriquecer la descripción que se hace del caso. Un segundo ejemplo de dicha complejidad se puede apreciar en la configuración que guardan los objetivos de la investigación, a los que ha sido necesario representar como un *sistema de objetivos* que se ajustan a la evolución misma del fenómeno (figura 4.7).

Debido a esta composición, se decidió presentar luego de este apartado una síntesis de cada estudio. Se presentan de manera sintética los componentes teóricos, las premisas de trabajo y el método específico de cada estudio que se llevó a cabo.

En el volumen de la memoria de la tesis, que se dedica en extenso a cada uno de los estudios, se recogen los detalles teóricos, metodológicos, resultados, discusión de resultados y conclusiones, con los correspondientes anexos. Estas memorias son las que han terminado formando el Volumen 2 de la tesis. Las conclusiones de cada estudio, como aporte de conocimiento sobre el caso, son retomadas en el capítulo 5, dedicado a resolver los sub-problemas que se han derivado del problema general de la investigación.

¹⁵⁴ En otras palabras, se encuentra localizado social e históricamente (Toulmin, 1977) y “las adecuaciones del pensamiento racional/empírico/lógico no sólo son locales y provinciales, sino que experimentan sus propias limitaciones” (Morin, 1988 [1987]).

CORRESPONDENCIAS ENTRE SUB-PROBLEMAS, OBJETIVOS Y ESTUDIOS		
Sub-problemas	Objetivos	Descripción del estudio
<p>P1. ¿Cuáles son las características contextuales y personales de la profesora que participa en el estudio?</p> <p>P1a. ¿Cuál ha sido la trayectoria personal y profesional de la profesora en relación con el uso de las nuevas tecnologías?</p> <p>P1b. ¿Cuál ha sido la trayectoria académica de la profesora en relación con su participación en procesos de formación del profesorado, realización de sus estudios universitarios, entre otros?</p> <p>P1c. ¿Cuál es la concepción curricular del estado colombiano frente a la enseñanza de la física y cuál es la posición de la institución donde labora la profesora frente a esta concepción?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterización de la trayectoria personal de la profesora y el contexto en el que se desenvuelve (general). - Abordar el contenido de física de la educación media colombiana a la luz de la legislación vigente (específico). - Identificar el MDP declarado de la profesora, a luz de la interrelación entre pensamiento profesional y dilemas prácticos (específico). 	<p>Estudio 1: Diseño del estudio sobre la significatividad del caso de la profesora escogida para la realización de esta investigación.</p>
<p>P2. ¿Cuál es el estado de evolución profesional, en la perspectiva del MIE, que la profesora presenta cuando integra las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física?</p> <p>P2a. ¿Cuál es el Modelo Didáctico Personal (MDP) declarado por la profesora en diferentes tiempos (años 2000 y 2004)?</p> <p>P2b. ¿Es posible reconocer una transformación del conocimiento profesional y las estrategias de enseñanza de la profesora en este periodo de tiempo?</p> <p>P2c. ¿Existen nexos entre los procesos de modelización y el uso de las tecnologías con el estado de evolución profesional identificado?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar los cambios que la profesora declara haber experimentado entre los años 2000 y 2004. 	<p>Estudio 2: Determinar el Modelo Didáctico Personal Declarado y los cambios experimentados entre los años 2000 y 2004: caracterización de la evolución del conocimiento profesional de la profesora.</p>
<p>P3. ¿Cuál es el papel que juegan las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física?</p> <p>P3a. ¿Se afectan las estrategias a desarrollar en el aula de clases con (sin) la presencia de NTIC?</p> <p>P3b. ¿Qué explica la estabilidad de las estrategias de enseñanza en la medida que es posible afirmar que las interacciones entre estudiantes y profesores son dinámicas y complejas, donde cada quien participa activamente en la defensa de sus versiones sobre el mundo?</p> <p>P3c. ¿Cómo se ponen en juego tareas de modelización en el desarrollo de las prácticas de enseñanza?</p> <p>P3d. ¿Cuál es el Modelo Didáctico Personal que se expresa en el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física tomando como perspectiva base la del MIE (general). - Identificar las estrategias de enseñanza de la profesora, a la luz de la interrelación con el MDP declarado (específico). - Meta-Objetivo: Identificar potenciales interrelaciones entre los marcos teóricos basados en el pensamiento profesional y las estrategias de enseñanza (general). - Meta-Objetivo: Identificar sectores de evolución profesional y reformular obstáculos que imposibilitan el desarrollo profesional en este caso. - Elaboración de una nueva hipótesis de progresión sobre la inclusión de las NTIC (específico). - Evidenciar procesos de reflexión y desarrollo profesional de la profesora desde el año 2000 hasta la actualidad (específico). 	<p>Estudio 3: Caracterizar las prácticas de enseñanza de la Física que realiza la profesora con las dos unidades didácticas</p> <p>Estudio 4: Relación entre teoría y práctica profesional con el uso de las NTIC en la enseñanza de la física.</p>
<p>P4. ¿Qué obstáculos se pueden identificar en el desarrollo profesional de la profesora al relacionar los cambios en su pensamiento didáctico con la estructura de sus prácticas de enseñanza, en el marco del uso de las NTIC?</p> <p>P4a. ¿Cuál es el tipo de relación que existe entre los cambios declarados y la estructura de las prácticas de enseñanza que desarrolla la profesora?</p> <p>P4b. ¿Cuál es la naturaleza de los obstáculos al desarrollo profesional y la forma que se incardinan en esta relación los soportes tecnológicos y, en especial, las NTIC?</p> <p>P4c. ¿Los obstáculos contribuyen a explicar las formas en que se organiza el sistema-aula para lograr que sea funcional y viable?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evidenciar procesos de reflexión y desarrollo profesional de la profesora desde el año 2000 hasta la actualidad (específico). 	

Tabla 4.2. Correspondencia entre Problemas, Objetivos y Estudios de la Investigación.

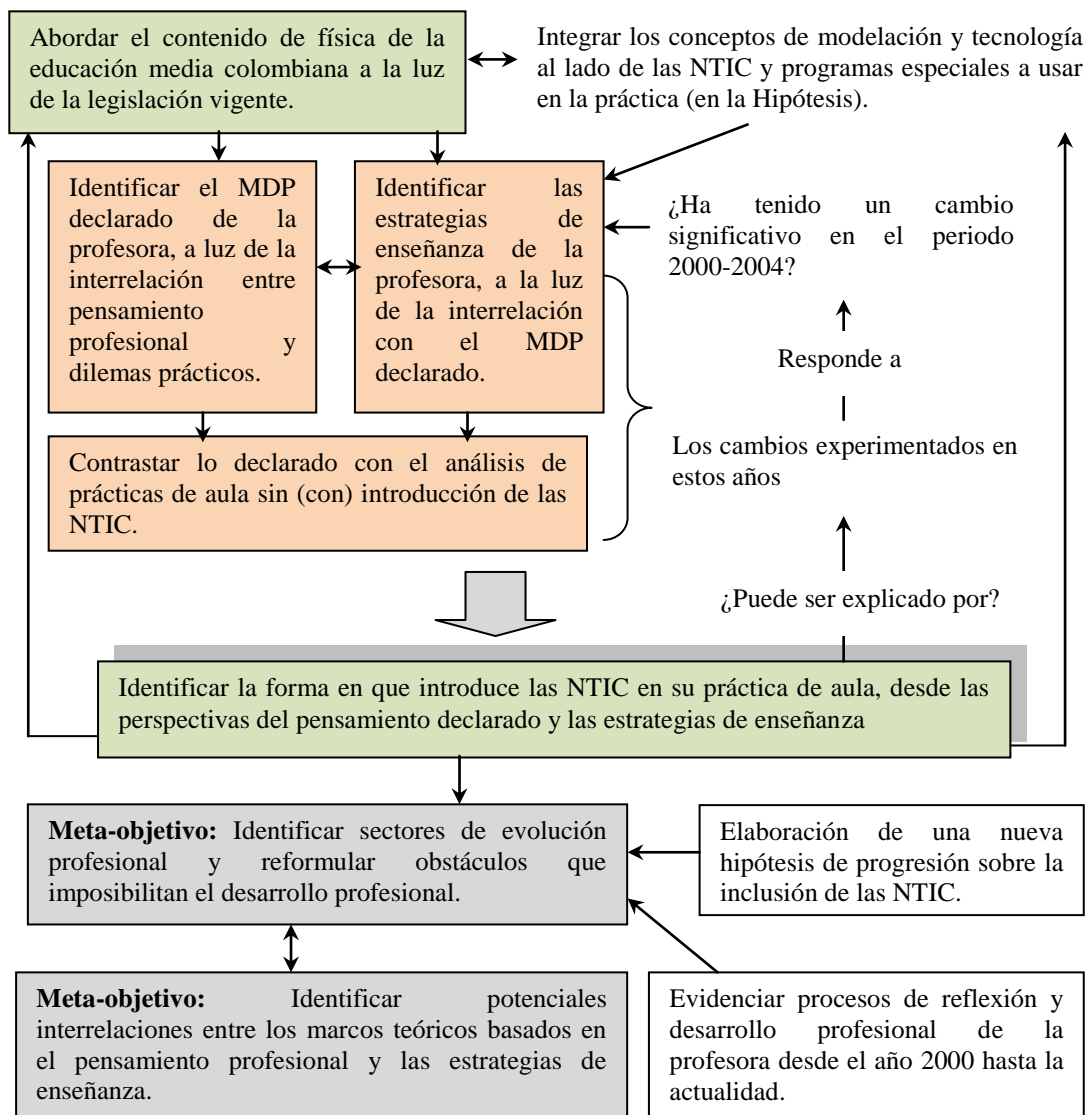


Figura 4.7. Representación sistémica de los objetivos de la investigación.

Este grado de detalle en el desarrollo de los estudios, y la resolución de los problemas planteados, se encuentra soportado en tres fuertes razones:

- Uno de los problemas más delicados con en el diseño de un estudio de caso con unidades de análisis múltiples, es la dificultad para retornar a las unidades más amplias (Yin, 2009:52), que en este caso se corresponde con las relaciones entre los sub-sistemas de interés en el marco general del sistema-aula (figura 4.8).
- Un defecto común en los estudios de caso se refiere a las falencias en la documentación de los procesos de investigación (Yin, 2009:45).

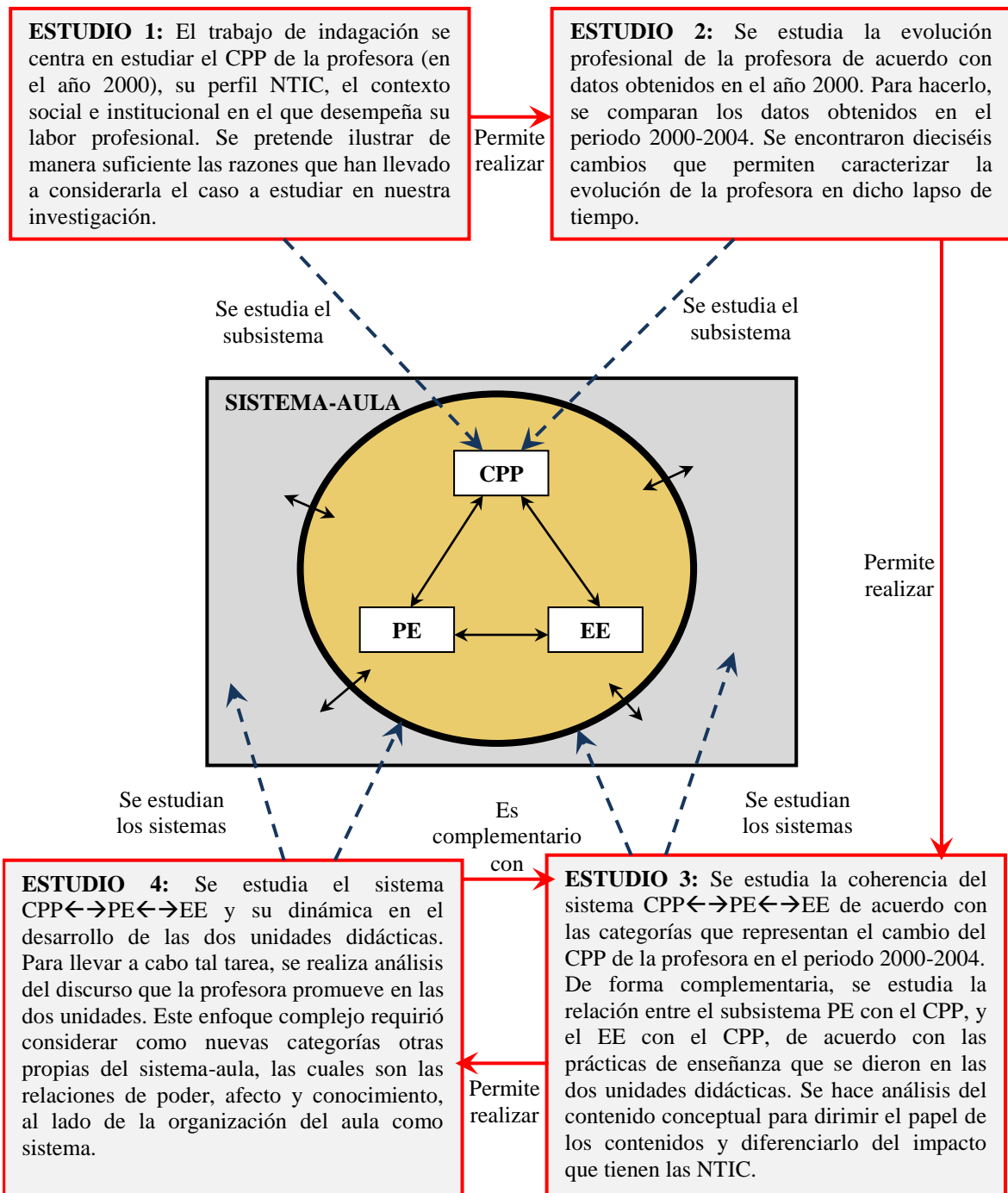


Figura 4.8. Representación sistémica de las relaciones entre los cuatro estudios necesarios para indagar por la Integración de las NTIC que hace la profesora en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física desde la perspectiva del MIE.

- En estudio doctoral, realizado sobre la producción de conocimiento en España, Axpe (2003¹⁵⁵) llama la atención sobre la necesidad de trabajar

¹⁵⁵ María Ángeles Axpe realiza su tesis sobre la investigación cualitativa, realizando una amplia discusión sobre ésta e incluyendo el estudio de caso en su interior. Se recoge el propósito de las discusiones, pero no se considera que dicha discusión esté finalizada, especialmente cuando el mismo Robert K. Yin (2009) expresa que el estudio de caso no debe considerarse incluido como parte de la investigación cualitativa; ver la reveladora figura 2.2. que presenta en la página 39.

fuertemente en la producción de teoría, reconociendo que en la actualidad son visibles las evoluciones en lo metodológico.

Procederemos ahora a presentar cada uno de los cuatro estudios. En cada presentación se trabajará la síntesis de las condiciones y diseño de cada uno de los estudios, los que serán ampliados en el Volumen 2.

4.3.2. *Síntesis del estudio 1: Significatividad del caso de la profesora seleccionada para esta investigación*

El estudio se ha derivado del trabajo sobre *Los obstáculos afectivos de los profesores a la par del desarrollo de sus modelos didácticos* (Ramírez, 2000), realizado a partir del curso *Metodología de la Investigación Didáctica en el Marco del Proyecto IRES* (1999/2000), bajo la dirección del profesor Dr. Rafael Porlán Ariza.

En esta investigación se partió de tres profesores, como casos iniciales. Tales profesores fueron seleccionados por presentar varias características interesantes desde la perspectiva del MIE:

- Todos participaron en su formación inicial de proyectos de renovación pedagógica en las áreas en que se formaron [dos en matemáticas y física, uno en biología y química]; en este caso, se eligieron teniendo en cuenta el importante impacto de la formación inicial en el conocimiento del profesorado (Porlán y Rivero, 1998).
- Todos presentan un perfil de profesor innovador en su ejercicio profesional; participan de colectivos pedagógicos incipientes y trabajan, especialmente, en el proceso de planificación de la enseñanza y creación de materiales y recursos desde perspectivas alternativas.
- Cada uno de ellos posee, al menos, cuatro años de experiencia en el ejercicio profesional de la enseñanza. Este periodo es fundamental porque marca temporalmente los retrocesos que un profesor puede tener en este proceso de ser innovador, ocurriendo incluso que con el paso del tiempo pueda *convertirse* en un profesor de corte tradicional (Esteve, 1998).

Para conocer las características personales del modelo didáctico de cada uno de los profesores, se desarrollaron dos cuestionarios tipo Likert mediante los cuales se indagaron el *Modelo Didáctico* (Anexo E1-1) y los *Dilemas y Problemas de la práctica profesional* (Anexo E1-2) que cada profesor reconoce como parte de su CPP, permitiendo obtener los Códigos Didácticos Personales¹⁵⁶ (Ramírez, 2000).

¹⁵⁶ A partir de una lógica de cuatro valores, se obtiene un Código Didáctico que describe a cada profesor en particular.

Debido a que dichos cuestionarios se hicieron para conocer casos específicos, se diseñaron bajo una lógica diferente a la que se han aplicado para los inventarios de creencias, que están orientados al estudio de muestras amplias del profesorado, como es el caso del *INPECIP* (Porlán, 1989). *La lógica ha sido construir instrumentos de investigación que recuperen los matices propios de cada caso.* Los resultados con los tres profesores arrojaron valores cercanos al modelo investigativo, aunque con valores híbridos, como ha sido reportado en otros estudios (Porlán y otros, 1998).

Esta investigación se dio en un contexto social de Renovación Curricular Nacional en el área de Ciencias Naturales, que tiene su base documental en los *Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental* (MEN, 1998). En el marco de una renovación basada en un *modelo competencial* se complementa luego con el documento *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales* (MEN, 2004).

Existen estudios diferentes sobre dichas directrices¹⁵⁷. Se interpreta que los lineamientos se formulan desde una perspectiva constructivista; donde los procesos experimentales sirven para resolver problemas en ciencias naturales, y se reconoce una matriz de relaciones educativas basada en el enfoque CTS (Zambrano, Viafara y Marín, 2008). En la misma línea siguen los estándares, documento publicado posteriormente. Un estudio sobre las Concepciones de la Naturaleza de Ciencia en estos textos evidencia que tales documentos simplifican la práctica educativa (Hernández y Morales, 2009:146 y ss.), al considerarla apenas como un agregado más del proceso de formación en ciencias.

En este contexto socio-cultural se puede realizar una síntesis de los tres profesores (tabla 4.3), de acuerdo con: (a) la cercanía a movimientos de renovación pedagógica antes y después de terminar el grado como profesor(a)¹⁵⁸, (b) la experiencia profesional en años (para el año 2000), (c) la trayectoria de la formación académica, (d) el modelo didáctico declarado, (e) el tipo de institución educativa donde han laborado y el papel que juegan, así como (f) la familiaridad con las NTIC.

De acuerdo con la información de la tabla, podemos destacar las razones culminantes que llevaron a seleccionar la profesora 3 como el caso en esta investigación. Estas razones son:

¹⁵⁷ El modelo de reforma que predomina está fuertemente alineado con un modelo jerárquico donde los expertos, desde la teoría, orientan lo que deben hacer los prácticos, en este caso los profesores.

¹⁵⁸ La titulación que recibieron es de *Licenciados*, una propuesta curricular que combina la formación disciplinar con la formación en pedagogía y didáctica. Formación de cuatro años que debe terminarse con una tesina que debe ser defendida ante tribunal conformado por dos jurados.

Aspecto	Profesor 1	Profesor 2	Profesora 3
Cercanía con movimiento de renovación pedagógica	Parte de movimiento de renovación pedagógica como estudiante universitario. Innovador en el trabajo de clase como profesional; aislado del trabajo con colectivos de profesores después del grado.	Integrante de movimientos de renovación crítica como estudiante. Integrante de Red Pedagógica Regional en su ejercicio como profesor.	Parte de movimiento de renovación pedagógica como estudiante universitario. Innovadora en el trabajo de clase como profesional. Líder de grupo de reflexión pedagógica y didáctica institucional.
Experiencia profesional en años (al año 2000)	Seis (6) años de experiencia profesional.	Catorce (14) años de experiencia profesional.	Cuatro (4) años de experiencia profesional.
Trayectoria formativa y reconocimientos	Licenciado en Matemáticas y Física. Graduado con tesina de pregrado donde hizo investigación cualitativa sobre la Imagen de la Ciencia en la Escuela. La tesina fue publicada en formato de libro a nivel nacional.	Licenciado en Biología y Química. Maestría en Educación. Premio pedagógico regional como docente investigador. Con capítulos de libro y publicación de artículos en revistas pedagógicas.	Licenciada en Matemáticas y Física. Tesina de pregrado en Física Teórica. Especialista en Docencia de las matemáticas.
Modelo Didáctico Declarado (MDD)	Presenta valores declarados que van entre el Modelo Tecnológico y el Investigativo, con sesgo hacia éste.	Presenta valores declarados que van entre el Modelo Espontanéista y el Investigativo, con sesgo hacia éste.	Presenta valores declarados que van entre el Modelo Tecnológico y el Investigativo, con sesgo hacia éste.
Relación entre MDD con los dilemas de la práctica	Se presenta una relación coherente entre MDD y dilemas que identifica en la práctica profesional.	Se presenta una relación coherente entre MDD y dilemas que identifica en la práctica profesional.	Se presenta una relación coherente entre MDD y dilemas que identifica en la práctica profesional.
Tipo de institución donde ha laborado	Instituciones privadas locales; trabajando por contratos temporales.	Profesor de planta estatal. Laborando en instituciones de tipo público.	Ha trabajado por contrato en entidades estatales (año 1999) y privada (1997-1998). Para el año 2000 labora en institución privada de capital internacional. Trabaja con contratos a término indefinido.
Familiaridad con las NTIC	Poca familiaridad con las NTIC antes del grado. En proceso de acercamiento después del grado.	Poca familiaridad con las NTIC antes y después de los grados obtenidos.	Alta familiaridad antes y después del grado.

Tabla 4.3. Síntesis de los perfiles de los tres profesores en el año 2000.

- a. A pesar de contar los tres docentes con perfiles interesantes desde la perspectiva del MIE, tan sólo la profesora 3 posee una alta familiaridad con las NTIC; aspecto relevante para realizar la integración de éstas en las aulas de clase (Almérich y otros, 2011; Lin y otros, 2013). Como parte de su historia de vida esta afirmación es literal; debido al interés particular de

su padre por este tipo de tecnologías¹⁵⁹; desde niña tuvo la posibilidad de conocer las primeras versiones de programas personales de juegos virtuales que se distribuyeron en el mundo.

- b. El tipo de contrato a término indefinido, con una organización seria en el plano internacional¹⁶⁰, le concede una tranquilidad laboral que puede afectar positivamente en su desempeño como profesora (García-Díaz y otros, 1999); asimismo, dicha condición de docente estable permite un seguimiento continuado y prolongado, de cara a los intereses de esta investigación.
- c. De acuerdo con la tesina de grado, elaborada en Física Teórica, y por su historial académico, estamos hablando de una profesora que posee un alto conocimiento disciplinar. De acuerdo con el modelo de sistema-aula ([figura 3.12](#)), hemos manifestado que este es uno de los requerimientos mínimos necesarios (que no suficientes) que debe tener el profesor para ingresar de manera legítima al aula de clase¹⁶¹.
- d. Se trata de una profesora con vocación docente y alta capacidad intelectual para tal labor. Este dato y el hecho de que el grupo de estudiantes con el que realizó las prácticas de enseñanza obtuvieron altos puntajes en Física¹⁶² –de acuerdo con las pruebas estandarizadas estatales que aplica el estado colombiano (ver Estudio 1)–, concurren en la razonable posibilidad de que el conocimiento del contenido y el conocimiento pedagógico del contenido presenten alto desarrollo, y se relacionen fuertemente en clases que necesariamente debieron ser cognitivamente exigentes (Fischer y otros, 2012) para llegar a este tipo de logros.
- e. Su desempeño al interior de la institución le permitió en el año 2005 ejercer como Coordinadora Pedagógica de toda la institución. De esta manera tenía toda la autonomía necesaria para llevar de forma responsable sus planteamientos curriculares en Física al interior del aula de clase; un asunto que no es nada desdeñable debido a que existe evidencia de las enormes trabas que las instituciones pueden poner a los procesos de innovación (Apple, 1996 [1979]; Imbernón, 1994; Ballenilla, 2003; Pozuelos y otros, 2010; Henderson y Dancy, 2007).
- f. Y es posible afirmar también que toda la institución educativa mostraba un alto grado de trabajo y compromiso con el proceso de formación de los estudiantes, siendo la profesora una de las líderes en este proyecto.

¹⁵⁹ Este interés es bastante particular en nuestro entorno regional. Hace parte de un proyecto personal que hoy en día sigue en desarrollo, como programador en plataforma GNU/Linux, entre otros.

¹⁶⁰ La institución educativa pertenecía a una Organización No Gubernamental que atendía a través de este proyecto escolar a niños vulnerables (desplazados, huérfanos, económicamente deprimidos, entre otros) al lado de niños que no tenían mayores problemas económicos o sociales.

¹⁶¹ Dicha afirmación no desconoce que la investigación empírica no ha mostrado que considerar el *conocimiento del contenido* disciplinar (CK en inglés) como condición previa para una enseñanza adecuada sea del todo cierta, pero sí muestran que CK y *conocimiento pedagógico del contenido* (PCK en inglés) correlacionan bastante bien en clase cognitivamente exigentes (Fischer y otros, 2012).

¹⁶² Lo normal es que los puntajes obtenidos en esta área no sean altos en nuestra región y nuestro país; de hecho, en nuestra región los puntajes muestran un valor que se ubica por debajo de los promedios nacionales.

Impronta institucional que ha sido formulada por Gardner (2000 [1999]) como una condición clave para lograr una buena formación en los estudiantes.

Así, la profesora seleccionada para esta investigación en el contexto institucional muestra una autonomía real para integrar las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, lo que permite que pueda hacer el mejor despliegue posible de la forma en que concibe los procesos de enseñanza, en este caso fuertemente cercano al modelo didáctico investigativo.

Al argumento anterior, para la selección de este caso de estudio singular, se suma como indicativo¹⁶³ el porcentaje de profesores que pueden tener estos dos atributos combinados. Por un lado: *i*) en el marco de estudios con soporte estadístico, Almería y otros (2011) sostienen que menos del 10% del profesorado se sitúa en un perfil¹⁶⁴ que permite una integración de las TIC con cierta profundidad, *y solamente un 8% se siente en capacidad de integrar efectivamente las TIC al aula de clase*; *ii*) Porlán, Rivero y Del Pozo (1998) reportan teorías epistemológicas híbridas, y constatan que la declaración que se presenta con más alto porcentaje en el Modelo Didáctico Personal Alternativo (Investigativo), es del 15,64%, identificado en profesores de EGB (Porlán, 1989).

Si suponemos que dichos atributos son de dos valores posibles, un profesor puede sentirse o no con capacidad de integrar las TIC al aula de clase, y un profesor puede expresar o no un modelo didáctico Alternativo. Los valores para los que esto sucede nos permiten calcular la probabilidad simple de que un profesor sí posee los dos atributos; lo que puede calcularse como:

$$(8/100) \times (15,64/100) = 125,12/10.000 = 1,2512/100$$

Lo anterior significa que la probabilidad de encontrar un profesor con estos dos atributos es de aproximadamente trece (13) entre mil profesores de ciencias escogidos al azar. Dicho valor es aún más significativo si se tiene en cuenta que introducir la existencia o no de los obstáculos institucionales (autonomía en la selección curricular, p.e.) y sociales (condiciones de estabilidad laboral, p.e.), considerados relevantes (Porlán y otros, 2010) para la realización de una práctica de enseñanza con estas características, harían disminuir dramáticamente este resultado.

¹⁶³ El valor obtenido es un estimado, pues se desconoce la influencia de factores como el apoyo institucional, las condiciones socioculturales en la que se disemina su uso.

¹⁶⁴ En la memoria del Estudio 1 (volumen 2, Anexo E1-4) se ha usado una versión ampliada del instrumento de estos autores para caracterizar este caso en particular.

4.3.3. *Síntesis del estudio 2: Cambio del Conocimiento Práctico Profesional Declarado de la profesora en el periodo 2000-2004.*

Intentando establecer los cambios que la profesora ha presentado en el periodo 2000-2004, a finales (mes de diciembre) del año 2004 nuevamente se pidió que respondiera a los cuestionarios sobre *Modelo Didáctico* (Anexo E1-1) y *Dilemas y Problemas de la práctica profesional* (Anexo E1-2), ya diligenciados en el año 2000. La primera sorpresa consistió en evidenciar, en el proceso de análisis de los datos y considerando tan sólo los valores más altos, que las respuestas fueron prácticamente iguales. Varias cuestiones surgieron al respecto: ¿En cuatro años no ha cambiado nada? ¿Por qué esta estabilidad? ¿Es un comportamiento aparente o simplemente normal en la medida en que es un caso *extrema*?

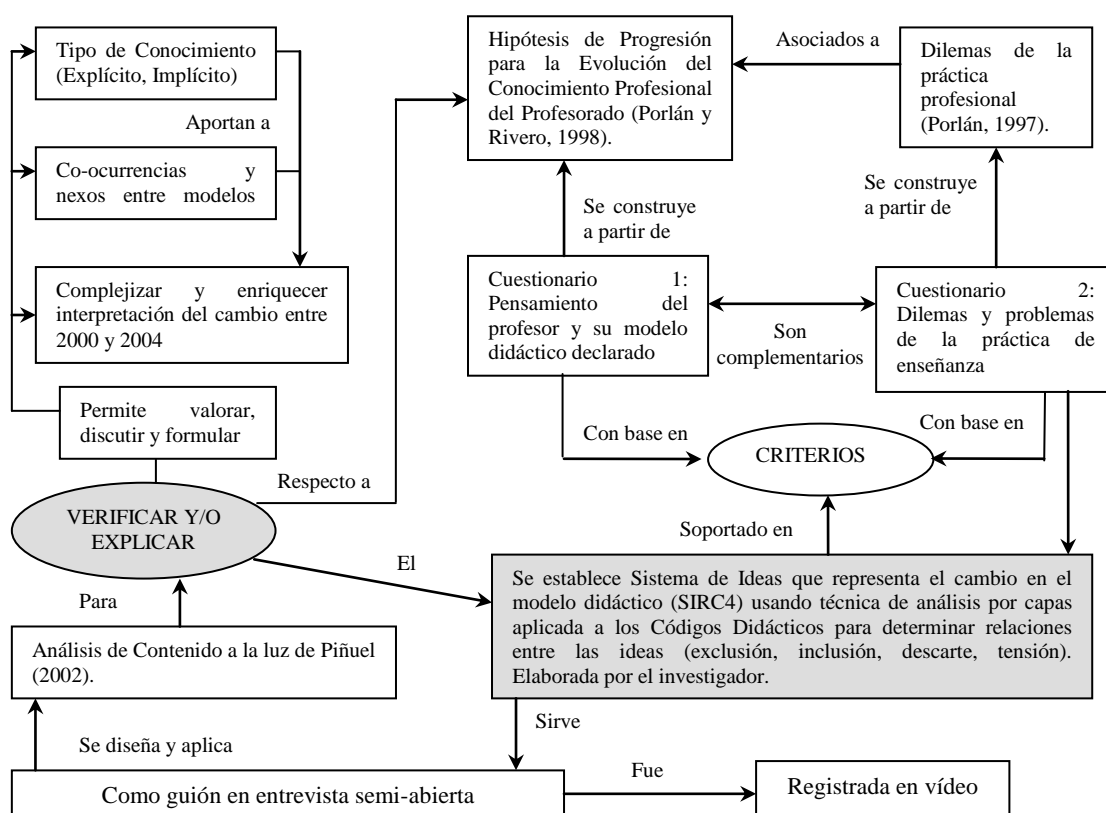


Figura 4.9. Representación del método de investigación ejecutado para identificar el estado de evolución profesional (en términos de cambios) declarado por la profesora.

Dichos resultados coinciden a primera vista con lo que se plantea en la literatura. Aun así, entre los años 2000-2005 se ha desarrollado un método de análisis de *Doble Camino*, aplicado al estudio de los Códigos Didácticos de los años 2000 y 2004. Fue así que, bajo dichas semejanzas (y diferencias), ha sido posible identificar un sistema de ideas que representa los cambios entre los años 2000 y 2004 (figura 4.9), llamado el *Sistema de Ideas que representan el Cambio (SIRC4)* del

modelo didáctico de la profesora. Dicha información sirvió de base para realizar una entrevista semiestructurada en la que se indagó la validez de dichos cambios, obtenidos mediante el uso de dos trayectorias de análisis de los datos aplicando la técnica de Análisis del Contenido (Piñuel, 2002). Se obtuvo el Sistema de Ideas para cuatro años (4) validado por entrevista (E), en siglas SIRC4E, que *representa el cambio del CPP que ha ocurrido en la profesora en este periodo.*

Tal sistema de ideas funciona como una representación de la evolución profesional de la profesora en dicho periodo de tiempo; consta de dieciséis cambios que se consolidan como categorías relevantes en el diseño y desarrollo de los Estudios 3 y 4.

4.3.4. Síntesis del Estudio 3: Caracterización de las prácticas de enseñanza de la Física que realiza la profesora con las dos unidades didácticas

En el marco del diseño general del estudio de caso ([figura 4.4](#)), la realización de las prácticas de enseñanza con integración de las NTIC han permitido tener condiciones de trabajo específicas e ideales para esta investigación.



Figura 4.10. Secuencia temporal del trabajo con las Unidades Didácticas sin NTIC y con NTIC.

Teniendo en cuenta que los cambios del CPP del profesorado no se dan de manera abrupta sino gradual, y es visible en lapsos considerables de tiempo, es razonable admitir que en este estudio de caso varias condiciones permanecen *estables*¹⁶⁵, refiriéndose con este término al hecho de que, en periodos pequeños de tiempo, se conserva la identidad de varios de los subsistemas que intervienen en el estudio; esto es:

¹⁶⁵ Fenomenológicamente esta estabilidad es importante porque nos referimos a la identidad de componentes que están en permanente proceso de evolución, pero que en un periodo de tiempo pequeño puede conservarse prácticamente idénticos.

- *Calificativo del periodo de realización de las Unidades Didácticas como pequeño periodo de tiempo.* Obtener el SIRC4E como un sistema que representa los cambios que van entre los años 2000-2004 ha requerido cuatro años (aprox.), tiempo considerable que va en la línea de la magnitud de nueve años (aprox.) [entre 1993-2002] requeridos para estudiar el cambio en términos de mapas cognitivos (Ruiz y otros, 2005; Porlán y otros, 2007) construido a partir del mismo marco teórico que se usó aquí para diseñar los cuestionarios. Respecto a estos prolongados periodos de tiempo, donde se han reportado cambios, el periodo de ocho meses (cinco meses del año 2004 y tres meses del año 2005) entre la terminación de la primera unidad y el inicio de la segunda (figura 4.10), parece un periodo bastante pequeño.
- *Estabilidad en el SIRC4E y su función en el análisis de la práctica de enseñanza.* El SIRC4E corresponde a los cambios que se identifican respecto a Diciembre del año 2004, de acuerdo con lo expresado en el año 2000. Se presume su identidad seis meses hacia adelante y seis meses hacia atrás, periodo en el que se realizan las Prácticas de Enseñanza correspondientes a la Unidad Didáctica sin NTIC y las Prácticas de Enseñanza correspondientes a la Unidad Didáctica con NTIC (ver figura 4.10). Esta presunción, además de considerar cuatro meses relativamente un pequeño periodo de tiempo [cuestionarios a finales de Diciembre de 2004 – Entrevista en Abril de 2005], se suman las siguientes razones: *i)* el SIRC4E, derivado del CPP y representante de su evolución en términos del cambio en los modelos didácticos, *es un asunto que requiere tiempo incluso cuando los profesores (y estudiantes de profesores) participan de procesos de formación intencionados para cambiarlo* (Solís, 2005; Ballenilla, 2003; Vázquez-Bernal, 2005; Porlán y Rivero, 2010, 2011); *ii)* la profesora de este estudio acepta integrar las NTIC en sus aulas de clase, siguiendo con su vida profesional normal, sin que ella se haya integrado en un proceso especial de formación del profesorado dirigido por nosotros a tal fin [no excluye que internamente los profesores tenían un colectivo pedagógico de trabajo]; lo que suma a favor de que el investigador no ha afectado intencionalmente, y en alguna medida su conocimiento (SIRC4E). La presencia de algún cambio se explica por las actividades que desarrolla con su equipo de trabajo, donde posee toda la autonomía para adelantar la PE. *Esta característica del SIRC4E¹⁶⁶ sirve como representación del pensamiento de la profesora para ponerlo en interrelación con la acción pedagógica en las dos Unidades Didácticas.*
- *Estabilidad del grupo de estudiantes y la relación histórica de la profesora con los mismos.* La interacción entre estudiantes y profesores en un Contexto

¹⁶⁶ Constructo que guarda continuidad teórica con la *Hipótesis acerca de las teorías epistemológicas generales sobre el conocimiento escolar y la inclusión de las NTIC en los procesos de enseñanza - aprendizaje de la física* (ver tabla 4.1), en especial con las Concepciones Curriculares y las Concepciones de Modelización y Tecnología (figuras 4.5 y 4.6).

Institucional y Sociocultural específico posee una historia. Tiberghien y otros (2009) consideran relevante el *contrato didáctico* que se establece entre estos actores, un concepto que hace referencia precisamente al conjunto de reglas que rigen esta relación. Existe evidencia que apunta a que dicha relación no es fácil, que puede cambiar (Ramírez, 2012) y en ella es posible identificar obstáculos (Henderson y Dancy, 2007) que nos han remitido al reconocimiento de relaciones de *conocimiento, afecto y poder* (Cañal, 1998) como parte del modelo de sistema-aula ([figura 3.12](#)). *En este caso, respecto al grupo de estudiantes, es posible manifestar que existen relaciones consolidadas de este tipo, ya que cuando la profesora trabaja la primera Unidad Didáctica de esta investigación, contaba con una historia de cinco años como profesora de este mismo grupo de estudiantes, sumando el tiempo en otra área del conocimiento (matemáticas).*

- *Estabilidad Institucional y autonomía profesional.* La institución donde labora la profesora se caracteriza por presentar el desarrollo coherente de políticas de trabajo; es decir, sus desarrollos se generan desde el estudio y un proceso de evaluación continuado, incluido el aspecto curricular. El hecho de que ella se haya caracterizado como líder y, luego, Coordinadora del Área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental, permite que –para el momento de toma de registros sobre las prácticas de enseñanza– tenga una autonomía profesional que le permite seleccionar y tomar decisiones curriculares relevantes para expresarse de la forma más auténtica posible al interior del sistema-aula.
- *Estabilidad en las Estrategias de Enseñanza.* Las EE emergen gracias a la interacción entre profesores (con su CPP y su PE), estudiantes y un CE en un Contexto específico. En este caso, si el CPP y las relaciones con el grupo de estudiantes se consideran estables en este periodo de tiempo, es razonable pensar que las EE tendrán un comportamiento igualmente estable¹⁶⁷. En caso de ocurrir un cambio, puede obedecer a la diferencia de los contenidos que se involucran en las unidades didácticas.

Todo lo anterior concurre en la factibilidad de presumir que las diferencias sistémicas ([figura 3.12](#)) entre la Unidad Didáctica sin NTIC y la Unidad Didáctica con NTIC se restringen –en el marco del modelo propuesto– al Conocimiento Escolar tratado [CE] (Calor y Temperatura en la primera, Movimiento Ondulatorio en la segunda) y la injerencia de las NTIC en esta última. *Así, es posible concebir que la integración de las NTIC en el sistema-aula funciona como un “perturbador”, generando re-organizaciones de los sub-sistemas que aún componen el*

¹⁶⁷ Los planteamientos de Cañal (1998) y Erduran y otros (2004) ratifican dicha tendencia.

sistema-aula. Es, pues, posible sospechar que de alguna manera tales reorganizaciones se deben mayoritariamente¹⁶⁸ a la variación del CE o a la injerencia de las NTIC en las aulas de clase.

Tenemos así un Diseño Específico ajustado a esta investigación (figura 4.11) en la que a partir del Diseño General (figura 4.4) podemos afirmar los siguientes criterios y ajustes:

- Para este pequeño periodo de tiempo se puede asumir que el CPP, antes de, durante y después de la clase [Unidad Didáctica], es prácticamente igual; lo que no elimina que existan procesos de reflexión asociados a la ejecución de tales Unidades.
- La PE, asociada a la forma en que se organiza el CE, puede variar de acuerdo a lo que sucede en las aulas de clase. En esta PE se incardinan las NTIC, a las que la profesora les da uso.
- Las EE se consideran estables, pero es posible esperar que al estar afectadas por los cambios en la PE, y el hecho de que tengamos una profesora de perfil investigador, puede llevar a que existan ciertas variaciones entre las dos Unidades Didácticas.

Este mismo Diseño Específico del estudio sirve de soporte a los Estudios 3 y 4, pero debido a la complejidad del problema de integración y del sistema-aula, se decidió enfocar el Estudio 3 al *análisis de la estructura* de las prácticas de enseñanza y el papel de los contenidos al comparar las dos unidades; en contraste, el Estudio 4 se orienta a comprender *fenomenológicamente* el comportamiento de dichas prácticas.

Para estudiar la estructura de las prácticas de enseñanza se ha considerado tomar las EE como foco organizador del análisis, en las que se pueden reconocer como unidades organizacionales las *Actividades* que están compuestas por las tareas y conforman secuencias de enseñanza. Desde una perspectiva del Análisis de Contenido (Piñuel, 2002) las Actividades se comportan como las Unidades de Análisis fundamentales. Al lado de las EE (foco para *analizar la práctica de enseñanza*) se identifica la emergencia de otros componentes de interés: a) los cambios identificados en el SIRC4E (*representación de la evolución del Conocimiento Práctico Profesional Declarado*); b) la relación con la PE; c) los contenidos disciplinares que se han incluido en las dos unidades didácticas.

Para estudiar dichas prácticas se procedió a registrar en vídeo las clases de cada una de las Unidades Didácticas. Esta práctica de registro tiene antecedentes en

¹⁶⁸ Magnitud concebible desde nuestro marco teórico, pero también significa admitir que para conocer necesariamente parcelamos lo real y lo aislamos del todo que forma parte (Morin, 1988 [1986]: 248), lo que nos lleva a reconocer que el modelo es una representación parcial de dicha realidad.

los estudios de Cañal (1998), y últimamente ha sido ejercida desde otras perspectivas (Tiberghien y Malkoun, 2008). La profesora se hizo cargo de los procesos de filmación¹⁶⁹, con una instrucción básica: *filmar los eventos de clase, teniendo en cuenta especialmente las interacciones de la profesora con los estudiantes*. Aunque es inevitable perder información sobre el fenómeno [el registro de vídeo no es el fenómeno], *esta forma de realizar los registros permite indagar la relación que se da entre acción y pensamiento profesional en una perspectiva temporal, fenomenológica*.¹⁷⁰

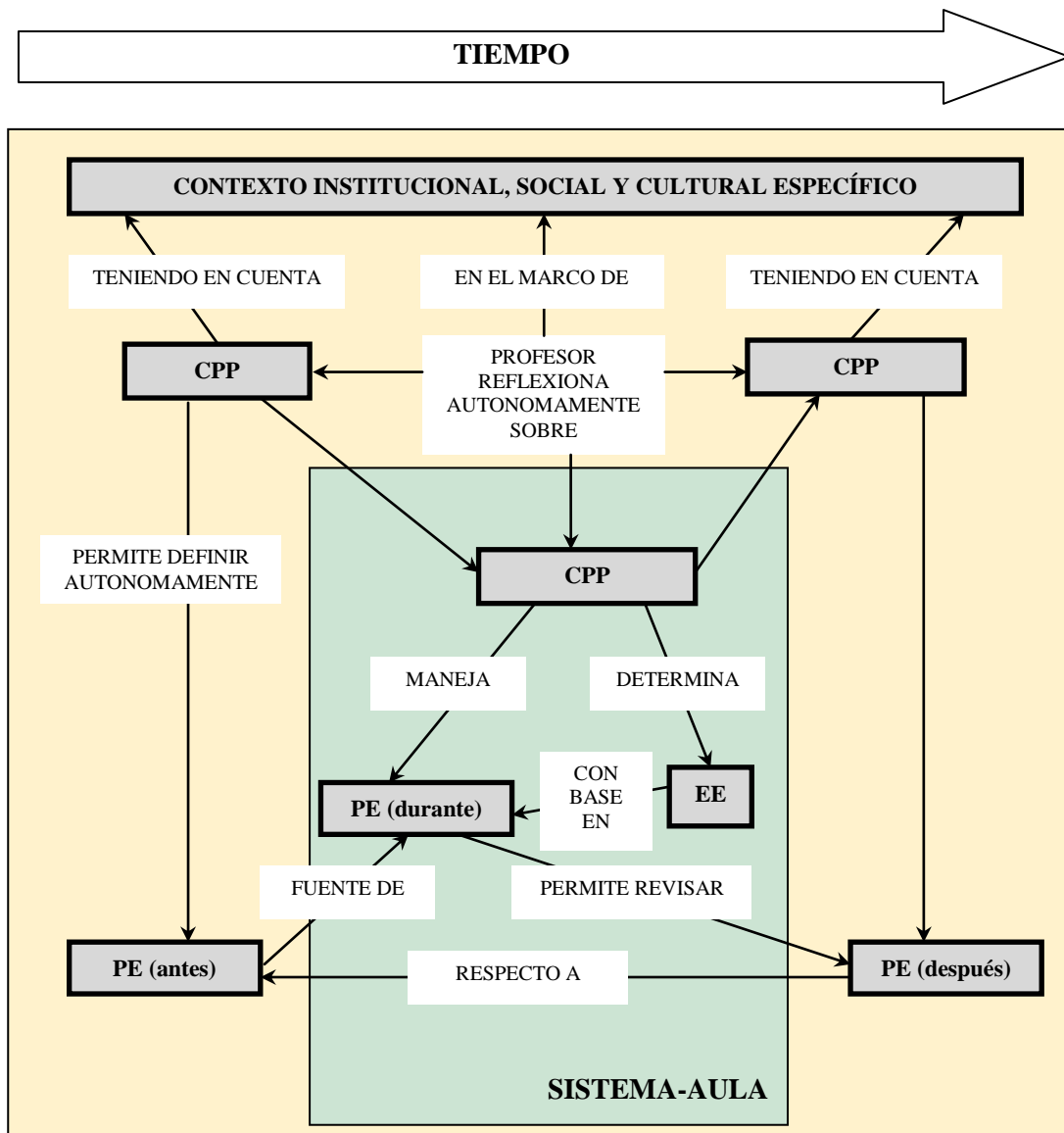


Figura 4.11. Diseño Específico del estudio de caso singular basado en los objetos de estudio CPP, la PE, las EE y el Sistema-aula acotados al papel del Profesor.

¹⁶⁹ En los casos que ella no podía hacerlo, le pidió a estudiantes del grupo que le colaboraran con el proceso de filmación.

¹⁷⁰ El Diseño Específico del trabajo

El programa informático *Atlas.ti* sirve como soporte tecnológico para realizar el Análisis de Contenido. Por su propia naturaleza, desde una perspectiva fenomenológica, este tipo de análisis nos ofrece básicamente la *estructura*¹⁷¹ del comportamiento de las prácticas de enseñanza. Es posible identificar distintas combinaciones entre los diversos sub-sistemas considerados (la PE, el CPP, las EE) y los contenidos escolares, pero siempre alrededor de la relación central entre EE y CPP (SIRC4E). *Lo interesante es que el registro de vídeo permite identificar la existencia simultánea entre las diferentes emergencias de dichos sub-sistemas, siempre en el marco de las Actividades de Enseñanza y las interacciones (profesor-estudiante) que las conforman.*

Con base en lo anterior, de acuerdo con la frecuencia de aparición de dichas combinaciones y los componentes ausentes o emergentes, se hace posible obtener patrones de comportamiento¹⁷² en la manifestación de dichas relaciones. La taxonomía de estos patrones, sopesados a la luz de otros estudios, sirve de referencia para la realización del Estudio 4.

4.3.5. Síntesis del estudio 4: Relación entre teoría y práctica profesional con la integración de las NTIC en la enseñanza de la Física

Identificar los patrones que ocurren en las prácticas de enseñanza y aprendizaje, en la emergencia del sistema-aula, es una apuesta por intentar comprender la forma particular en que se *organiza*; lo que hace posible su emergencia a trozos temporales (Morin, 1986 [1977]: 124). Pero se debe tener en cuenta que la organización no se restringe a la estructura, que (Íbid., 1986 [1977]):

“Es en general el conjunto de reglas de ensamblaje, de unión, de interdependencia, de transformaciones, que se concibe bajo el nombre de estructura, y ésta, en el límite, tiende a identificarse con la invariante formal de un sistema. La reducción del sistema a la organización ya entrañaría una pérdida de fenomenalidad y de complejidad. Ahora bien, la organización es una noción más rica y compleja que la de estructura.” (p.159)

En estas condiciones, identificar una *estructura* reporta una pérdida de complejidad, incluso una perspectiva parcial de lo que ocurre en las prácticas de enseñanza. *Pero realizar este análisis desde esta perspectiva, que es inevitable tenga sus propios límites como todo proceso de conocimiento sobre la realidad, permite seleccionar aquellos patrones de interés que nos permitan comprender lo que allí sucede.* Este es el papel del Estudio 4, estudiar el sentido de tales patrones en el marco de las prácticas de enseñanza; *una forma de regresar selectivamente a las prácticas de enseñanza, para lo que*

¹⁷¹ Esta afirmación se documenta epistemológicamente para esta investigación, y se aporta el Estudio 3 como evidencia concreta.

¹⁷² Erduran y otros (2004), Wamba (2001) arrojan evidencias de que es posible identificar este tipo de estructuras.

contamos con los registros en vídeo como un soporte tecnológico para recuperar el tiempo, la secuencia entre los elementos de cada patrón, su carácter fenomenológico.

Este regreso *fenomenológico* a las prácticas de enseñanza se ha enfocado desde el Análisis Crítico del Discurso [ACD] (Van Dijk, 1999). Este enfoque se puede formular como (Íbid., 1999):

“El análisis crítico del discurso es un tipo de investigación analítica sobre el discurso que estudia primariamente el modo en que el abuso del poder social, el dominio y la desigualdad son practicados, reproducidos, y ocasionalmente combatidos, por los textos y el habla en el contexto social y político.” (p.23)

Cuando mencionamos los rasgos generales del proyecto IRES, en el capítulo 3, podemos identificar la afinidad entre el ACD y el Modelo de Investigación en la Escuela, en la medida que ideológicamente ambos están orientados a construir procesos de *cambio social* (Cañal, 1997a; García-Pérez y Porlán, 2000; Porlán y otros, 2010) desde los procesos de enseñanza-aprendizaje que se dan al interior del sistema-aula.

En consecuencia, si pretendemos estudiar los cambios que se dan al interior del sistema-aula, donde se pueden reconocer relaciones de afecto, conocimiento y poder (Cañal, 1998); y sabemos las transformaciones del sistema-aula pasan precisamente por indagar por los cambios en estas relaciones de poder. Asimismo, el modelo teórico del sistema-aula ([figura 3.12](#)), admite que las *interacciones* regulan la *organización* del aula. Aquél concepto, visto desde una perspectiva temporal (y fenomenológica), permitió formular el *discurso* como una “actividad en la que se genera significado” (Cubero y otros, 2008:76). De esta manera, *interacción* y *discurso* aparecen complementarios ([figura 4.12](#)), permitiendo el primero la indagación por el sistema-aula desde una posición más analítica, y haciendo posible el segundo una visión sistémica y evolutiva (fenomenológica).

Este planteamiento de un ACD desde lo didáctico, se tomó como la solución más adecuada, debido a la diversidad de enfoques y dispersión que existe sobre el Análisis del Discurso en los ámbitos lingüístico, psicológico y en la misma didáctica de las ciencias. Como indica al respecto Van Dijk (1999:25), el ACD no es único, sino que refiere a muchos tipos de análisis del discurso en los que se identifican cuatro componentes teóricos comunes [Miembro de un grupo, Relaciones entre acción y proceso, Contexto y estructura social, Representaciones sociometales] alrededor de un problema central: *la relación entre el nivel micro-social y el nivel macro-social*, división a la que responde Van Dijk sosteniendo la tesis de que es *artificial* en la medida que en la “[...] realidad social de la interacción y de la experiencia cotidianas, los fenómenos de los niveles micro y macro forman un todo unificado.” (Íbid., 1999:25).

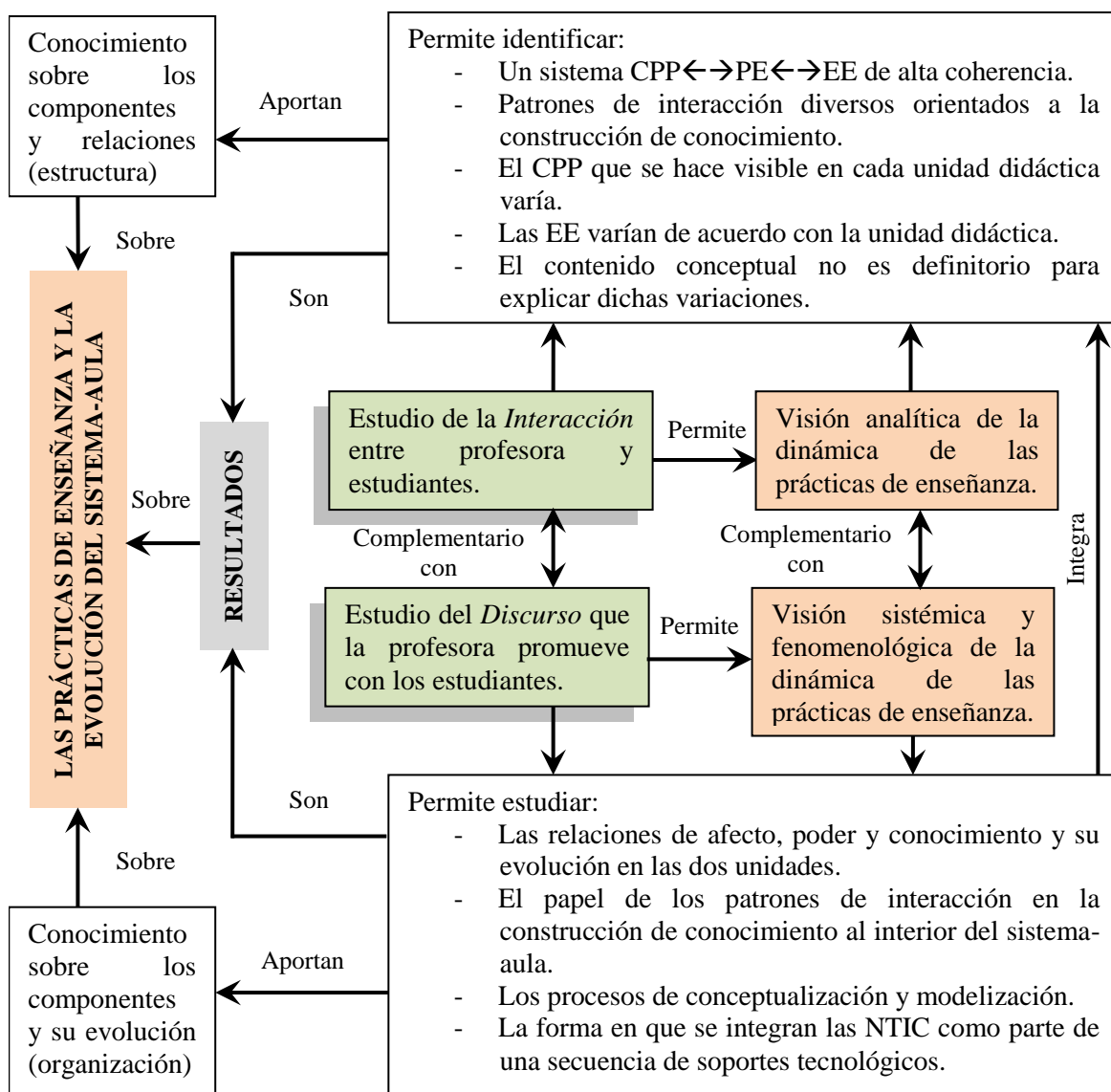


Figura 4.12. Relaciones entre los conceptos de *interacción* y *discurso* en el estudio de las dos unidades didácticas.

En la perspectiva de ACD que hemos formulado desde lo didáctico, se estableció una correspondencia de estos componentes con la producción que se ha dado en cada uno de los tres estudios anteriores, encontrándose que se satisfacen todos estos elementos:

- El componente *Miembro de un grupo* se cubrió describiendo de la manera más detallada posible la trayectoria académica de la profesora, el contexto institucional, y el tipo de directrices curriculares del estado en el área (Estudio 1).
- El componente *Contexto y estructura social*, ésta se referencia –en el capítulo 2– como parte del ingreso a la Sociedad de la Información y el Conocimiento, y la Revolución Educativa asociada (ver p.e. tabla 1.2), en

términos de una perspectiva crítica sobre el impacto social de las NTIC; y las descripciones de los cambios del estado colombiano, con el tipo de propuestas curriculares que se han venido consolidando (Estudio 1). Respecto al contexto del discurso se considera en este caso equivalente al sistema-aula ([figura 3.12](#)).

- El componente *Relaciones entre acción y proceso* se propone equivalente a la caracterización del tipo de papel que juega la profesora en su contexto institucional (Estudio 1), y el tipo de prácticas de enseñanza que desarrolla, incluidas las estrategias de enseñanza (Estudio 3).
- El componente *Representaciones socio-mentales* se hace equivalente a la representación que se ha obtenido del CPP, o sea el SIRC4E (Estudio 2).

Estamos de acuerdo con la tesis de Van Dijk (1999), de que en la realidad social los niveles micro y macro forman un todo unificado. Pero, también es pertinente mencionar que aunque se describen parcialmente dichos componentes, esta investigación se centra básicamente en estudiar las relaciones entre *las prácticas de enseñanza y el CPP [que cubre las relaciones entre acción y proceso con las representaciones socio-mentales]* en el marco del proceso de integración de las NTIC; interés que impone reconocer sus propios límites. Es así que, en esta configuración teórica y metodológica, se recurre al carácter *interpretativo y explicativo del ACD* para interpretar y explicar los obstáculos que se identifican en el desarrollo profesional de la profesora.

4.3.6. *El Método de investigación como un sistema de métodos y generación de conocimiento*

En el transcurso de este capítulo hemos reconocido que el sistema-aula y lo que sucede en su interior o exterior es de una gran complejidad. Apostar por este camino ha sido factible gracias a reconocer los límites mismos de cualquier tipo de conocimiento (Morin, 1988 [1986]: 248). En el caso específico del conocimiento científico, su génesis (y análisis) es posible gracias a la *dialógica* que se da entre la Práctica [observaciones, experiencias], la Comunicación [intercambios de información, publicidad de los descubrimientos y de los medios de comunicación, debates y discusiones], y la Reflexión [teórica y crítica] (Íbid., 1988 [1986]: 247). Cuando uno de estos elementos se impone a los demás el conocimiento científico simplemente pierde todo su potencial.

Como una forma particular de contribuir a dicha dialógica, en el marco de esta investigación, se identifica reflexivamente que el método de investigación se comporta en sí mismo como un sistema de métodos que se entretienen con la producción de conocimiento y teoría, que, a su vez permite comprender los nuevos estudios que se desarrollan ([figura 4.13](#)). *Este comportamiento en espiral no solamente ha sido necesario, sino inevitable*. Describirlo y caracterizarlo es una forma de abordar la credibilidad, validez y límites de los resultados de la presente

investigación, orientada a la construcción de teoría en una perspectiva de estudio de caso singular.

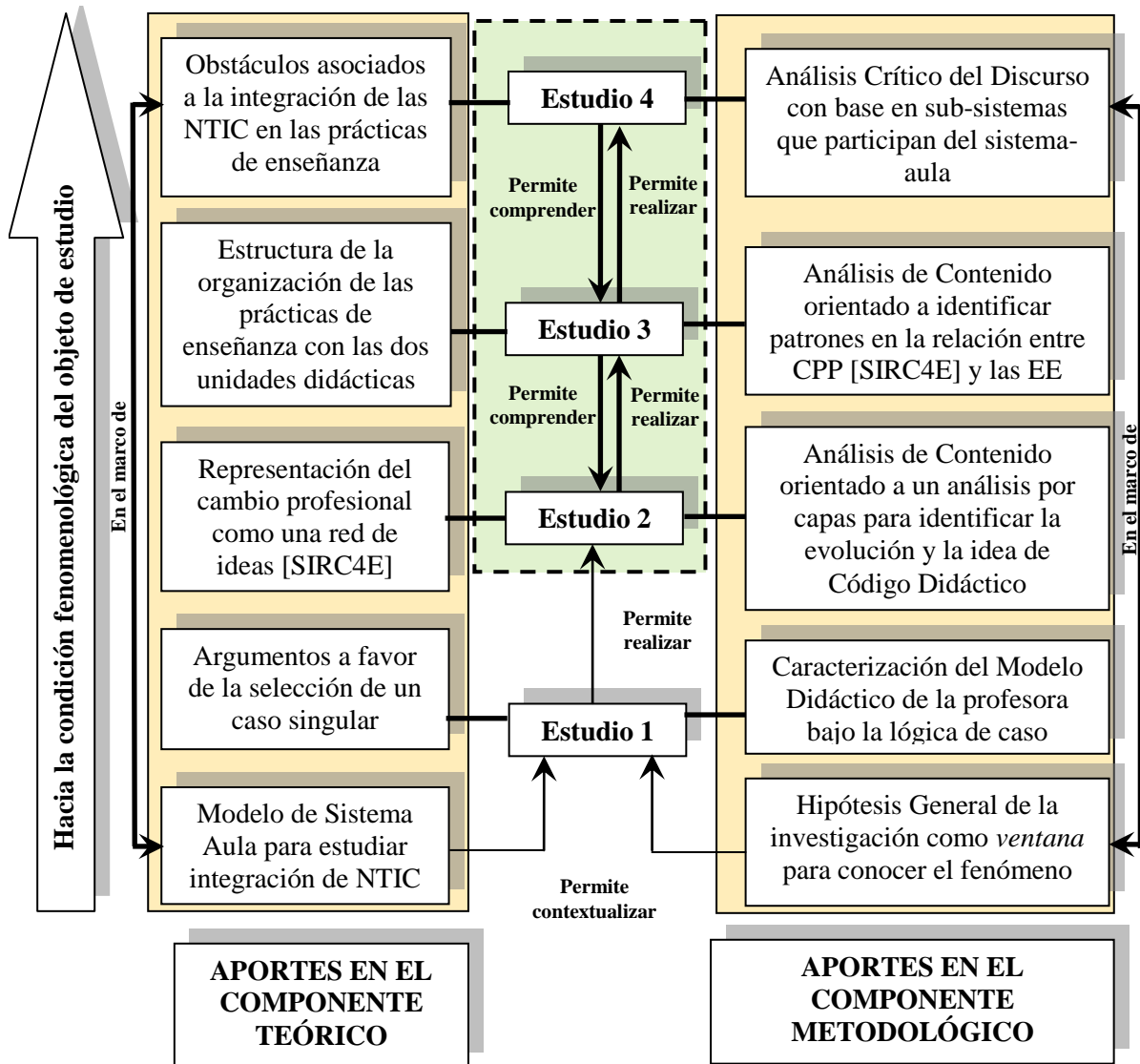


Figura 4.13. Representación sistémica entre los aportes metodológicos y teóricos en el desarrollo de la investigación.

El Estudio 1 se ha formulado en el Contexto de un modelo de sistema-aula, y una Hipótesis General que se comporta como una ventana hacia el fenómeno; aporta una descripción detallada del caso de estudio y la necesidad de considerarlo como un *Estudio de Caso Singular*, pero simultáneamente ha requerido elaborar instrumentos de recolección de la información que se ajusten al estudio de casos particulares.

Este estudio es necesario para hacer el Estudio 2, pero su realización requirió indagar la *evolución del CPP de la profesora* a partir de la recolección de información sobre su Modelo Didáctico. En este punto, el concepto de Código Didáctico, y

los criterios para representarlo, han sido fundamentales para estudiar la evolución de la profesora. Posteriormente, se desarrolló una técnica en la que el Análisis de Contenido permitió lograr un análisis por capas de información, que produjo finalmente un Sistema de Ideas que representa la evolución de la profesora [SIRC4E], en relación con su Modelo Didáctico Personal declarado [MDP].

El Estudio 2, a su vez es requisito necesario para realizar el Estudio 3. En este ya es posible establecer una relación entre el CPP a través del SIRC4E y las EE, permitiendo obtener una estructura de la organización del sistema-aula en el proceso de ejecución de Unidades Didácticas (una con NTIC y otra sin ellas). La técnica de Análisis de Contenido se integra para obtener dicha estructura en el marco de un modelo de Sistema-Aula, concebido como un *metasistema* del que participan diversos sub-sistemas (CPP, PE, EE). Esta característica ontológica ha permitido definir con mayor claridad el Diseño Específico de la investigación para estudiar la integración de las NTIC ([figura 4.11](#)). *Por primera vez, de acuerdo con las características propias del diseño de la investigación, es posible comprender los resultados del anterior, en este caso el Estudio 2.*

El Estudio 3 aparece también como necesario para realizar el Estudio 4, pero similarmente éste sirve para comprender, de una manera enriquecida los resultados del 3. Es aquí donde se hace posible representar y evidenciar la idea de obstáculo como un componente sistémico asociado al sistema-aula, lo que simultáneamente ha requerido un Análisis Crítico del Discurso ajustado a los diversos aportes teóricos de los estudios anteriores.

Desde una perspectiva global se identifican bucles de realización/compreensión entre los estudios 2-3 y los estudios 3-4. La zona sombreada en verde, y donde los estudios se relacionan mediante flechas gruesas ([figura 4.13](#)), representa el espacio legítimo, creíble y válido para la generación de conocimiento en esta investigación. En contraste, el Estudio 1 ha sido necesario para realizar los subsiguientes estudios, pero éstos no permiten comprender suficientemente la forma en que determina a los demás.

El conocimiento que, legítimamente, se produjo en esta investigación, muestra que para poner en relación acción y pensamiento pedagógico [que posee como núcleo el sistema $CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE$], rescatando la condición fenomenológica del sistema-aula y las prácticas de enseñanza, ha requerido una concepción metodológica sistémica y compleja. Desde un foco teórico, se evidencia que dichos aportes teóricos y metodológicos se enmarcan en el modelo inicial de Sistema-aula, y la Hipótesis general de la investigación, permitiendo sugerir ampliaciones y transformaciones.

Capítulo 5:

Conclusiones generales y proyecciones

Índice Capítulo 5

5.1. Aportes a los problemas de investigación propuestos

5.1.1. *Problema 1*

5.1.2. *Problema 2*

5.1.3. *Problema 3*

5.1.4. *Problema 4*

5.2. Aportes teóricos y problemas por explorar

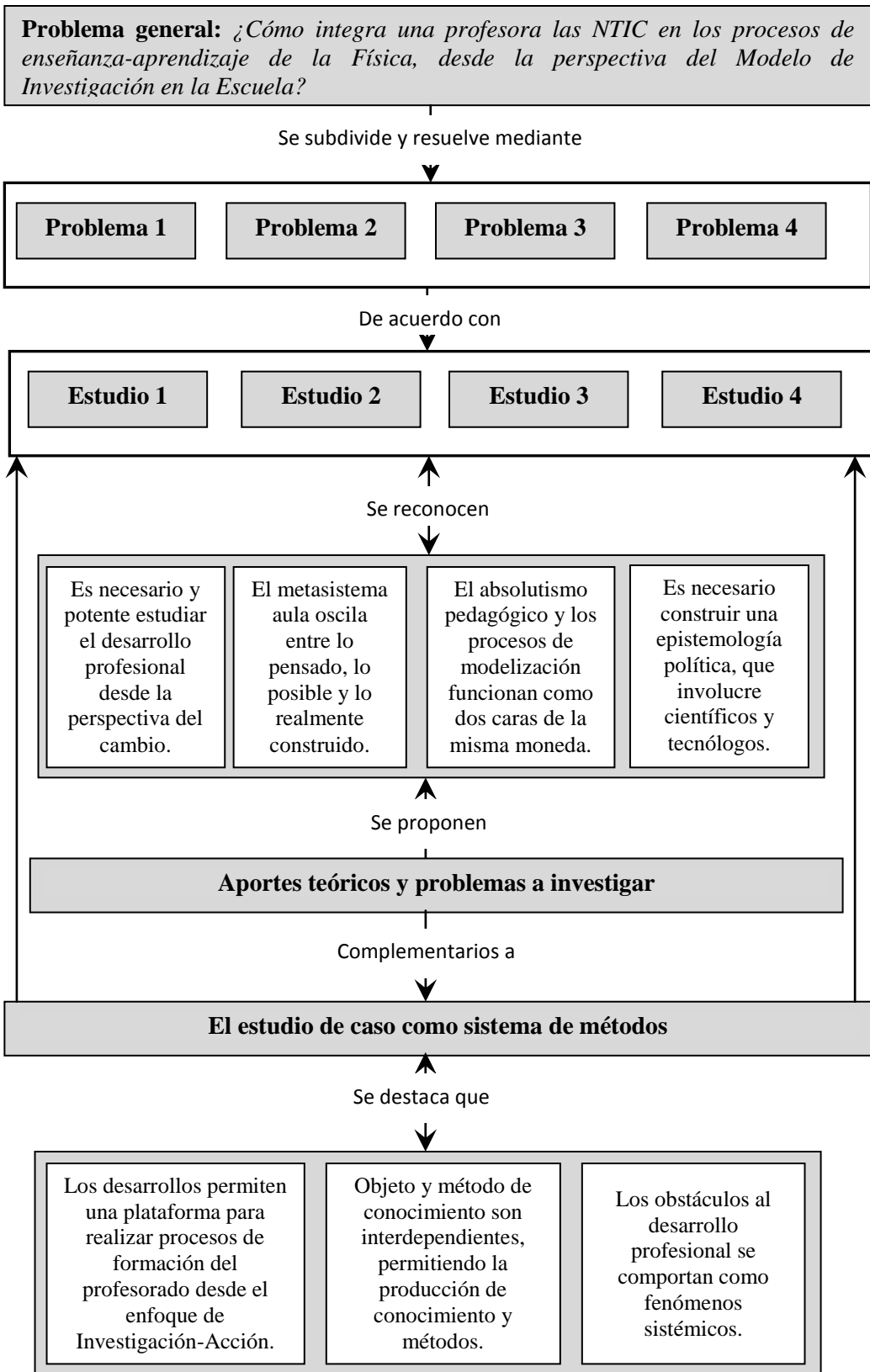
5.2.1. *Los beneficios de estudiar el desarrollo profesional desde la perspectiva del cambio*

5.2.2. *El sistema-aula: Un metasistema que va entre lo pensado, lo posible y lo co-construido por la profesora*

5.2.3. *El absolutismo epistemológico: ¿Una categoría que requiere ser ampliada?*

5.2.4. *La necesidad de una epistemología política*

5.3. Consideraciones sobre el método de investigación como sistema de métodos



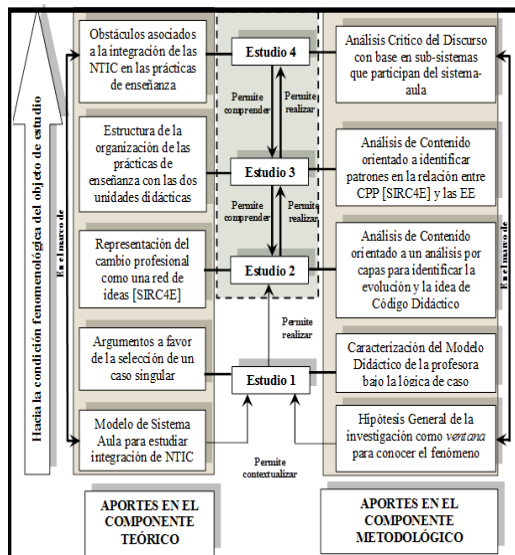
Red de Ideas que sirve de síntesis del Capítulo 5: Conclusiones generales y proyecciones.

(...) La ciencia, lejos de ser aquel monstruoso agente de ciencia ficción, no es sino producto cultural del intelecto humano, producto que responde a necesidades colectivas concretas - incluyendo las consideradas artísticas, sobrenaturales y científicas- y también a objetivos determinados por clases sociales que aparecen dominantes en ciertos periodos históricos.

Orlando Fals-Borda. *La ciencia y el pueblo: nuevas reflexiones* (1992: 68)

En esta tesis se ha propuesto como problema general de investigación:

¿Cómo integra una profesora las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, desde la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela?



Debido a la complejidad que ha supuesto la integración de las NTIC junto a la par de la integración entre pensamiento y acción profesional, en el marco del sistema-aula, se subdividió el problema de investigación en cuatro subproblemas (tabla 4.2). Para dar solución a estos, se llevaron a cabo cuatro estudios (volumen 2); cada uno con resultados y conclusiones que les son específicos.

En este capítulo se busca responder al problema general de investigación a partir de los aportes de cada uno de los estudios y de manera integrada.

Enseguida se plantean algunas construcciones y proyecciones de orden teórico, que es necesario resaltar como parte del proceso de investigación. Por último, debido a la enorme importancia que ha tenido el método de investigación, concebido como un sistema de métodos, se ha dedicado un aparte a realizar un balance sobre sus bondades y dificultades; inquietudes que pueden aportar en la construcción de investigaciones venideras.

5.1. Aportes a los problemas de investigación propuestos

En la solución de cada uno de los problemas se seguirá la misma estrategia; se presenta el problema y sus correspondientes subproblemas agrupados y sombreados en color gris. A continuación, se dan respuestas al problema central y, a medida que se desarrolla el contenido de estas respuestas, se coloca entre paréntesis el símbolo de subproblema al que hace referencia alguna de las ideas propuestas.

5.1.1. *Problema 1*

P1. ¿Cuáles son las características contextuales y personales de la profesora que participa en el estudio?

P1a. ¿Cuál ha sido la trayectoria personal y profesional de la profesora en relación con el uso de las nuevas tecnologías?

P1b. ¿Cuál ha sido la trayectoria académica de la profesora en relación con su participación en procesos de formación del profesorado, realización de sus estudios universitarios, entre otros?

P1c. ¿Cuál es la concepción curricular del estado colombiano frente a la enseñanza de la física y cuál es la posición de la institución donde labora la profesora frente a esta concepción?

Se ha hecho evidente que la profesora posee un alto uso personal y profesional de las NTIC, que puede constatarse de forma ampliada en el Estudio 1 (E1). Su historia personal ha estado marcada por una convivencia familiar con estas tecnologías, que luego se extendió sin ningún problema al plano profesional (P1a). La identificación de su perfil NTIC ha llevado a ratificar que hace un uso pedagógico frecuente de dichas tecnologías (E1).

En el desarrollo de su proceso de formación como profesora, destacó como estudiante. En este periodo, participó en movimientos de renovación pedagógica que cuestionaban las formas tradicionales de entender los procesos de enseñanza en matemáticas y física (P1b). Se graduó realizando una tesina en Física teórica (E1). Siguió, apenas al terminar el pregrado, sus estudios de Especialización en Enseñanza de las Matemáticas. En su vida profesional se ha destacado por ser reconocida como una profesora innovadora, brillante académicamente y

organizacionalmente (P1b). Dichas características le valieron su promoción a Jefe de Área y, luego en el año 2005, a Coordinadora Pedagógica de la institución escolar en la que laboraba.

En el año 2000, se identifica que la profesora declara un modelo didáctico investigativo (E1); en el año 2004 se ratifica dicha valoración (E2) (P1b). Además, se ha llegado a la conclusión de que es una innovadora sólida (E2), con un alto nivel de autonomía curricular (E1) y profesional (E3).

Respecto al estado colombiano, se identifica que al igual que otras naciones del mundo, ha venido experimentando reformas educativas orientadas a construir sistemas educativos de mayor calidad. Dichas reformas han incluido el área de ciencias naturales, donde se ha promulgado una visión de las ciencias basada en la investigación, extendida a estudiantes y profesores (P1c).

La estrategia ha consistido en construir documentos nacionales de referencia – con ciertas contradicciones internas (E1)–, patrocinados por el Ministerio de Educación Nacional, para que sirvan de base en la construcción de las propuestas curriculares que deben desarrollarse en las distintas instituciones educativas del país (P1c). Estos documentos se formularon desde un modelo de competencias, atendiendo a lineamientos teóricos y estándares mínimos de calidad que se esperan obtener en el proceso formativo. Estos estándares mínimos son los que sirven de referencia para valorar el logro de los estudiantes de acuerdo con pruebas internas (nacionales) y externas (internacionales).

Se concibe que, en la escuela, el conocimiento de la disciplina evoluciona desde una concepción global del mundo, que se va diferenciando hasta obtener un nivel disciplinar en los grados décimo y once (los últimos grados de la media colombiana) (E1) (P1c). Esta posición teórica no niega la posibilidad de que los conocimientos de la Física sean aplicados para comprender problemas cotidianos.

En la institución escolar donde laboraba la profesora en el momento de la investigación, dichas disposiciones no son adoptadas automáticamente. Tales documentos son estudiados por equipos de trabajo pedagógico en los que la profesora siempre tuvo un papel de liderazgo (E1). Al respecto, ella misma ha sido autora de varias propuestas didácticas que evidencian que realiza un proceso de construcción de conocimiento al que integra dichas disposiciones (E1). La implementación de algunas de estas ha sido analizada (E3).

<p>En síntesis, la profesora posee características personales e institucionales favorables para hacer inclusión de las NTIC en las prácticas de enseñanza-aprendizaje (P1). Estas características le hacen un caso extremo, razón por la que</p>
--

se optó por seleccionarla como caso de estudio, de entre tres casos iniciales para la presente investigación.

5.1.2. *Problema 2*

P2. ¿Cuál es el estado de evolución profesional, en la perspectiva del MIE, que la profesora presenta cuando integra las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física?

P2a. ¿Cuál es el Modelo Didáctico Personal (MDP) declarado por la profesora en diferentes tiempos (años 2000 y 2004)?

P2b. ¿Es posible reconocer una transformación del conocimiento profesional y las estrategias de enseñanza de la profesora en este periodo de tiempo?

P2c. ¿Existen nexos entre los procesos de modelización y el uso de las tecnologías con el estado de evolución profesional identificado?

Con base en dos de los estudios realizados (E1 y E2) fue posible definir que la profesora -de acuerdo con los valores declarados más altos - poseía un Modelo Didáctico Personal (MDP) de corte investigativo, tanto en el año 2000, como en el año 2004 (P2a). La distribución de los valores más altos en este periodo de cuatro años permaneció prácticamente idéntica.

No obstante, teniendo en cuenta el nivel que forman las proposiciones con los valores más altos de dicho perfil docente, se decidió afinar más en torno a si hubo algún tipo de evolución en dicho periodo. Para ello, se seleccionaron diversos niveles de valoración que permitieron obtener los *códigos didácticos* (E1 y E2) para cada año; y con ello fue posible determinar que la profesora, efectivamente, había experimentado cambios en su conocimiento profesional (P2b). Tales cambios se han representado como un sistema de ideas [SIRC4E] (E2) en el que se conjugan cambios de diferente naturaleza (explícitos e implícitos) e intensidad (débiles, medios y fuertes).

En el periodo que corresponde al momento de ejecución de las dos unidades didácticas (mediados de 2004 hasta mediados de 2005, aprox.), se considera que el CPP de la profesora se mantuvo estable (Capítulo 4). En este caso, dicho estado se representa mediante el SIRC4E; el cual se puede leer como un estado de transición desde el modelo tecnológico hacia el investigativo. Bajo esta condición, se ha podido identificar que las estrategias de enseñanza han variado entre la ejecución de una y otra unidad didáctica (P2b). En el caso de la unidad Ondas, el SIRC4E se hizo más visible que en la unidad Termodinámica (E3).

De acuerdo con el estado de evolución profesional obtenido para el año 2004, se identifica que existen *dificultades en realizar procesos de modelización* para integrar las ideas de los estudiantes con los contenidos disciplinares y las problemáticas

socioambientales (E1, E2, E3, E4). El nexo principal entre las tecnologías y dichos problemas consiste en que con el programa informático fue más fácil mantener interacciones con el modelo de onda, si se compara con lo que ocurrió con otros soportes didácticos que fueron incluidos (E4) (P2c).

En síntesis, para el momento en que la profesora integra las NTIC a los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, se puede decir que (P2): *i*) la profesora ha presentado evoluciones de su conocimiento profesional en el periodo 2000-2004, representados mediante el SIRC4E (E2); *ii*) dicho cambio puede identificarse como un proceso de transición desde el modelo tecnológico hacia el investigativo; y *iii*) desde el principio, los problemas en modelización emergen como un elemento que obstaculiza el proceso de evolución profesional.

5.1.3. *Problema 3*

P3. ¿Cuál es el papel que juegan las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física?

P3a. ¿Se afectan las estrategias a desarrollar en el aula de clases con (sin) la presencia de NTIC?

P3b. ¿Qué explica la estabilidad de las estrategias de enseñanza en la medida que es posible afirmar que las interacciones entre estudiantes y profesores son dinámicas y complejas, donde cada quien participa activamente en la defensa de sus versiones sobre el mundo?

P3c. ¿Cómo se ponen en juego tareas de modelización en el desarrollo de las prácticas de enseñanza?

P3d. ¿Cuál es el Modelo Didáctico Personal (MDP) que se expresa en el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje?

En el caso estudiado, y de acuerdo con dos unidades didácticas, es posible identificar que las estrategias de enseñanza con NTIC tienen más eficacia que aquella en donde no se contó con el programa informático (P3a). Pero también es necesario precisar que dicho comportamiento no se ajusta a una relación del tipo causa→efecto. Más bien, las NTIC se integran a un sistema-aula complejo, del que hace parte el subsistema $CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE \leftrightarrow CPP$, las relaciones de afecto, poder y conocimiento, así como unos contenidos escolares específicos, y unas condiciones institucionales igualmente específicas.

De la diversidad de las interacciones -expresadas en patrones de interacción- que mantiene la profesora con los estudiantes (E3), se infiere que el aula, como *metasistema* que aparece de clase en clase, se mantiene estable y conserva su identidad durante el desarrollo de una unidad didáctica. En la investigación, se identifica, además, la *reducción ontológica* (E4) como una de las estrategias que contribuye a que dicha estabilidad se mantenga (P3b); pues su función básica

consiste en mantener el manejo de los contenidos escolares dentro de unos límites en los que sean *dominados* por la profesora. Otras estrategias, que no son tan visibles, se legitiman a diario y poseen historia (Doyle, 1985); son estas las que operan a través de las relaciones de afecto, poder y conocimiento.

Si la reducción ontológica opera en las dos unidades didácticas, este impacto tan solo se hace posible por la historia de estas relaciones en el caso estudiado. En este caso en particular, estas relaciones son cercanas a la legitimidad, respeto y cercanía afectiva entre profesora y estudiantes.

En este marco general, las tareas de modelización puestas en juego (P3c) tienen como referente principal el conocimiento disciplinar. Y la participación de la profesora, como constructora de significados en sus prácticas de enseñanza, posee una *estructura discursiva* (figura E4-11) con la que ella asume que el conocimiento de la disciplina opera adecuadamente, sin importar el nivel de organización de la realidad (ontológicamente macrocosmos = mesocosmos = microcosmos). De allí que las tareas de modelización se hagan significativas cuando la construcción de significados encaja en esta estructura; de lo contrario, la *reducción ontológica* opera como una estrategia para llevar dicha construcción de contenidos a un ámbito conocido por la profesora (P3c) (E4).

En relación con la forma en que se expresa el MDP declarado por la profesora, en el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje (P3d), se encontró que: *i)* si se consideran solamente las declaraciones que obtuvieron los valores más altos, dicho modelo se identificaría con el *modelo didáctico investigativo*, pero la observación de su práctica permitió comprobar que no lo desarrollaba de manera idéntica; *ii)* si se concibe el problema a partir del código didáctico, y se revisan las declaraciones en relación con el modelo didáctico, así como los problemas prácticos profesionales (E2), se identifica que se lleva a la práctica un modelo didáctico de transición entre el tecnológico y el investigativo, pero este proceso se hace en diferentes grados; aunque algunas categorías toman un sentido contrario al expuesto en dicha transición, representada en el SIRC4E (E2).

Considerando esta última opción, la que se acogió en el estudio de la profesora, se ha identificado que, de dieciséis categorías que presenta el SIRC4E en la unidad Ondas, fue posible identificar quince co-ocurriendo [apareciendo en las mismas interacciones entre profesora y estudiantes] con actividades en las que se organizó la unidad Ondas. En contraste, en la unidad Termodinámica, solo se identificaron co-ocurriendo siete categorías (figura E3-9). *Es en este marco donde se ha considerado que la unidad Ondas posee una mayor riqueza, al permitir expresar, en las prácticas de enseñanza, el estado de evolución profesional (representado por el SIRC4E) que la profesora poseía en el año 2004 (P3d).*

En síntesis, es posible reconocer, al menos, dos papeles de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje (P3) que promueve la profesora: *i)* el de un recurso didáctico que se integra como soporte para llevar a buen término la unidad didáctica Ondas; *ii)* un papel *epistémico*, mediante el cual -después de evidenciar las dificultades de los estudiantes para construir el modelo de ondas y las relaciones entre sus componentes¹⁷³ (E3)-, la profesora expresa que el programa informático representa lo que los estudiantes deberían ver (E4).

5.1.4. Problema 4

P4. ¿Qué obstáculos se pueden identificar en el desarrollo profesional de la profesora al relacionar los cambios en su pensamiento didáctico con la estructura de sus prácticas de enseñanza, en el marco del uso de las NTIC?

P4a. ¿Cuál es el tipo de relación que existe entre los cambios declarados y la estructura de las prácticas de enseñanza que desarrolla la profesora?

P4b. ¿Cuál es la naturaleza de los obstáculos al desarrollo profesional y la forma en que se incardinan en esta relación los soportes tecnológicos y, en especial, las NTIC?

P4c. ¿Los obstáculos contribuyen a explicar las formas en que se organiza el sistema-aula para lograr que sea funcional y viable?

La relación entre los cambios declarados en el periodo 2000-2004 (SIRC4E) y la estructura de las prácticas de enseñanza consiste básicamente en el número de categorías, del primero, que es posible realizar en las segundas. Pero, además, dicha relación no es automática, y en algunas categorías puede cambiar en intensidad, o tomar un sentido contrario al propuesto en la otra unidad (P4a). En cualquier caso, es posible afirmar que la profesora siempre evidenció de forma *potencial*, en los patrones de interacción que tenía con los estudiantes (E3), los componentes básicos para desarrollar excelentes prácticas de enseñanza en la unidad Termodinámica. Lo interesante es que en esta unidad dicha evolución no fue posible, como sí ocurrió en la unidad Ondas. *Por lo tanto, aunque en la primera unidad didáctica la profesora puso todo su empeño en lograr unas prácticas de enseñanza más complejas, esto no ocurrió finalmente.*

Lo anterior revela que los obstáculos que experimenta la profesora en la unidad Termodinámica no se pueden solucionar solamente porque cuente con una actitud positiva para así hacerlo (P4b). De hecho, los obstáculos son diversos y un mismo obstáculo puede tener diversos orígenes. *En otras palabras, los obstáculos son sistémicos y se actualizan precisamente en el ejercicio de las prácticas de enseñanza.* Para el caso de la profesora, algunos de tales obstáculos se han “sospechado” desde la

¹⁷³ Dichas dificultades no eran generales, pues algunos estudiantes habían logrado lo que la profesora esperaba.

identificación del SIRC4E, pero fue a partir de sus prácticas de enseñanza cuando se pudo identificar su configuración en la acción. Un caso ejemplar es el obstáculo ontológico, evidenciado desde el Estudio 1, pero que posteriormente permitió identificar la *reducción ontológica* y la *estructura del discurso* como elementos inherentes a la evolución de la construcción de significados en el sistema-aula, donde aquel obstáculo se encuentra integrado (figura E4-11).

En el caso particular de la profesora, las NTIC le ayudaron a concluir satisfactoriamente la unidad en la que ya se habían presentado problemas con la construcción de conocimiento, teniendo como recurso base los montajes experimentales (soportes tecnológicos) (P4b). De esta forma, en el marco del esquema de significados y experiencias de la profesora, el programa informático hace funcional el cierre de la unidad didáctica, al permitir el acceso a una representación sobre lo que los estudiantes, “deberían ver”, según sus propias palabras, en la realidad.

Por consiguiente, los obstáculos permiten comprender la forma en que la profesora organiza el sistema-aula, con el fin de que este sistema sea funcional y viable (P4c). Vale la pena mencionar que esta comprensión ha tenido diversos niveles; desde una primera comprensión a partir del SIRC4E, con base en el conocimiento declarado, hasta una visión rica basada en el análisis del contenido y el discurso generado en las clases. En este último enfoque, los obstáculos que se identificaron se muestran, en gran medida, coherentes con lo que sucede, o pretende la profesora que suceda, en las prácticas de enseñanza (P4c). Un ejemplo concreto, antes de la inclusión del programa informático en las clases, consiste en que la profesora responsabilizaba a los estudiantes de no lograr un buen informe de laboratorio; según ella, porque no sabían seguir indicaciones o porque habían procesado mal el mapa de proposiciones sobre los contenidos tratados [U.ONDAS/C07/000011/P].

En síntesis, los obstáculos que se han identificado en el desarrollo profesional de la profesora, en relación con las prácticas de enseñanza, son: *i)* la concepción de un conocimiento científico que sirve para interpretar el mundo, sin importar el nivel de organización de la realidad en estudio; caso en el que la concepción de ciencia se asocia a un obstáculo ontológico; *ii)* confianza en que el nivel de elaboración de los conocimientos disciplinares es suficiente para que los estudiantes los aprehendan; su aprendizaje se hace mediante las experiencias de laboratorio, ante las que los estudiantes pueden proponer diversas interpretaciones, pero a las que finalmente llegarán, a pesar de sus concepciones de partida que serán sustituidas; *iii)* una estructura del discurso que usa la reducción ontológica como una estrategia central, que evita extralimitaciones ontológicas, reduciendo los sectores de la realidad al ámbito conceptual de

interés y dominio para la profesora; algo que ocurrió con mayor facilidad en la unidad Ondas.

En consecuencia, la integración de las NTIC en la unidad Ondas no contribuye a superar dichos obstáculos, sino que “funciona bien” para mantener la clase y finalizar la unidad didáctica (P4). *De esta forma, aunque la integración de las NTIC a las prácticas de enseñanza sirve como soporte en la construcción de conocimiento, y permite hacer un cierre consistente y funcional de los propósitos de la unidad didáctica, su integración termina por mimetizar los obstáculos de base que poseía la profesora.*

5.2. Aportes teóricos y problemas por explorar

Se destacan ahora algunas síntesis teóricas que se apoyan en el conocimiento obtenido con el estudio de caso y el contraste con investigaciones diversas. Son aportes que se hacen en relación con el conocimiento obtenido con un caso singular; por lo tanto, no se deben tomar como un proceso de extrapolación sino como una sugerencia teórica de posibles problemas y enfoques teóricos a desarrollar. De esta forma, se contribuye a enriquecer la *genealogía de problemas* que sirven de base para el desarrollo de las comunidades académicas (Toulmin, 1977); en este caso, la comunidad en Didáctica de las Ciencias.

5.2.1. *Los beneficios de estudiar el desarrollo profesional desde la perspectiva del cambio*

En el año 2000 (Ramírez, 2000), los cuestionarios 1 y 2, sobre los modelos didácticos (Anexo E1-1) y sobre los problemas prácticos profesionales (Anexo E1-2), respectivamente, se desarrollaron con la intención de lograr una representación de su riqueza y singularidad. Se buscaba evitar la construcción de tendencias que se hacen desde una perspectiva generalizadora, donde se pone el acento más en describir las tendencias que los casos particulares; incluso, eliminando los casos *extremos* (Rodríguez, Rodrigo y Marrero, 1993). Desde ese momento ya se habían desarrollado las ideas básicas para construir el Código Didáctico correspondiente (Anexo E1-3), tomando las proposiciones de nivel I y II como mayor valor y segundo mayor, respectivamente.

En 2004, cuando ya se formuló como problema estudiar la integración de las NTIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, se hizo necesario obtener nuevamente la información sobre el MDP en el que se situaba la profesora. Se hizo una nueva aplicación de los cuestionarios y se obtuvo el código didáctico para este año (Anexo E2-2).

Hasta este momento se contaba con dos códigos didácticos *puntuales* sobre los modelos didácticos y los problemas prácticos profesionales de la profesora. La cuestión evidente era: ¿es mejor trabajar con cada estado *puntual* para

comprender dicha integración, o se requiere trabajar con los *cambios* que se han producido? Ya en 2005, un primer informe parcial contiene y desarrolla la idea de trabajar sobre los cambios experimentados. Este inicio coincidió con la publicación de dos estudios (Ruiz y otros, 2005; Da Silva y otros, 2006) desde el mismo marco conceptual. *En este momento, fue posible identificar con mayor claridad las bondades de nuestro enfoque con respecto al de dichos estudios.* Esta primera etapa del uso de la idea de cambio profesional, basado en identificar los componentes del modelo didáctico y los problemas prácticos profesionales, para luego pasar a construir el SIRC4E a partir de los códigos didácticos, se considera una etapa sólida.

La segunda etapa en el desarrollo de esta idea es la que ha motivado la escritura de este apartado. El estudio de la coherencia entre los subsistemas CPP (equivalente ahora al SIRC4E), PE y EE marca esta evolución, con resultados más que sorprendentes, al menos en el caso de la profesora que nos ocupa. Este enfoque, que toma como retículo las categorías del SIRC4E especialmente (E3¹⁷⁴), ha llevado a concluir que la profesora posee un sistema CPP \leftrightarrow PE de alta coherencia, con unas relaciones coherentes con las EE, visibles en mayor grado en el caso de la unidad Ondas que en la unidad Termodinámica.

En nuestra investigación, un primer beneficio de este resultado ha sido propiciar las condiciones necesarias para el desarrollo de los estudios 3 y 4. Y con estos, la posibilidad de conocer la complejidad del conocimiento profesional de la profesora y de sus prácticas de enseñanza. Dicha complejidad va más allá de lo que normalmente se reconoce; en este caso, se trata de la posibilidad de reconocer subsistemas diversos que se integran al sistema-aula como objetos de estudio (CPP, PE, EE, estructura del discurso, teorías prácticas, patrones de interacción, obstáculos), y sobre los cuales se ha obtenido un primer conocimiento sobre su dinámica.

Con base en lo anterior, es factible afirmar que la hipótesis general de la investigación ha servido como *ventana* para conocer el fenómeno, y que el *sistema de ideas que representa el cambio declarado en el conocimiento práctico profesional* [SIRC4E] ha funcionado, en nuestro caso¹⁷⁵, como núcleo básico para comprender el resto del sistema-aula.

Precisamente por este importante papel, quedaría pendiente para futuras investigaciones las siguientes cuestiones: ¿Qué sucede en aquellos casos en los

¹⁷⁴ Puede verse que hasta el momento se han tenido en cuenta las categorías emergentes, pero estas no se han considerado en todo el ciclo completo; unas de ellas aparecen en el estudio de la CPP, otras en el estudio de las EE.

¹⁷⁵ De hecho, esa es la secuencia que hemos elegido. En la actualidad se considera que dicha secuencia puede iniciarse en la PE o en las EE; eso sí teniendo cuidado en considerar que dicho sentido no es conmutable, y que no se debe reducir uno de estos subsistemas al otro.

que no existe una alta coherencia del sistema $CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE \leftrightarrow CPP$? ¿Serán imposibles de conocer o, por el contrario, su mayor incoherencia se configura como sistemas con un mayor número de contradicciones y tensiones? Y en casos con alta coherencia, ¿los obstáculos serán similares? ¿Serán diferentes las estructuras del discurso? ¿La forma en que organizan las actividades de enseñanza será parecida?

5.2.2. *El sistema-aula: Un metasistema que va entre lo pensado, lo posible y lo co-construido por la profesora*

A partir de los resultados obtenidos, específicamente el MDP de la profesora en los años 2000 y 2004, y las condiciones sociales e institucionales en las que realiza las prácticas de enseñanza, es posible definir dos grandes tipos de límites para lo que puede ocurrir en el sistema-aula. En efecto, el MDP representa lo que se *piensa* que podrían ser la enseñanza y el aprendizaje, y que se corresponde con el modelo de referencia que orienta la acción. Como hemos visto, este puede “declararse” y, en este caso, se comprende además porque la profesora es una *innovadora sólida* (E2).

En contraste, las condiciones institucionales y sociales representan el límite de lo que es *posible* realizar en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Uno de los problemas típicos que evidencian este asunto se refiere a los de conflictos de disciplina que ocurren al interior de las aulas de clase. Al respecto, Esteve (1998) indica que la disciplina del aula está entre una de las mayores preocupaciones del profesorado.

Entre estos dos extremos clásicos es posible ubicar el límite de lo *construido* a partir de la intervención de la profesora. Esta construcción es lo que realmente termina ocurriendo en el sistema-aula. Por tanto, aunque no existe una relación lineal entre pensamiento y acción profesional, sí parece que la relación existe entre algunos aspectos.

Esta posible interpretación se apoya en el hecho que varias de las categorías del SIRC4E parecen funcionar como *premisas para la enseñanza*. Este comportamiento se identificó cuando se comparó la evidencia de las mismas en la unidad Termodinámica con respecto a la unidad Ondas, tomando la primera como una expresión mínima, y la segunda como una expresión máxima.

Al estudiar la PE y las EE en las dos unidades didácticas, fue posible encontrar que ocho categorías tuvieron un comportamiento calificado de interacción fuerte (en fondo blanco, al interior del triángulo que forman CPP, PE y EE, en la figura 5.1). Lo interesante de este fenómeno es que cuatro de esas categorías son de naturaleza *implícita* (Porlán y Rivero, 1998:62). De manera similar, existen

categorías que tan solo se registran en la relación entre CPP y EE, pero no aparecen en la PE.

Este comportamiento, permite considerar que lo *construido* se explica por unos cambios (explícitos e implícitos) que sirven de base, aún en el ejercicio de las unidades didácticas de expresión mínima (donde lo *posible* es más difícil de cambiar). Esta necesidad de considerar conocimientos de naturaleza múltiple es coincidente con la posición de otros autores (Porlán y Rivero, 1998; Korthagen, 2010; Martínez y Rivero, 2012). Igualmente, el hecho de que existan categorías que son de carácter implícito¹⁷⁶, pero que han mostrado su alto grado de funcionalidad, es consistente con la tesis de que este conocimiento permite una aproximación a la acción que se encuentra cognitivamente simplificada en la modalidad de una rutina o hábito (Ballenilla, 2003).

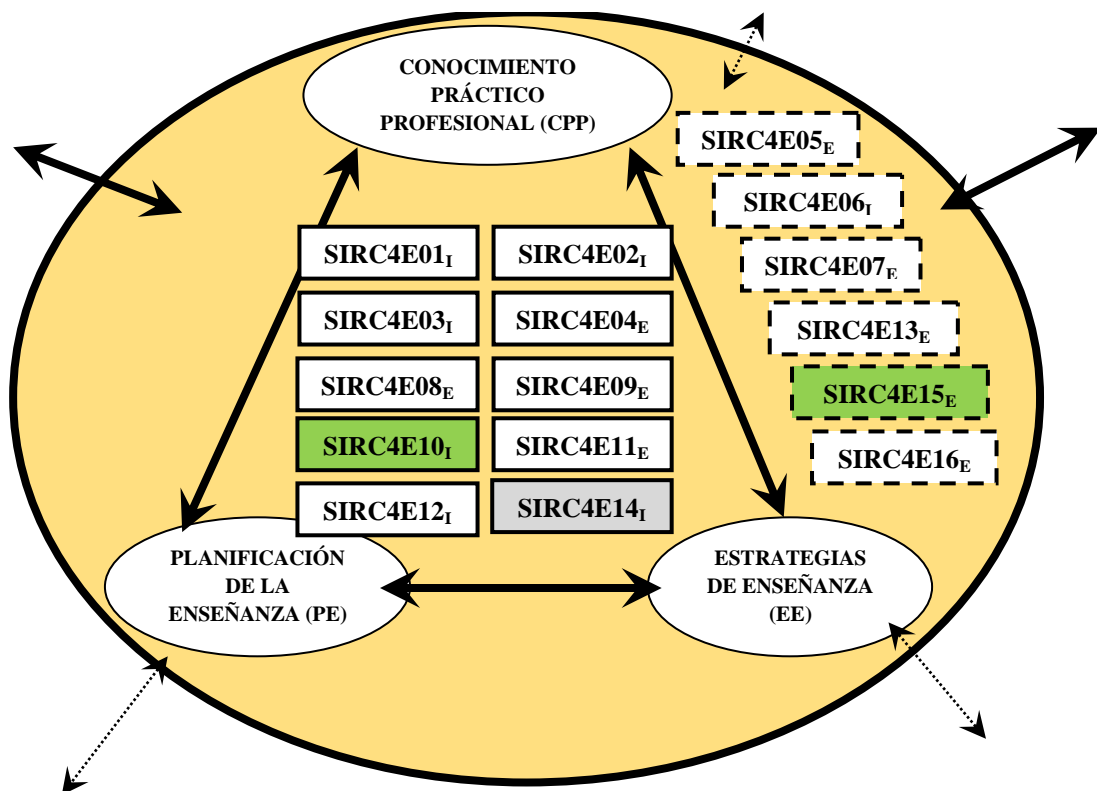


Figura 5.1. Categorías del SIRC4E en el sistema CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE \leftrightarrow CPP a partir de su comportamiento en las unidades didácticas de Termodinámica y Ondas. Elaborada a partir de la figura E3-18.

Esta interpretación se refuerza al estudiar el contenido de las interacciones (E3) y el discurso (E4) que se da en las dos unidades didácticas. Mientras en la unidad

¹⁷⁶ Lo interesante del proceso radica en que tales categorías implícitas se reprodujeron mediante el proceso de elaboración del SIRC4E; lo que muestra un potencial adicional de este enfoque para estudiar la evolución profesional.

Termodinámica los intentos por lograr una comprensión de mayor complejidad fallan (e.g. con la inclusión del *Pulsómetro de Franklin*), en la unidad Ondas esfuerzos similares tienen un mayor éxito. Por tanto, considerando lo *posible*, a saber, las relaciones de poder, afecto y conocimiento, así como las condiciones institucionales, similares en las dos unidades didácticas, se concluye que los contenidos disciplinares y los modelos involucrados son los que determinan la diferencia de logros entre una y otra unidad.

Así, lo *construido* está fuertemente relacionado con las intervenciones que tiene la profesora en el sistema-aula, pero van hasta donde su MDP declarado y las condiciones institucionales y sociales lo permiten, en el marco de su propio SIRC4E. Una construcción que, de forma constante, la profesora promueve (y regula) mediante las evaluaciones que hace del trabajo del grupo de estudiantes y que, a veces, presionaba con las notas.

Este proceso de construcción de diferentes versiones del sistema-aula, implica considerar que la profesora participa, y promueve en parte, la transformación de los *contextos* que se dan en las sesiones de clase. Los siguientes ejemplos muestran de forma concreta que el contexto comunicativo del que participan profesores y estudiantes se transforma.

Un primer ejemplo está relacionado con la teleología del sistema-aula. En toda la unidad Ondas, el propósito explícito ha sido construir el modelo de onda, estudiar sus relaciones y expresarlas matemáticamente. Ante la preocupación de que esto no se lograra con todos los estudiantes, se recurre a las NTIC como recurso basado en la simulación que ayuda a cambiar el contexto comunicativo y, por tanto, a lograr dicho propósito. De esta forma, puede decirse que las interacciones y la construcción de significados funcionan mediadas por el programa informático.

Un segundo ejemplo consiste en los tres saltos conceptuales que se identificaron en la unidad Ondas (figura E3-20). En este proceso puede verse cómo las interacciones pasan desde contextos comunicativos, en los que prima la organización de conceptos sobre los fenómenos a tratar, hacia otros en los que se construyen afirmaciones sobre el comportamiento de los montajes experimentales, incluidos en las actividades de enseñanza.

Un tercer ejemplo tiene relación con la concepción de ciencia ($E3_{PE}$). Independientemente de si se considera adecuada o no, mientras en la unidad Termodinámica apenas apareció como parte del proceso de construcción de significados, en la unidad Ondas fue posible detectarla como parte de las interacciones que se mantenían en el sistema-aula (figura E3-16). De hecho, y a pesar de que se encuentran relacionadas, la concepción de aprendizaje aparece

para la profesora como una *premisa para la enseñanza*, con mayor relevancia para la profesora que la concepción de ciencia cuando de implementarlas en las prácticas de enseñanza se trata.

Esta transformación de los contextos, que se consolidan en las interacciones que se establecen entre profesora y estudiantes, muestra que lo *construido* siempre se encuentra en relación con la participación que ella tiene en el sistema-aula. Aunque la profesora es co-constructora del proceso, y se comporta como sujeto activo, con sus propios referentes, el sistema-aula le contiene a través de las *posibilidades* que le ofrece. En consecuencia, el aula como metasistema se reorganiza permanentemente; siendo protagónico el papel de la profesora en su evolución.

En este punto, y como cuestiones para futuras investigaciones en esta línea, cabe preguntarse: ¿Cómo evolucionaría un sistema-aula donde los estudiantes participan tomando decisiones sobre la forma en que se organiza el mismo, como ocurre en una estrategia basada en la investigación escolar (Cañal, 1999)? ¿Qué sucede en el caso contrario, es decir, en un sistema donde el (la) profesor(a) no se compromete en regular el proceso? ¿Qué sucede en aquellos casos donde las condiciones que definen lo *posible*, coaccionan las actuaciones del (de la) profesor(a), como ocurre cuando se imponen contenidos, se impide que se desarrollen contextos en los que se logren la discusión y el debate, etc.?

5.2.3. *El absolutismo epistemológico: ¿Una categoría que requiere ser ampliada?*

Una valoración inicial sobre la concepción de ciencia que expresaba la profesora, basada en el estudio de la PE (Ramírez y Morales, 2008), llevó a concluir que esta era de corte *empirista radical* (Porlán, Rivero y Martín Del Pozo, 1997). En la actualidad, la versión enriquecida que se tiene de este caso ha llevado a una interpretación diferente.

Para el año 2000 la profesora era más cercana a esta posición empirista, declarándose bastante de acuerdo con la idea de que el aprendizaje se daba en contacto espontáneo con la realidad. Para el año 2004 este acuerdo disminuyó. Empieza a asumir una posición más moderada, dando cabida a una perspectiva racionalista de la ciencia, al considerar también la importancia de ejercicios de reflexión y organización intelectual respecto a la información recibida. Esto se tradujo en proponer como tarea rutinaria que los estudiantes organizaran dicha información en mapas de proposiciones (y conceptuales), tal y como ocurrió en las dos unidades didácticas (E3, E4). Este planteamiento es consistente con su teoría práctica (figura E4-12) sobre los contenidos escolares.

Un ejemplo concreto de esta posición se encuentra en la *enseñanza en estado de transición* que se identificó en el Estudio 3. En este contexto específico, la profesora dota a los estudiantes de información (modelos, teorías y leyes), mediante textos escolares y experiencias iniciales, en las que les solicita que elaboren un mapa de proposiciones que, de acuerdo con ella, contribuye a que los estudiantes *organicen la mente* (figura E4-12). Es a partir de este *mapa de proposiciones* que la profesora espera que los estudiantes propongan *falsaciones* que, luego, les permitan ponerlas a prueba mediante experimentos de laboratorio (figura 5.2).

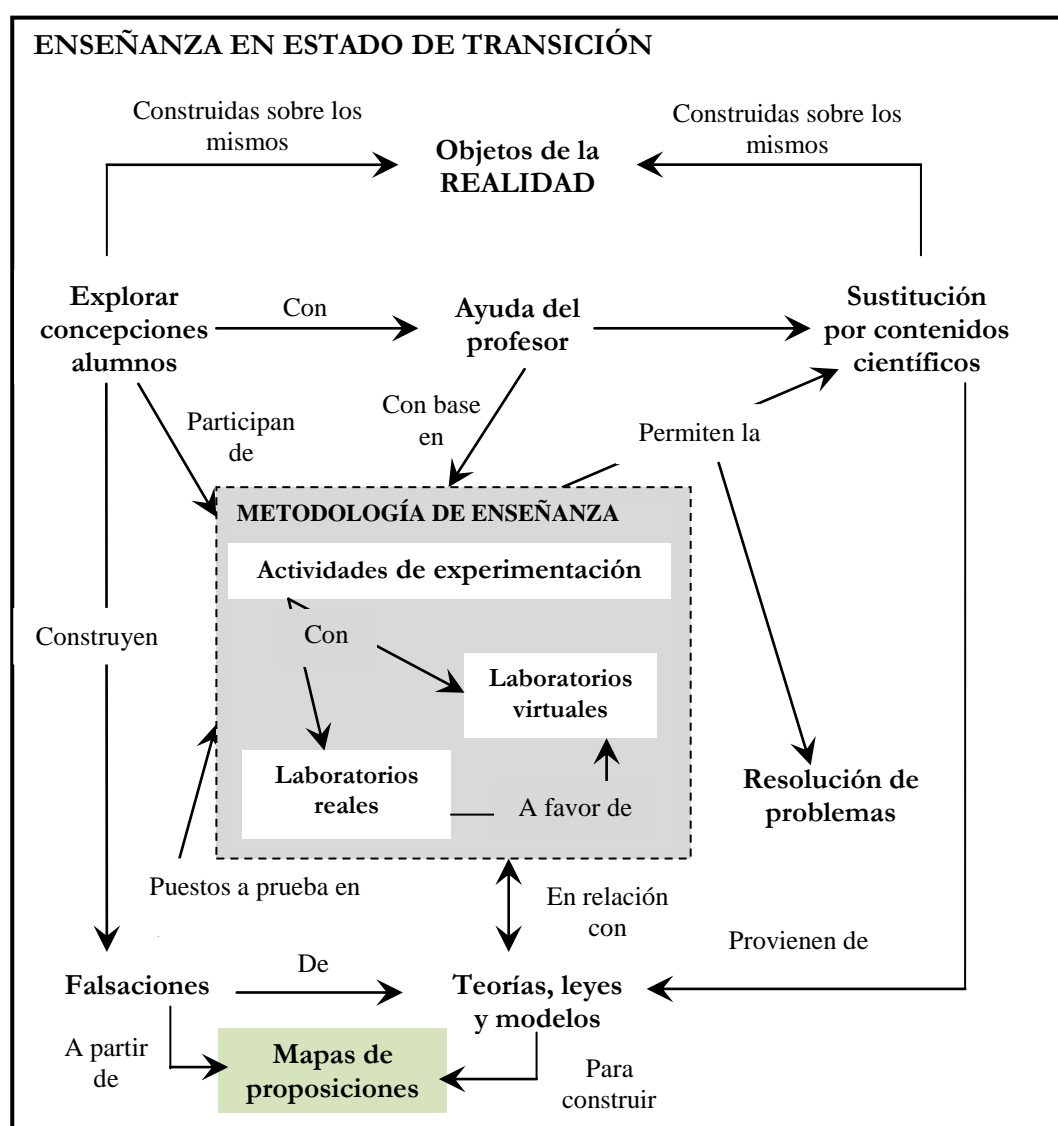


Figura 5.2. Representación de la *enseñanza en estado de transición*, integrando el papel de los mapas de proposiciones de acuerdo con la teoría práctica de la profesora. Elaborada a partir de la figura E3-11.

La sorpresa de la profesora, en la unidad Ondas, radica en que a pesar de que los estudiantes cuentan con el mapa de proposiciones y las experiencias de

laboratorio para tal fin, no llegan a los resultados que ella esperaba; en este caso, los que corresponden a la versión disciplinar del modelo de onda. En la clase 07 de esta unidad, considera que el problema de los estudiantes se encuentra en seguir indicaciones o en sistematizar los datos, como dos posibles causas que explican este “fracaso”.

En la clase 11, después de constatar que los estudiantes siguieron indicaciones y sistematizaron de buena manera los datos, la profesora acepta que, de alguna manera, los estudiantes llegaron a una interpretación, pero que esta no era la adecuada. Textualmente:

[U.ONDAS/C11/000204/P] [...] Primero, ¿cuáles fueron sus conclusiones? Recuerden que hay una parte fundamental y es cómo a partir del software ustedes van a comprobar las relaciones que existen... entre velocidad, frecuencia, longitud de onda, periodo, longitud de onda, frecuencia, ¿cómo el software les va ayudar a comprender esa parte? *Hay grupos que hicieron conceptos, que a partir de la experimentación lograron conceptos, eh, lograron conceptos que no eran, pero resulta que es que el experimento como interpretaron el experimento fue de esa manera, por eso yo no les rebaje imaginación ni nada si no eso, fue, hace parte de la forma como tomaron los datos, como interpretaron las ondas, en las cubetas de ondas, es fundamental esa parte de (...)...*” (El símbolo [...] significa texto suprimido por el autor. Las itálicas son nuestras).

De esta forma, la profesora le concede un papel significativo al programa informático. Le servirá para valorar si la interpretación que se hizo sobre lo que ocurrió en los experimentos era correcta. Bajo esta lógica, es entendible que la profesora, ya en el Estudio 3, se declarara a favor de los laboratorios virtuales, en la medida que ahorran las dificultades de trabajar con los laboratorios reales (Solbes y Tarín, 2007).

Esta dinámica ha llevado a considerar que, para el año 2004, la concepción de ciencia que ostenta es de corte *Racionalista*¹⁷⁷. Esta interpretación es consistente con el hecho de que los patrones de interacción con los estudiantes -secuencia que se hizo visible en la unidad Ondas- se inician con procesos de cuestionamiento sobre la comprensión de los conceptos, para luego pedir ejemplos de los mismos y, finalmente, solicitarles que interaccionen con los soportes experimentales de los laboratorios.

Hasta este punto la información obtenida permite afirmar que la profesora ostenta un *absolutismo epistemológico* (Porlán, Rivero y Martín Del Pozo, 1997), mediante el cual el conocimiento científico se considera superior al conocimiento

¹⁷⁷ Este comportamiento no impide que, visto desde la perspectiva de los estudiantes, se ayude a formar una visión empirista de la ciencia. Esto es porque la construcción de teoría se basa en unos pocos ejemplos que deben ayudar a construir un modelo de onda.

de los estudiantes, como se ha reportado en otros estudios (tabla 1.4). De hecho, esta fue la interpretación inicial.

El problema surgió cuando se identificó que, a la par de esta concepción, existe un obstáculo ontológico, que consiste en que la profesora considera que el conocimiento científico es aplicable a cualquier nivel de organización de la realidad; proceso en el cual el macrocosmos y el microcosmos se consideran ontológicamente semejantes al mesocosmos (figura E4-11). Desde esta perspectiva, su discurso opera reduciendo ontológicamente sectores de la realidad, para adaptarlos a los modelos y conceptos formales que existen en la teoría. *De esta manera, no solamente existen problemas en relación con la concepción sobre la construcción del conocimiento científico, sino también en relación con los niveles de organización del mundo real, sobre el cual se realiza la producción de dicho conocimiento* (figura 5.3).

De acuerdo con la propuesta de modelación de Justi y Gilbert (2002: 371), podemos afirmar que los dos componentes anteriores intervienen en la construcción de modelos. En relación con la concepción de ciencia, porque esta incluye la construcción de modelos¹⁷⁸ (Capítulo 3); y el obstáculo ontológico, porque los modelos se construyen para comprender (y o explicar) sistemas del mundo real.

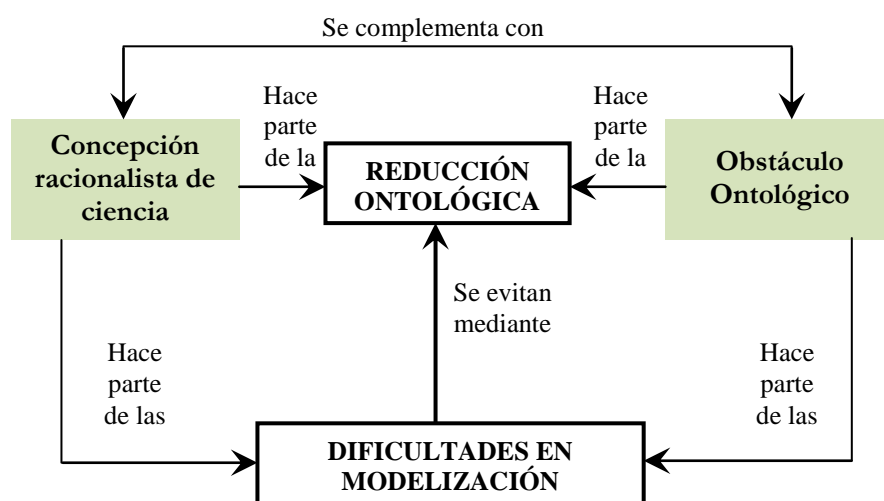


Figura 5.3. Relaciones entre la concepción de ciencia y el obstáculo ontológico con las dificultades en modelización.

Por lo tanto, las dificultades en modelización que se han identificado desde el principio, estarían relacionadas con el absolutismo epistemológico y el obstáculo

¹⁷⁸ Posición que va desde las posturas que consideran que la actividad científica es una actividad constructora de modelos (Gieryn, 1992) hasta las teorías científicas como una familia de modelos (Adúriz-Bravo, 2001; Justi, 2006).

ontológico (figura 5.3). Es así que se propone que estos participen explicando las dificultades en modelización; las cuales se evitan mediante la *reducción ontológica*, como estrategia discursiva que opera de diferentes maneras en el proceso de construcción de significados con los estudiantes (E4).

Un segundo aspecto a resaltar es que las prácticas de la profesora son un ejemplo de *diálogo* constante con los estudiantes. Desde esta perspectiva, no existe infravaloración de las ideas de los estudiantes, sino que el proceso de construcción de significados es más parecido a un intercambio legítimo de significados entre la profesora y los estudiantes. En consecuencia, y al menos en este caso, es posible concluir que: *i)* las interacciones con los estudiantes llevan a construir una imagen de la ciencia asociada a los contenidos disciplinares, y *ii)* el diálogo con los estudiantes, aunque puede ayudar a construir prácticas de enseñanza eficaces (Fischer y otros, 2012), no es suficiente para ayudar a construir versiones complejas sobre el mundo, y mucho menos sistemas de prácticas complejos (Capítulo 2), en la línea del MIE.

En síntesis, y para el caso investigado, es posible que con el concepto de absolutismo epistemológico nos estemos refiriendo a una de las caras de una moneda que, en su otra cara, tiene a los procesos de modelización sobre el mundo real. Desde esta perspectiva, superar los problemas de la profesora en la concepción de ciencia y su obstáculo ontológico, pasaría por trabajar en superar las dificultades que presenta en los procesos de modelización.

5.2.4. *La necesidad de una epistemología política*

La evidencia de que la profesora presenta un alto grado de autonomía en el desempeño como profesora en la institución (E1), que es una innovadora sólida (E2) con autonomía curricular (E3), choca con la paradoja de que las NTIC se integran para obtener un aprendizaje eficaz del modelo de onda. Con lo cual, convierte la representación informática -realidad tecnológica- en el referente epistémico para valorar la veracidad de un conocimiento sobre la realidad natural. *De esta forma, sin quererlo, la profesora termina apoyando la ecuación tecnificadora que ha sido descrita, expuesta y criticada en el Capítulo 2.*

A este hecho se suma que desde ninguna de las unidades didácticas es posible abordar efectivamente el medio, para comprenderlo y actuar sobre él. En ambos casos, tal comportamiento se explica -al menos en parte- por las dificultades que la profesora posee para realizar procesos de modelización sobre la realidad. *Y, en ambos casos la consecuencia es la misma; con los estudiantes no se construyen sistemas de prácticas complejos que contribuyan a actuar para transformar, entre otros, los problemas socioambientales que experimenta la humanidad.*

Teniendo en cuenta el alto grado de coherencia entre CPP, PE y EE, y el alto grado de autonomía que la profesora presenta, surge una cuestión interesante que no ha sido abordada: ¿cómo se explican las dificultades en modelización que posee y de dónde pueden provenir?

Es evidente que por sus propias características personales y profesionales, se descarta el origen personal de tales dificultades. Por el contrario, es posible que provengan de las instituciones formadoras y/o de las comunidades académicas en Física. Al respecto, de la institución formadora estamos seguros, y de las comunidades académicas regionales estamos parcialmente seguros. *En otras palabras, a modo de hipótesis, si la profesora como estudiante no desarrolló procesos de modelización de la realidad, lo es porque nuestras comunidades formadoras de maestros y académicas no lo promueven como práctica general y de manera adecuada.*

Este resultado es relevante porque, de acuerdo con los principios del MIE, somos los profesores los invitados a construir un conocimiento escolar complejizado, que tiene como referentes el conocimiento científico, el cotidiano y otras formas de conocimiento (García-Díaz, 1998:24). Desde una perspectiva general donde cabe este propósito, Porlán y otros (2010) invitan a construir a corto plazo modelos alternativos en los que a través de experiencias minoritarias, desarrollos teóricos y una política educativa, se dé inicio al proceso de construcción de una cultura escolar innovadora y en evolución. Véase, al respecto, la figura 5.4.

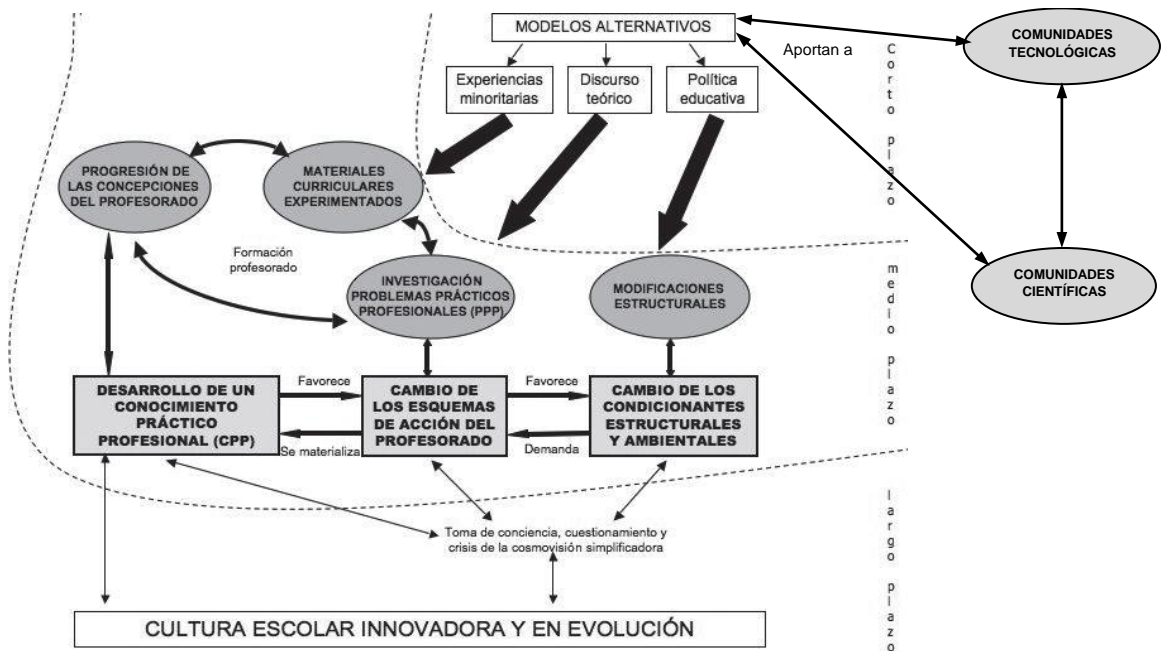


Figura 5.4. El cambio del profesorado y alianzas con otros grupos de interés: estrategia global deseable. Elaborado modificando la propuesta base de Porlán y otros (2010).

Desde nuestra perspectiva, construir conocimiento complejo (lo que incluye procesos de modelización) sobre los problemas socioambientales que afectan críticamente a la humanidad, ponen al profesorado en la necesidad de reconocer que: *i*) si los problemas son planetarios, entonces también competen a los demás ciudadanos, incluidos los científicos y los tecnólogos; *ii*) las comunidades de científicos y tecnólogos han sido criticadas por simplificar la realidad (Morin, 2002) o porque, de alguna manera, las presiones actuales sobre el conocimiento conllevan a que lo produzcan bajo ciertos intereses comerciales y no para favorecer a todos los integrantes de la sociedad (Fernández y otros, 2010).

Bajo esta visión, es necesario promover modelizaciones complejas sobre el mundo, en especial sobre los problemas socioambientales; si bien, este proceso, no lo pueden hacer por sí solos los profesores, en la medida que existe ausencia de conocimiento sobre dichos problemas por alguna de las dos razones mencionadas. Por lo tanto, sería ingenuo pensar que tan solo el profesorado puede construir conocimiento sobre esa realidad, especialmente el que queda pendiente por desarrollar.

En consecuencia, se propone que desde el profesorado se establezcan alianzas con integrantes de las comunidades científica y tecnológica, que estén dispuestos a actuar críticamente, desde sus propios papeles, en la construcción de conocimiento y sistemas de prácticas que contribuyan en la superación de dichas problemáticas (figura 5.4).

En el fondo, si de lo que se trata es de construir un conocimiento escolar específico en la escuela, que tenga como pretensión transformar los sistemas de prácticas de los estudiantes (y de la sociedad), es necesario reconocer que este tipo de contexto escolar, como cualquier otro contexto, se construye comunicativamente, en las interacciones entre los actores. Por lo tanto es un acto de tipo político (Apple, 1986, 1996).

Si a lo anterior se suma que necesitamos considerar nuestras dificultades para entender los objetos del mundo, y los problemas socioambientales complejos que se enfrentan, además de los obstáculos que se imponen desde ciertos intereses para que esta dificultad se mantenga, entonces se hace necesario considerar la emergencia de una *epistemología política*. Esto es, una epistemología que indague y pretenda la defensa del derecho humano que tenemos a construir conocimiento sobre el mundo, siendo el conocimiento científico un caso específico de este.

5.3. Consideraciones sobre el método de investigación como sistema de métodos

El proceso de investigación, desde su estado primigenio orientado a la identificación y representación del SIRC4E, ha evolucionado de forma espiral haciéndose cada vez más complejo. Esta dinámica ha sido así, en el marco de dos principios básicos, declarados y aceptados desde el primer capítulo: *i*) la necesaria integración entre teoría y práctica, y *ii*) la necesidad de comprender los procesos de integración de las NTIC en el marco del sistema-aula.

Desde el principio, la realización de cada estudio ha requerido, por un lado, la producción de conceptos teóricos y modelos; por otro, el desarrollo de métodos específicos de investigación para llevar a cabo los propósitos de cada uno de ellos. Era posible evitar la construcción de teoría, pero dicha decisión hubiera requerido reducir la PE y las EE al CPP. Desde nuestra perspectiva, un ejemplo de dicha decisión se encuentra en la tesis de Wamba (2001). A pesar de los excelentes aportes que hace, dicha construcción conlleva reducir la vida misma del sistema-aula; lo cual tiene, en nuestra opinión, consecuencias en el diseño mismo de la investigación, eliminando la posibilidad de realizar un estudio fenomenológico del problema.

Las evidencias, en el marco del MIE, muestran que es posible comprender de forma diferente el desarrollo profesional del profesorado. Cañal (1998, 1999, 2000a) expone con claridad el concepto de estrategia de enseñanza, modelos de estrategias de enseñanza por investigación, y el papel que juega al interior de un modelo teórico de sistema-aula ([figura 1.12](#)).

Por lo tanto, desde perspectivas diferentes es posible comprender lo que sucede con el desarrollo profesional del profesorado. Lo interesante es que estas propuestas comparten los dos principios básicos de integración entre pensamiento y acción, y del sistema-aula como matriz básica para comprender dicho desarrollo. Desde esta perspectiva, dos aportes teóricos han sido relevantes:

- (1) La construcción de una meta-hipótesis de integración, entre dos enfoques; el que tiene su centro en el desarrollo de modelos del CPP hacia la comprensión de lo que sucede con las EE (en el sistema-aula), y el que estudiando las EE (desde el sistema-aula) avanza en la comprensión del conocimiento profesional del profesorado.
- (2) La identificación de sub-sistemas conceptuales y modelos que se corresponden con posibles objetos de estudio, estables en la literatura, a pesar de los diferentes enfoques desde los cuales estos se estudian; un

trabajo que llevó a considerar que al lado del CPP y las EE, también se hace necesario considerar como objeto de estudio la PE (Capítulo 1).

Con base en estos elementos, para el avance de la investigación, y dando cumplimiento a los dos principios básicos mencionados, se requirió reconocer y estudiar la inevitable interdependencia entre objeto y método de conocimiento (Morin, 1988 [1986]: 250 y ss.). Se tiene claro que, al menos, deben considerarse el CPP, la PE y las EE como objetos de estudio relevantes para comprender lo que sucede en la integración de las NTIC al sistema-aula.

Es así que, cada avance en los estudios, ha supuesto contribuciones teóricas y metodológicas. Esto ocurre porque al obtener un mayor conocimiento de cada objeto de estudio y sus relaciones, se ha requerido aportar conceptos sobre ellos, enriqueciendo el conocimiento y comprensión de los mismos. *En esta lógica, lo que no ha cambiado ha sido precisamente la profesora, por lo que es válido afirmar que se estudia un caso; enfoque de indagación que inevitablemente debe verse como un sistema de métodos, asociado al propósito general de construcción de teoría.*

Aunque ya en cada estudio se han valorado los aportes teóricos y metodológicos específicos, es relevante considerar los beneficios, dificultades e inquietudes que se pueden formular considerando el estudio de caso como un sistema de métodos. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que en el apartado anterior ya se propusieron varias síntesis teóricas y problemas derivados de los aportes de otras investigaciones y de la nuestra.

Una primera inquietud tiene relación con la profesora como caso de estudio. La investigación ha funcionado bastante bien con ella; especialmente en momentos tan disímiles y determinantes como: *i)* la elaboración de los cuestionarios en los años 2000 y 2004; *ii)* el estudio y obtención de una alta coherencia del sistema $CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE \leftrightarrow CPP$ (E3); lo cual resulta *iii)* clave para obtener un vínculo entre estos componentes y el modelo de sistema-aula en el Estudio 4 (figura E4-1). Es razonable pensar que esto ocurrió así, precisamente, porque la profesora es autónoma y ha logrado un alto grado de desarrollo profesional. Pero, ¿qué hubiese sucedido si el profesional elegido para el estudio de caso, ya desde el principio, no presentaba predisposición hacia planteamientos educativos innovadores? A futuro, ¿estos desarrollos pueden transferirse al estudio de otros casos, sin importar sus propias condiciones y niveles de desarrollo?

En segundo lugar, es necesario resaltar un logro de corte metodológico. Consiste en que el tipo de Análisis Crítico del Discurso que se obtuvo, desde una perspectiva donde son complementarias las interacciones profesora-estudiantes y la construcción de significados, posee bastante riqueza práctica y teórica; siempre en el marco de la evolución del sistema-aula en la implementación de dos

unidades didácticas concretas. Especialmente, esta relación de complementariedad ha permitido seleccionar secuencias de información que permiten el estudio de lo que sucede en el discurso; una de las grandes dificultades reportadas en los estudios del discurso desde distintos ámbitos (E4). *A pesar de todo, el estudio de las regulaciones mutuas entre sistema-aula y discurso, y la forma en que se produce la evolución de las prácticas de enseñanza, corresponde a un problema general para el que aquí apenas se han sugerido algunos elementos básicos.*

Finalmente, dicho enfoque no supone una preconcepción completa sobre lo que sucede en la evolución de la enseñanza, sino que hace posible una dinámica de ida y venida entre las prácticas de enseñanza y los espacios reflexivos que se formulan fuera de ella (cuando no emerge el metasistema aula).

Este planteamiento sugiere dos consecuencias interesantes que son posibles de explorar: *i)* es factible realizar investigaciones colectivas, desde un enfoque de investigación-acción¹⁷⁹, en donde profesores e investigadores trabajen en la comprensión de lo que sucede en la enseñanza, a la vez que experimentan y estudian propuestas de mejora; y *ii)* los obstáculos al desarrollo profesional son y deben ser tratados como fenómenos sistémicos, por lo que no importa si el proceso de formación se inicia en el CPP, en la PE o en las EE; lo relevante radica en que se puedan interconectar estos tres sistemas de forma permanente, para lo que existe un marco teórico y metodológico de partida, que contribuye a establecer dichas relaciones. *Eso sí, queda pendiente estudiar si, a pesar de que los obstáculos son sistémicos, existe la posibilidad de que algunos de ellos generen mayores movilizaciones hacia estados de desarrollo más complejos, respecto a lo que provocan otros; o si, por el contrario, evolucionan en conjunto.*

Al respecto, sabemos que, desde la perspectiva del conocimiento obtenido en el año 2008 -donde se identificaron por primera vez problemas en modelización-, la profesora aprovechó este primer resultado para estudiar la problemática en sus estudios de maestría (o máster); asunto que le ha reportado beneficios tangibles como profesora e investigadora, y que, en la actualidad, es el ámbito específico en el que busca desarrollar su investigación de tesis doctoral (E4).

¹⁷⁹ Con pretensión de que se convierta en Investigación Acción Participativa.

Referencias Bibliográficas

ABELL, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell (Ed.), *Handbook of research on science education* (1105–1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

ABELL, S.K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.

ACEVEDO, J. A. (2001). *Una breve revisión de las creencias CTS de los estudiantes. Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.htm>

ACEVEDO, J. A. (2002). *Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología*. En E. Banet y A. de Pro (Eds.): *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*. Disponible en <http://www.campus-oei.org/salactsi.htm>

ADELL, J. (1997): Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. N° 7, Noviembre. Disponible en <http://www.uib.es/depart/gte/revelec7.html>

ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-1209102-142933/index.html>

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, Año 4, Nro Especial 1, 40-49.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la Física –consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(1), 79-91.

ALBA, F. (2002). *El Desarrollo de la Tecnología. La aportación de la física*. México: Fondo de Cultura Económica. Tercera Edición.

ALMERICH, G.; SUÁREZ-RODRÍGUEZ, J.M.; BELOCH, C.; BO, R.M. (2011). Las necesidades formativas del profesorado en TIC: perfiles formativos y elementos de complejidad. *RELIEVE*, 17(2), art. 1. Disponible en http://www.uv.es/RELIEVE/v17n2/RELIEVEv17n2_1.htm

ALONSO, M.; SOLER, V. (2005). *Applets para la enseñanza de elementos de relatividad. Enseñanza de las ciencias*. Número Extra, VII Congreso.

ALVAREZ, C. (2011). *La relación teoría-práctica en la enseñanza y el desarrollo profesional docente. Un estudio de caso en primaria*. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo. Disponible en www.tesisenred.net

ANDRÉS, M. M.; PESA, M. A. (2005). Desarrollo del pensamiento científico y el trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*. Número Extra, VII Congreso Internacional en Enseñanza de las Ciencias.

APARICI, R. (2003). Trece mitos sobre las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. *Kikiriki*, 58, 38-42.

- APPLE, M. (1986). *Ideología y Currículo*. Madrid: Akal. [Trad. Cast. de *Ideology and Curriculum*, Routledge, 1979].
- APPLE, M. (1996). *El conocimiento oficial. La educación democrática en una era conservadora*. Barcelona: Paídos. [Traducción castellana de *Official Knowledge. Democratic education in a conservative age*, Routledge, 1993].
- ARACIL, J. (1986). *Máquinas, sistemas y modelos*. Madrid: Tecnos.
- ÁREA, M. (2005). Tecnologías de la Información y la Comunicación en el Sistema Escolar. Una revisión de las líneas de investigación. *RELIEVE*, 11(1), 3-25. Disponible en http://www.uv.es/RELIEVE/v11n1/RELIEVEv11n1_1.htm
- ÁREA, M. (2010). El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos. Un estudio de casos. *Revista de Educación*, 352, 77-97.
- ÁREA, M.; CEPEDA, O.; GONZÁLEZ, D.; SANABRIA, A. (2010). Un análisis de las actividades didácticas con TIC en aulas de educación secundaria. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 38, 187-199.
- ASTOLFI, J.P. (2001). *Conceptos claves en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada.
- AXPE CABALLERO, M. A. (2003). *La Investigación Etnográfica en el campo de la Educación. Una aproximación meta-analítica*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna (España). Disponible en <ftp://tesis.bbtk.ull.es/ccsyhum/cs126.pdf>
- AZCÁRATE GODED, P. (1999). Metodología de enseñanza. *Cuadernos de Pedagogía*, 276, 72-78.
- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Librairie Philosophique J. Wrin. [Trad. Cast. *La formación del espíritu científico*. Buenos Aires: Argos, 1985, decimotercera edición].
- BAENA, M.D. (2000). Pensamiento y acción en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 217-226.
- BALL, D. L.; LUBIENSKI, S. T.; MEWBORN, D. S. (2001). Research on teaching mathematics. The unsolved problem of teachers' mathematical Knowledge. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (433–456). New York: Macmillan.
- BALLENILLA, F. (2001). Grafos de itinerarios didácticos: una forma alternativa de presentación de materiales curriculares para los profesores/as innovadores. *Kikiriki*, 61, 67-72.
- BALLENILLA, F. (2003). *El practicum en la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias de Enseñanza Secundaria. Estudio de caso*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Disponible en http://www.redires.net/Tercera_web_IRES/tesis.htm

- BARRANTES, G.; CASAS, L.M.; LUENGO, R. (2011). Obstáculos percibidos para la integración de las TIC por los profesores de infantil y primaria en Extremadura. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 39, 83-94.
- BERNAL, L. (1992). Tecnología y Educación: Mitos, Ritos y Retos. *Informática Educativa (RIE)*, 5(3), 183-195.
- BERTALANFFY, L. (1976). *Teoría General de los Sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- BO, R.M.; SÁEZ, A. (2005). *Dimensiones obtenidas en los obstáculos percibidos para la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC) por parte de los profesores de la Comunidad Valenciana*. Actas del XII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa: Investigación en Innovación Educativa. Universidad de la Laguna, 21-23 de septiembre, 219-226.
- BRAVO, S.; PESA, M.; CABALLERO, C. (2009). Representaciones de alumnos universitarios sobre propagación de ondas mecánicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3), 405-420.
- BROUSSEAU, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics*. Dordrecht: Kluwer.
- BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble, France: La Pensée Sauvage.
- BRUNNER, J. J. (2000). *Escenarios de Futuro. Nuevas Tecnologías y Sociedad de la Información*, 16, enero. Disponible en <http://www.preal.cl/brunner16.pdf>
- CABERO, J. (1996). Nuevas tecnologías, comunicación y educación. EDUTEC. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 1. Disponible en <http://www.uib.es/depart/gte/revelec1.html>
- CABERO, J. (1999). *Tecnología Educativa: diversas formas de definirla*. En Cabero Almenara, Julio (edit) et al. *Tecnología Educativa*. Madrid: Editorial Síntesis, 17-34.
- CABERO, J. (2004). La investigación en tecnologías de la educación. *Bordón*, 56(3-4), 617-634.
- CAÑAL, P. (1988). Un marco curricular en el modelo sistémico investigativo. En *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Porlán, Rafael; García, José Eduardo; Cañal, Pedro (Compiladores). 1ra edición en 1988, Sevilla: Díada.
- CAÑAL, P. (1990). *La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes: Un estudio didáctico en la educación básica*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Disponible en http://fondosdigitales.us.es/media/thesis/564/J_TD_CE-057.pdf
- CAÑAL, P. (1997). El diseño y desarrollo de materiales curriculares y la investigación escolar. En P. Cañal, A.I. Lledó; F.J. Pozuelos y G. Travé, *Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa*. Sevilla: Díada, 329-342.

- CAÑAL, P. (1997a). *La investigación globalizada del medio en primaria: veinte bases*. Capítulo 5 del libro Cañal, P.; Lledó, A.; Pozuelos, Francisco J.; Travé, G., Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa. Sevilla: Díada Editora, 75-86.
- CAÑAL, P. (1997b). *Los ámbitos de investigación como organizadores del conocimiento escolar*. Capítulo 12 del libro Cañal, P.; Lledó, A.; Pozuelos, Francisco J.; Travé, G., Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa. Sevilla: Díada Editora, 205-216.
- CAÑAL, P. (1997c). *Un marco curricular en el Modelo de Investigación en la Escuela*. En Cañal, P.; Lledó, A.; Pozuelos, Francisco J.; Travé, G., Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa. Sevilla: Díada Editora, 13-38.
- CAÑAL, P. (1998). *Investigación Escolar y Enseñanza de las Ciencias. Un marco teórico y metodológico para el estudio de las prácticas de enseñanza de las Ciencias por investigación*. Proyecto Docente. Memoria de Investigación. Material Inédito. Universidad de Sevilla.
- CAÑAL, P. (1999). Investigación Escolar y Estrategias de Enseñanza por Investigación. *Investigación en la Escuela*, 38, 15-36.
- CAÑAL, P. (2000a). El análisis didáctico de la dinámica del aula: tareas, actividades y estrategias de enseñanza. En Perales, F.J. y Cañal, P. (edts.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoy: Marfil, 211-228.
- CAÑAL, P. (2000b). Un Marco Curricular en el Modelo Sistémico Investigativo. En Porlán, R.; García-Díaz, J.E.; Cañal, P. (Comps.), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*, 135-154. 6ta. Edición.
- CAÑAL, P. (2005). *Dimensiones y Ejes de Desarrollo Profesional en el análisis de la progresión hacia Estrategias de Enseñanza por Investigación (proyecto I+D)*. Grupo de Investigación G.A.I.A. – Universidad de Sevilla y Universidad de Huelva. Documento de trabajo.
- CAÑAL, P. (2007b). *Ejes de progresión didáctica y posibles obstáculos*. Manuscrito no publicado. Universidad de Sevilla.
- CAÑAL, P.; POZUELOS, F.J.; TRAVÉ, G. (2005). *Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12): Descripción General y Fundamentos*. Sevilla: Díada Editora.
- CAÑAL, P.; CRIADO, A.M.; RUIZ, N.J.; HERZEL, C. (2008). Obstáculos y dificultades de los maestros en Formación Inicial en el diseño de unidades didácticas de enfoque investigador: el inventario general de obstáculos. En M.R. Jiménez Liso (Ed.): *Ciencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 344-353. Almería: Ed. Univ. Almería.
- CAÑAL, P.; GARCÍA-CARMONA, A.; TRAVÉ, G.; CRIADO, A.; POZUELOS, F.; CRUZ-GUZMAN (2011). *¿Cómo mejorar la Enseñanza Elemental*

sobre el Medio?: *Análisis del Currículo, los Materiales y la Práctica Docente*. Memoria técnica del proyecto de investigación.

CAÑAL, P.; LÓPEZ, J.I.; VENERO, C.; WAMBA, A.M. (1993). El lugar de las actividades en el diseño y desarrollo de la enseñanza: ¿cómo definir las y clasificarlas? *Investigación en la Escuela*, 19, 7-13.

CAÑAL, P.; PORLÁN, R. (1988). Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico investigativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 54-60.

CAÑAL, P.; POZUELOS, F.J.; TRAVÉ, G. (2005). *Descripción General y Fundamentos*. Proyecto Investigando Nuestro Mundo (6-12). Vol. 1. Sevilla:Diada.

CAÑAS, A.J.; NOVAK, J.D. (2006). *Re-examinando los fundamentos para el Uso efectivo de Mapas Conceptuales*. En A.J. Cañas, J.D. Novak. Eds., Proc. Of Second Int. Conference on Concept Mapping, San José, Costa Rica. Disponible en: <http://cmap.ihmc.us/publications/ResearchPapers/Re-ExaminandoLosFundamentos.pdf>

CANDELA, A. (2001a). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós.

CAPEL, H.; RODRIGUES, P.R.; UEDA, V. (2001). LA REVISTA SCRIPTA NOVA: 1997-2001. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 104. Disponible en <http://www.ub.edu/geocrit/sn-104.htm>

CARBALLO, R.; FERNÁNDEZ, M. J. (2005). *La actitud del profesorado de primaria y secundaria de la Comunidad de Madrid ante las TIC: Problemática y claves para su integración*. Actas del XII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa: Investigación en Innovación Educativa. Universidad de la Laguna, 21-23 de septiembre, 235-242.

CARDOSO, N.R. (2007). *Los textos escolares en Colombia: dispositivos ideológicos 1870-1931*. Ibagué (Colombia): Rudecolombia.

CARR, W. (2003). ¿Educación para la democracia? Análisis filosófico del currículo nacional. *Kikiriki*, 58.

CASTELLS, M. (1997). *La era de la información. Economía, Sociedad y Cultura, Vol.1. La sociedad red*. Madrid: Alianza.

CASTELLS, M.; HIMANEN, P. (2002). *The Information Society and the Welfare State: The Finnish Model*. Oxford: Oxford University Press. [Trad. cast. *El Estado del Bienestar y la Sociedad de la Información*. Madrid: Alianza Editorial]

CASTRILLÓN, W. F.; SUÁREZ, D. J. (2006). *Evolución y perspectivas de los entornos de aprendizaje mediados por la tecnología en el área de Ciencias naturales*. VIII Congreso Colombiano de Informática Educativa.

- CEBRIÁN, M. (1999). La formación del profesorado en el uso de medios y recursos didácticos. En Cabero Almenara, Julio (edit.), *Tecnología Educativa*. Madrid: Editorial Síntesis, 131-149.
- CFMC [COMITÉ DE Física DEL M.I.T. CLUB DE COLOMBIA] (1964). *Física*. Medellín: Editorial Bedout [Trad. cast. de *Physics*. Boston: D.C. Heath and Company, 1960].
- CHAMIZO, J.A.; GARCÍA, A. [Coordinadores] (2010). *Modelos y modelaje en la enseñanza de las Ciencias naturales*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en <http://www.modelosymodelajecientifico.com/01-HEMEROTECA/archivos/00Preliminares.pdf>
- CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage. [Trad. Cast. *La Transposición Didáctica*, Buenos Aires: Aique, 1991].
- CHI, M.T.H.; SLOTTA, J.D.; LEEUW, N. (1994). From things to process: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- CHINN, P.W.U. (2012). Developing Teachers' Place-Based and Culture-Based Pedagogical Content Knowledge and Agency. En B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, 323-334. Nueva Zelanda: Springer.
- CLARÁ, M.; MAURI, T. (2010). *El conocimiento práctico. Cuatro conceptualizaciones constructivistas de las relaciones entre conocimiento teórico y práctica educativa*. *Revista Infancia y aprendizaje*, 33(2), 131-141.
- CONTRERAS, J.D. (1985). ¿El pensamiento o el conocimiento del profesor? Una crítica a los postulados sobre el pensamiento del profesor y sus implicaciones para la Formación del Profesorado. *Revista de Educación*, 277, 5-28.
- COQUIDÉ, M.; Le MARÉCHAL, J.F. (2006). Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique: usages et impacts. *Aster*, 43, 7-16.
- COTIGNOLA, M.I.; RÉBORA, G.; DIFAZIO, M.; PUNTE, G. (1998). Utilización de simulaciones, integradas dentro de una estrategia didáctica específica. *IV Congreso RIBIE*. Disponible en <http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt200342412629278.PDF>
- COWIE, B.; JONES, A. (2009). Teaching and Learning in the ICT environment. En L.J. Saha, A.G. Dworkin (eds.), *International Handbook of Research on Teachers and Teaching*, 791-801.
- CRIADO, A.M. (1999). *Un estudio didáctico en torno a la enseñanza de aspectos básicos de la electrostática en la formación inicial de maestros*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- CRIADO, A.M.; GARCÍA-CARMONA, A. (2011). Investigando las Máquinas y los Artefactos. En Pedro Cañal de León, Francisco J. Pozuelos Estrada y Gabriel

- Travé González, *Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo [6-12]*, Sevilla: Díada, volumen 07.
- CUBAN, L. (2001). *Oversold and Underused: Computers in the Classroom*. London: Harvard University.
- CUBAN, L. KIRKPATRICK, H. y PECK, C. (2001). High access and low use of technologies in high schools classrooms: explaining an apparent paradox. *American Educational Research Journal*, 38 (4), 813-834.
- CUBERO, R. (1989). *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla: Díada.
- CUBERO, R. (1994). Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales, ¿distinta terminología y un mismo significado? *Investigación en la Escuela*, 23, 33-42.
- CUBERO, R. (1996). *Concepciones de los alumnos y cambio conceptual. Un estudio longitudinal sobre el conocimiento del proceso digestivo en educación primaria*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- CUBERO, R.; CUBERO, M.; SANTAMARÍA, A.; De la MATTA, M. L.; IGNACIO, M. J.; PRADOS, M. M. (2008). La educación a través del discurso. Prácticas educativas y construcción discursiva del conocimiento en el aula. *Revista de Educación*, 346, 71-104.
- Da SILVA, C.; MELLADO, V.; RUIZ, C.; PORLÁN, R. (2006). Evolution of the Conceptions of a Secondary Education Biology Teacher: Longitudinal Analysis Using Cognitive Maps. *Science Education*, 461-491. DOI 10.1002/sce.
- De ALBA, N. (2004). *La desigualdad social como contenido escolar. Un análisis desde la perspectiva del conocimiento profesional en educación secundaria*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- De LONGHI, A. (2007). *Gestión de un Proceso de formación Docente para Ciencias Naturales*. En De LONGHI, Ana Lía, ECHEVARRIARZA, M.P. (Compiladoras), *Diálogo entre diferentes voces*. Córdoba (Argentina): Universitas. Editorial Científica Universitaria, 11-34.
- De los RÍOS, I.; CAZORLA, A.; DÍAZ-PUENTE, J.M.; YAGÜE, J.L. (2010). Project-based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 2, 1368-1378. Doi:10.1016/j.sbspro.2010.03.202
- DEDE, C. (2012). Theoretical perspectives influencing the use of information technology in Teaching and learning. En En B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, 43-62. Nueva Zelanda: Springer.
- DENZIN, N.K. (2008). The new paradigm dialogs and qualitative inquiry. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 21(4), 315-325.
- DÉSAULTES, J.; LAROCHELLE, M. (2003). Educación Científica: El regreso del ciudadano y la ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 3-20.

- DITTRICH, T.; PACHÓN, L. (2008). Cicatrices en el Dominio del Tiempo y el Propagador de la Función de Wigner. *Revista Colombiana de Física*, 40(1), 241-244.
- DITTRICH, T.; VIVIESCAS, C.; SANDOVAL, L. (2006). Semiclassical Propagator of the Wigner Function. *Physical Review Letters*, 96, 070403.
- DOYLE, W. (1985). La investigación sobre el contexto del aula: Hacia un conocimiento básico para la práctica y la política de formación del profesorado. *Revista de Educación*, 277, 29-42.
- DURBIN, P. (2006). Philosophy of technology: In search of Discourse Synthesis. *Techné*, 10(2).
- DUSCHL, R.A. (1995). Más allá del conocimiento: Los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.
- DWYER, T. (1995). Estrategias heurísticas para enriquecer la educación mediante el uso del computador. *Revista de Informática Educativa (RIE)*, 8(3), 211-227.
- ECHEVERRÍA, J. (2003a). Escuela, nuevas tecnologías y tercer entorno. *Kikiriki*, 58, 43-47.
- ECHEVERRÍA, J. (2003b). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- EDUTEKA (2003). *Un modelo para integrar las TIC al currículo escolar*. Disponible en http://www.eduteka.org/tema_mes.php3?TemaID=0017
- ELLIOT, J. (2010). El “estudio de la enseñanza y el aprendizaje”: una forma globalizadora de la investigación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68(24[2]), 223-242.
- ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. (2004). TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin’s Argument Pattern for Studying Science Discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- ERDURAN, S.; YAN, X. (2010). Salvar las brechas en la argumentación: el desarrollo profesional en la enseñanza de la indagación científica. *Alambique. Didácticas de las Ciencias Experimentales*, 63, 76-87.
- ESTEVE, J. M. (1998). *El Malestar Docente*. Barcelona: Paidós Ibérica, 3ª Edición.
- ESTEVE, J.M. (2004). La tercera revolución educativa. *Aula de Innovación Educativa*, 129, 5.
- FALS BORDA, O. (1992). La ciencia y el pueblo: nuevas reflexiones. En María Cristina Salazar (Ed.), *La Investigación-acción participativa. Inicios y desarrollos*. Buenos Aires: Editorial Hvmánitas, 65-84.
- FERNÁNDEZ, E.; RODRÍGUEZ, H.; RODRÍGUEZ, M. (2010). La formación inicial de profesionales en educación: un análisis crítico de los nuevos

planes de estudio en el contexto del “capitalismo académico”. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68 (24,2), 151-174.

FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; VILCHES, A.; VALDÉS, P.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; SALINAS, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 331-352. Disponible en http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_3_8.pdf

FERNÁNDEZ, J.; ELÓRTEGUI, N.; MEDINA, M. (2002). Consideraciones sobre la investigación en didáctica de las Ciencias de la Naturaleza. *Alambique*, 34, pp 37-46.

FERNÁNDEZ, J.; ELORTEGUI, N.; RODRÍGUEZ, J.F. y MORENO, T. (1997). De las actividades a las situaciones problemáticas en los distintos modelos didácticos. En R. Jiménez y A.M. Wamba (Ed.). *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva: Ser. Pub. Universidad de Huelva (117- 126).

FISCHER, H.; BOROWSKI, A.; TEPNER, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. En B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, 435-448. Nueva Zelanda: Springer.

FLÓREZ, R.; DIAZ, O.C.; TOBON, A.; AGUDELO, G. (2002). *Factores asociados a la calidad de la docencia universitaria*. Colombia: ICFES.

FRANCO, A. (1997). *La enseñanza tradicional*. Parte del proyecto docente presentado para la provisión de plaza de catedrático de Escuela Universitaria. Universidad del País Vasco, Mayo. Se encuentra publicado en el curso *Física con ordenador* como parte del mismo.

FRANCO, A. (2000). *Internet, la Enseñanza de la física y la formación del profesorado*. Universidad del País Vasco. Se encuentra publicado en el curso *Física con ordenador* como parte del mismo.

FROMM, Erich (1968). *El Miedo a la Libertad*. Buenos Aires: Paidós.

FROMM, Erich (2002). *La revolución de la esperanza*. México D. F.: Fondo de Cultura Económica. [Trad. Cast. De *The Revolution of Hope. Toward a Humanized Technology*, 1968].

FURIÓ, C.J. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 188-199.

GALILEI, G. (1984). *El Ensayador*. Madrid: Editorial SARPE. [Trad. cast. de *Il saggiaiore, nel quale con bilancia esquisita e giusta si ponderano le cose contenute nella libra astronómica e filosófica di Lotario Sarsi Sigensario*].

GALLEGO-BADILLO, R. (1995). *Discurso constructivista sobre las tecnologías*. Santa Fé de Bogotá: Libros & Libres.

GALVIS, A.H.; MARIÑO, O.; REICHERT, E.C.; CARLIER, M.E.; ATUESTA, M.R.; CRUZ, G.; RIVERO, M.; GÓNZALEZ, M.A.; IRIARTE, F.;

- Van De PUTTE, J.; MÉNDEZ, C.; PARDO, Z. (1997). Evaluación del Sistema Nacional de Informática Educativa – Colombia. *Informática Educativa (RIE)*, 10(2), 225-267.
- GARCÍA, E.; GÓNZALEZ, J.; PÉREZ, M.; VALDÉS, V.G. (2002). *¿Existe una situación de crisis del software educativo?* VI Congreso Colombiano de Informática Educativa.
- GARCÍA, J.M. (2002). Virtualidad, realidad, comunidad. Un comentario sociológico sobre la semántica de las nuevas tecnologías digitales. *Papers*, 68, 81-106.
- GARCÍA-CARMONA, A.; CRIADO, A.M. (2009). “¿Por qué los automóviles son como son?”. La evolución de un sistema tecnológico. *Alambique*, 62, 92-106.
- GARCÍA-DÍAZ, J. E. (2004). *Educación Ambiental, Constructivismo y Complejidad*. Editorial DÍADA, Sevilla (España). Primera Edición.
- GARCÍA-DÍAZ, J.E. (1988). Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico del aula. En Porlán, R.; García, J.E.; Cañal, P. (Comps.). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla: Díada.
- GARCÍA-DÍAZ, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- GARCÍA-DÍAZ, J.E.; LUNA, M.; JIMÉNEZ PÉREZ, R. y WAMBA, A.M. (1999). El análisis de la intervención en el aula: instrumentos y ejemplificaciones. *Investigación en la Escuela*, 39, 63-88.
- GARCÍA-PÉREZ, F.; PORLÁN, R. (2000). EL PROYECTO IRES (Investigación y Renovación Escolar). *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 205. Disponible en <http://www.ub.es/geocrit/b3w-205.htm>
- GARDNER, H. (2000). *La educación de la Mente y el conocimiento de las Disciplinas*. Barcelona: Paidós. [Trad. cast. de *The Disciplined Mind*, Simon & Schuster, Nueva York, 1999.]
- GESS NEWSOME, J.; LEDERMAN, N.G. (eds.) (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- GIERE, R. (1990). *Explaining Science. A cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- GIERE, R. (1992). *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- GIERE, R. (1999). Del Realismo Constructivo al Realismo Perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 9-13.
- GIL, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: Realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 154-164.

- GIL, D.; VILCHES, A.; EDWARDS, M.; GONZALEZ, M. (2000). *Análisis del contenido de una exposición sobre la Protección del Planeta: "El Jardín Planetario. Reconciliar al ser humano con la naturaleza"*. París, del 15 de septiembre de 1999 al 23 de enero de 2000, bajo el alto patrocinio de la UNESCO. Disponible en: www.campus-oei.org/oeivirt/
- GIORDAN, A.; De VECCHI, G. (1987) *Les origenes du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchatel (Switzerland): Delachaux y Niestlé S.A. [Trad. Cast. *Los Origenes del Saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada, 1999, 4ta edición].
- GÓMEZ, M.A.; URIBE, G.H.; JIMÉNEZ, J.A. (2009). Nueva perspectiva de los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje en ingeniería. Caso práctico: Operaciones con sólidos. *Dyna*, 76(160), 283-292.
- GONZALEZ, E.J. (2012). La Representación Social del Cambio Climático. Una revisión Internacional. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(55), 1035-1062.
- GONZÁLEZ, J.F. (2011). *El Medio Urbano como Ámbito de Conocimiento Escolar. Análisis y propuestas a partir de un estudio de concepciones de alumnado de Bogotá*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Disponible en <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/1520/el-medio-urbano-como-ambito-de-conocimientos-escolar-analisis-y-propuestas-partir-de-un-estudio-de-concepciones-de-alumnado-de-bogota/>
- GOOD, T.L.; WILEY, C.; FLOREZ, I.R. (2009). Effective Teaching: An emerging Synthesis. En L.J. Saha, A.G. Dworkin (eds.), *International Handbook of Research on Teachers and Teaching*, 803–816.
- GRECA, I.; MOREIRA, M.A. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), 31-53. Disponible en http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID81/v7_n1_a2002.pdf
- GROSSMAN, P. (1990). *The Making of a Teacher. Teacher Knowledge and Teacher Education*. New York and London: Teacher College Press, Columbia University.
- GROSSMAN, P.; WILSON, S. M.; SHULMAN, L.S. (2005). Profesores de sustancia: El conocimiento de la material para la enseñanza. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 9(2), 1-24.
- GUISASOLA, J. (2005). La investigación en la enseñanza de la física: de la anécdota a la producción de conocimiento científicamente fundamentado. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(1), 103-127. Disponible en http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID125/v10_n1_a2005.pdf
- GUTIÉRREZ, R. (2004). La Modelización y los procesos de enseñanza/aprendizaje. *Alambique. Didácticas de las Ciencias Experimentales* [versión electrónica], No.42.

- GÚZMAN, R.; CABRERA, L.; YANES GONZÁLEZ, J.; CASTRO DE PAZ, J. (2008). Análisis de la Investigación Cualitativa en Educación desarrollada en el estado español. *Revista Currículum*, 21, 157-184.
- HABERMAS, J. (1982). *Conocimiento e interés*. Madrid: Taurus. [Trad. cast. de *Erkenntnis und Interesse* del año 1968].
- HABERMAS, J. (1984). *Ciencia y técnica como "ideología"*. Barcelona: Anthropos [Trad. cast. De *Tchnik und Wissenschaft als "Ideologie"*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 1968].
- HASHEW, M.Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.
- HELMKE, A. (2003). *Unterrichtsqualität Erfassen, Bewerten, Verbessern [Capturing, assessing and improving quality of instruction]*. Seelze, Germany: Kallmeyer.
- HENDERSON, C.; DANCY, M. (2007). Barriers to the use of research-based instructional strategies: The dual role of individual and situational characteristics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 3(2), 14 páginas. Disponible en <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.3.020102>
- HENRÍQUEZ, M.A. (2002). *Formación del Profesorado en Tecnologías de la Información y la Comunicación. Casos ULA-URV*. Tesis doctoral. Universidad Rovira i Virgili. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=7767>
- HERNÁNDEZ, D.I.; MORALES, A. (2009). *Concepciones de Naturaleza de Ciencia en los Lineamientos Curriculares y Estándares Básicos de Competencias para Ciencias Naturales*. Trabajo de master Universidad del Tolima.
- IMBERNÓN, F. (1994). *La formación del profesorado*. Barcelona: Paidós.
- ISLAS, E.; PESA, M.A. (2003). ¿Qué rol asignan los profesores de Física del nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 57-66.
- IZQUIERDO, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.
- IZQUIERDO, M.; ESPINET, M.; GARCÍA, M.P.; PUJOL, R.M.; SANMARTÍ, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 79-91.
- JACKSON, P.W. (1975). *La vida en las aulas*. Madrid: Marova [Trad. Cast., *Life in classrooms*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968].
- JAMIL CURY, C.R. (2005). *Grandes Pensadores. Historia del Pensamiento Pedagógico Occidental*. Buenos Aires: Papers Editores.

- JIMÉNEZ, R. (2004). *Trabajo de investigación. La práctica, la reflexión sobre la práctica y el análisis de los obstáculos para el desarrollo profesional de profesores de Ciencias Experimentales*. Documento inédito. Universidad de Huelva.
- JIMÉNEZ, R., WAMBA, A.M. (2004). ¿Podemos construir un modelo de profesor que sirva de referencia para la formación de profesores en didáctica de las Ciencias experimentales? *Profesorado, revista de currículum y formación del profesorado*, 8 (1), 1-16.
- JONES, A. (2012). Technology in Science Education: Context, Contestation, and Connection. En En B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, 811-821. Nueva Zelanda: Springer.
- JUSTI, R. (2003). Teacher's views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386.
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de las Ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- JUSTI, R.; GILBERT, J.K. (2002). Modeling, teachers' views on the nature of modeling, implications for the education modelers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- KARP, P.D.; OUZOUNIS, C.A.; MOORE-KOCHLACS, C.; GOLDOVSKY, L.; KAIPA, P.; AHREN, D.; TSOKA, S.; DARZENTAS, N.; KUNIN, V. y LOPEZ-BIGAS, N. (2005). "Expansion of the BioCyC collection of pathway/genome databases of 160 genomes". *Nucleic Acids Research*, 19:6083-89.
- KARP, P.D.; PALEY, S. y ROMERO, S. (2002). The Pathway Tools Software. *Bioinformatics*, 18:S225-32.
- KOFMAN, H. (2000). La simulación computacional incorporada al aprendizaje de la óptica física. *Informática Educativa (RIE)*, 13(1), 71-80.
- KORTHAGEN, F.A.J. (2010). La práctica, la teoría y la persona en la formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68 (24,2), 83-101.
- KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D.; FRANCO, C. (2007). Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(3). Disponible en <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol2/n3/krapas.htm>
- KUNTER, M. (2005). *Multiple Ziele im Mathematikunterricht*. [Multiple aims of mathematics education]. Münster, Germany: Waxmann.
- LEE, D. (1997). Factors influencing the succes of computer skills learning among inservice teachers. *British Journal of Educational Technology*, 28(2), 139-141.
- LEE, E., LUFT, J. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30, 1343-1363.

- LEWIS, E. L.; LINN, M. C. (2003). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (Supplement 2003), 155.
- LIN, S-Y; HENDERSON, C.; MAMUDI, W.; SINGH, C.; YERUSHALMI, E. (2013). Teaching assistants' beliefs regarding example solutions in introductory physics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 9(1), 23 páginas. Disponible en <http://prst-per.aps.org/abstract/PRSTPER/v9/i1/e010120>
- LIN, T.Z.; TSAI, C.C.; CHAI, C.S.; LEE, M.S. (2013). Identifying Science Teachers' Perceptions of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK). *J. Sci. Educ. Technol.*, 22, 325-336.
- LINCOLN, Y.; GONZÁLEZ, E.M. (2008). The Search for Emerging Decolonizing Methodologies in Qualitative Research: Further Strategies for Liberatory and Democratic Inquiry. *Qualitative Inquiry*, 14(5), 784-805.
- LINN, M.C. (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 347-355.
- LLEDÓ, A.I. (1997). ¿Ciencias en el Primer Ciclo de la Educación Primaria? Una experiencia de formación del profesorado en centro. Capítulo 18 del libro Cañal, P.; Lledó, A.I.; Pozuelos, F.J.; Travé, G., *Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa*. Sevilla: Díada Editora, 295-308.
- LLINÁS, R. (2003). *El cerebro y el mito del Yo. El papel de las neuronas en el pensamiento y el comportamiento humanos*. Bogotá: Editorial Norma.
- LÓPEZ MENESES, E. (2008). *Análisis de los Modelos Didácticos y estrategias de enseñanza en teleformación: diseño y experimentación de un instrumento de evaluación de las estrategias de enseñanza de cursos telemáticos de formación universitaria*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Disponible en <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/753/analisis-de-los-modelos-didacticos-y-estrategias-de-ensenanza-en-teleformacion-diseno-y-experimentacion-de-un-instrumento-de-evaluacion-de-las-estrategias-de-ensenanza-de-cursos-telematicos-de-formacion-universitaria/>
- MALDONADO, M.A. (2008). *Pedagogías críticas. Europa, América Latina y Norteamérica*. Bogotá: Magisterio.
- MALKOUN, L. (2007). *De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves : étude de cas en France et au Liban*. Tesis doctoral leída en el área de las Ciencias de la Educación de Université Lumière Lyon 2 (Francia) y la Université Libanaise (Libano). Disponible en:
- MARQUES TOIGO, A.; MOREIRA, M.A.; SALVADOR, S. (2012). Revisión de la literatura sobre el uso de mapas conceptuales como estrategia didáctica y de evaluación. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 305-339. Disponible en http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID294/v17_n2_a2012.pdf

MARTÍN Del POZO, R. (1999). Las Materias Escolares. *Cuadernos de Pedagogía*, 276, 50-56.

MARTÍN DEL POZO, R.; PORLÁN, R. (1999). Tendencias en la formación del profesorado sobre los contenidos escolares. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 35, 115-128.

MARTÍN DEL POZO, R.; RIVERO, A. (2001). Construyendo un Conocimiento Profesionalizado para enseñar Ciencias en la Educación Secundaria: Los Ámbitos de Investigación Profesional en la formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 63-79.

MARTÍNEZ, C.A.; RIVERO, A. (2012). La investigación sobre el conocimiento profesional del professor: algunos aspectos conceptuales y metodológicos. En Adela Molina (Compiladora), *Algunas aproximaciones a la investigación en educación en enseñanza de las ciencias naturales en América Latina*, 205-241. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

MEJÍA, M.R. (2006). *Educación(es) en la(s) globalización(es). Entre el pensamiento único y la nueva crítica*. Bogotá: Ediciones desde abajo.

MEN [Ministerio de Educación Nacional de Colombia] (1998). *Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y educación Ambiental*. Disponible en http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

MEN [Ministerio de Educación Nacional de Colombia] (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales*. Disponible en <http://www.eduteka.org/pdfdir/MENEstandaresCienciasSociales2004.pdf>

MORALES, E.E. (2010). *Relaciones entre las Concepciones de Naturaleza de Ciencia y de Modelo Científico en Profesores de Ciencias Naturales*. Trabajo de master. Universidad del Tolima.

MORALES, S. (2004). *Análisis situacional de las nuevas tecnologías comunicacionales: factores intervinientes para su apropiación y uso en escuelas secundarias de la ciudad de La Rioja*. Tesis doctoral. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaites?codigo=1032>

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação*, 9(2), p. 301-315.

MOREIRA, M.A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), 7-29. Disponible en http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID80/v7_n1_a2002.pdf

MORENO, A. (2003a). Las Ciencias físicas en los programas y en las aulas: cien años de vaivenes y soledades (I). *Revista Española de Física*, Marzo-Abril, 53-62.

- MORENO, A. (2003b). Las Ciencias físicas en los programas y en las aulas: cien años de vaivenes y soledades (II). *Revista Española de Física*, Mayo-Junio, 65-70.
- MORENO, A. (2003c). Las Ciencias físicas en los programas y en las aulas: cien años de vaivenes y soledades (III). *Revista Española de Física*, Julio-Agosto, 65-¿?.
- MORIN, E. (1984). *Ciencia con consciencia*. Anthropos: Editorial del Hombre.
- MORIN, E. (1986). *El método I. La naturaleza de la Naturaleza*. Madrid: Ed. Cátedra. [Trad. Cast. de *La Méthode I. La nature de la Nature*, 1977].
- MORIN, E. (1987). *El método II. La Vida de la Vida*. Madrid: Ed. Cátedra. [Trad. Cast. de *La Méthode II. La vie de la vie*, 1980].
- MORIN, E. (1988). *El método III. El Conocimiento del Conocimiento*. Madrid: Ed. Cátedra. [Trad. Cast. de *La Méthode 3. La connaissance de la connaissance*, 1986].
- MORIN, E. (2002). *La mente bien ordenada*. Barcelona: Editorial Seix Barral. Cuarta Edición, mayo.
- NIINILUOTO, I. (1997). *Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad?* *Arbor*, 157(620), 285-299.
- NOVAK, J.D.; CAÑAS, A.J. (2010). *The Universality and Ubiquitousness of Concept Maps*. En J. Sánchez, A.J. Cañas, J.D. Novak. Eds., Proc. Of Fourth Int. Conference on Concept Mapping, Viña del Mar, Chile. Disponible en
- PAIVA, J.; PAIVA, J.C.; FIOLHAIS, C. (2003). The use of information and communication technologies by Portuguese teachers, *in Computers and Education – Towards a Lifelong Learning Society*, M. Llamas-Nistal, M. Fernández-Iglesias, and L. Anido-Rifón (eds.). The Netherlands: Kluwer, Dordrecht, 239-250.
- PARK, S.; OLIVER, J.S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284.
- PERALES, F.J.; CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE (1960). *Physics*. Boston: D.C. Heath and Company. [Trad. cast. del COMITÉ DE FÍSICA DEL M.I.T. CLUB DE COLOMBIA. *Física*. Medellín: Editorial Bedout, 1964].
- PIÑUEL, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), 1-42.
- PORLÁN, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- PORLÁN, R. (1997). *Constructivismo y Escuela*. Sevilla: Díada. Tercera Edición.
- PORLÁN, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 16(1), 175-185.

- PORLÁN, R. (1999a). Investigar la práctica. *Cuadernos de Pedagogía*, 276, 48-49.
- PORLÁN, R. (1999b). Formulación de los Contenidos Escolares. *Cuadernos de Pedagogía*, 276, 65-70.
- PORLÁN, R. (2000). El pensamiento científico y pedagógico de maestros en formación. Porlán, R.; García, J.E.; Cañal, P. (compiladores). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla: Díada Editora. 6ª edición, 191-201.
- PORLÁN, R.; Da SILVA, C.; MELLADO, V.; RUIZ, C. (2007). Evolution of the Conceptions of a Secondary Education Biology Teacher: Longitudinal Analysis Using Cognitive Maps. *Science Education*, 91(3), 461-491.
- PORLÁN, R.; MARTÍN DEL POZO, R. (2002). La formación del profesorado en un contexto constructivista. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 271-281.
- PORLÁN, R.; MARTÍN DEL POZO, R.; RIVERO, A.; HARRES, J.; AZCARATE, P.; PIZZATO, M. (2010). El Cambio del profesorado de ciencias I: Marco Teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.
- PORLÁN, R.; MARTÍN DEL POZO, R.; RIVERO, A.; HARRES, J.; AZCARATE, P.; PIZZATO, M. (2011). El Cambio del profesorado de ciencias II: Itinerarios de Progresión y Obstáculos en estudiantes de Magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 353-370.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A. (1997). Conocimiento Profesional y Epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-173.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A. (2001). Nature et organisation du savoir professionnel enseignant "souhaitable". *Aster*, 32, 221-251.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN Del POZO (1997). Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores, I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-173.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN Del POZO (1998). Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores, II: Estudios Empíricos y Conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.
- POZO, J.I. (1999). Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento: Del cambio conceptual a la integración jerárquica. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 15-29.
- POZUELOS, F.; TRAVÉ, G.; CAÑAL, P. (2010). Inquiry-based teaching: teacher's conceptions, impediments and support. *Teaching Education*, 21(2), 131-142.

Pro BUENO, A. (2009). *¿Qué investigamos sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales en nuestro contexto educativo?* Revista Investigación en la Escuela, 69, 45-59.

QUICENO, H. (1988). Corrientes Pedagógicas en el siglo XX en Colombia. *Revista Educación y Cultura*, 14.

QUIJANO, A. (2000). Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. En *La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas Latinoamericanas*. Edgardo Lander (comp.) CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, p. 246. Disponible en <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/lander/quijano.rtf>

RAMÍREZ, J.F. (2000). *Los Obstáculos Afectivos de los Profesores a la par con el Desarrollo de su Modelos Didácticos*. Trabajo final del seminario *Metodología de Investigación Didáctica en el Marco del Proyecto IRES*. Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla (España). Disponible en www.cedreg.org

RAMÍREZ, J. F. (2006). *Hipótesis de progresión para el desarrollo sostenible: Fundamentos y algunas consecuencias*. Tercer encuentro Internacional sobre *Desarrollo Sostenible y Población*. Universidad de Málaga (España). Disponible en <http://www.eumed.net/eve/resum/06-07/jfrc.htm>

RAMÍREZ, J.F. (2012). Conocimiento Práctico Profesional sobre la evolución de un curso de Física Universitario en el enfoque de Investigación Escolar, a la luz de La Hipótesis De Gradualidad. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 415-433. Disponible en: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID298/v17_n2_a2012.pdf

RAMÍREZ, J.F.; MORALES, E.E. (2006). *Autoevaluación Institucional con miras al Desarrollo Sostenible. Aportes que apoyan el desarrollo del sistema educativo del municipio de Ibagué en el marco de la Sociedad de la Información y el Conocimiento*. Disponible en www.cedreg.org

RAMÍREZ, J.F.; MORALES, E.E. (2008). ¿El cambio de imagen sobre la ciencia conlleva una transformación de la enseñanza de la física?: un obstáculo en la evolución de la práctica profesional. *Investigación en la Escuela*, 65, 37-47.

RAMÍREZ, M.H. (2010). Aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario. *Revista Mexicana de Física*, 56(1), 29-40.

REA RAMÍREZ, M.A., CLEMENT, J.; NUÑEZ OVIEDO, M. C. (2008). *An instructional model derived from model construction and criticism theory*. En J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science* (23–43). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

REYES, J.D. (2010). Tendencias en investigación en el Conocimiento Pedagógico de Contenido de profesores de física en formación inicial. *Revista de*

Enseñanza de la Física, 23(1-2), 7-19. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/fceia/ojs/index.php/revista/article/view/36/5>

RICHOUX, H.; BEAUFILS, D. (2003). La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física: análisis de prácticas de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 95-106.

RIVERO, A. (1996). *La formación permanente del profesorado de Ciencias de la E.S.O.; un estudio de caso*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

RIVERO, A.; AZCÁRATE, P.; PORLÁN, R.; MARTÍN Del POZO, R.; HARRES, J. (2011). The Progression of Prospective Primary Teachers' Conceptions of the Methodology of Teaching. *Research in Science Education*, 41, 739-769.

RIVERO, A.; AZCÁRATE, P.; PORLÁN, R.; MARTÍN Del POZO, R.; HARRÉS, J.B.; SOLÍS, E. (2011). La progresión de las concepciones de los futuros profesores de primaria sobre la metodología de enseñanza. *Educação em Foco*, 14(18), 169-206.

RIVERO, A.; PORLÁN, R.; MARTIN, J. (1997). Una Propuesta Curricular para la Formación Permanente de los Profesores de Ciencias Innovadores. *Congreso de Enseñanza de las Ciencias*, Murcia, septiembre.

RODRÍGUEZ, A., RODRIGO, M.J., MARRERO, J. (1993). *El proceso de construcción del conocimiento. Teorías Implícitas o Teorías Científicas*. En M.J. Rodrigo. A. Rodríguez y J. Marrero, *Las Teorías Implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Visor, 67-94.

ROJAS, A.A.; OVIEDO, J.P.; LOPEZ, S.Y. (2011). Los Applets En Física Y Su Impacto En El Desarrollo Del Pensamiento. *Revista Colombiana de Física*, 43(1), 24-27.

ROJAS, J.F.; MORALES, M.A.; RANGEL, A.; TORRES, I. (2009). Física computacional: Una propuesta educativa. *Revista Mexicana de Física*, 55(1), 97-111.

ROSÁRIO, V.M.; SIQUEIRA, J.B.; RABELLO, R.M.; ROCHA, J.B (2009). Apresentação e Avaliação de Material de Sustentação e Experimentação em Ensino de Física. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(1), 7-22.

RUIZ, C.; Da SILVA, C.; PORLÁN, R.; MELLADO, V. (2005). Construcción de mapas cognitivos a partir del cuestionario INPECIP. Aplicaciones al estudio de la evolución de las concepciones de una profesora de secundaria entre 1993 y 2002. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1). Disponible en http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART3_Vol4_N1.pdf

RYOO, K.; LINN, M.C. (2012). Can Dynamic Visualizations Improve Middle School Students' Understanding of Energy in Photosynthesis? *Journal of Research In Science Teaching*, 49(2), 218-243.

- SANABRIA, A. L. (2005). *La formación permanente del profesorado para la integración de las tecnologías de la información y la comunicación en la Comunidad Autónoma de Canarias*. Tesis doctoral. Universidad de la Laguna. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaites?codigo=1039>
- SANTOS, M. E. (2001). *Relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Capítulo 4 del libro Membiela, Pedro (ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Editorial Narcea, 61-75.
- SCHÖN, D. (1998). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Barcelona: Paidós. [Trad. Cast. de *The Reflective Practitioner, How Professionals Think in Action*. Basic Books, 1983].
- SEIFRIED, J.; SEMBILL, D. (2005). Emotionale Befindlichkeit in Lehr-Lern-Prozessen in der beruflichen Bildung [Emotional sensitivities in teaching-learning-processes of vocational education]. *Zeitschrift für Pädagogik*, 5, 656–673.
- SENSEVY, G., SANTINI, J. (2006). Modélisation: une approche épistémologique. *Aster*, 43, 163-187.
- SHEN, J.; LINN, M.C. (2011): A Technology-Enhanced Unit of Modeling Static Electricity: Integrating scientific explanations and everyday observations. *International Journal of Science Education*, 33(12), 1597-1623.
- SHULMAN, L. S. (1986). Those who understand teaching. *Educational Researcher*, 15 (5), 4–14.
- SHULMAN, L.S. (2001). Conocimiento y Enseñanza. *Estudios Públicos*, 83, 163-196. [Trad. cast. Knowledge and Teaching. Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), primavera de 1987]
- SOLBES, J.; TARÍN, F. (2007). ¿Qué hacemos si no coinciden la teoría y el experimento? (o los obstáculos de la realidad). *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52, 97-106.
- SOLÍS, E. (2005). *Concepciones curriculares del profesorado de Física y Química en Formación Inicial*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Disponible en: <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/1624/concepciones-curriculares-del-profesorado-de-fisica-y-quimica-en-formacion-inicial/>
- SOUTO, M. (2001). La clase escolar. Una mirada desde la Didáctica de lo Grupal. En Camilloni, A.W.; Davini, M.C.; Edelstein, G.; Litwin, E.; Souto, M.; Barco, S., *Corrientes didácticas contemporáneas*, 117-155. Buenos Aires: Paidós, 5ta. reimpresión.
- SPINAK, E. (1998). *Indicadores cuantitativos*. Trabajo presentado en el Seminario sobre Evaluación de la Producción Científica, realizado en Sao Paulo por el proyecto SciELO del 4 al 6 de marzo. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/2729806.pdf>

STENHOUSE, L. (1985). El profesor como tema de investigación y desarrollo. *Revista de Educación*, 277, 43-53.

STENHOUSE, L. (1987). *La Investigación como base de la enseñanza*. Madrid: Ediciones Morata.

SUÁREZ, J.; ALMERICH, G.; GASTALDO, I.; BELLOCH, C.; ORELLANA, N.; TEJEDOR, F.J.; GARCÍA-VALCARCEL, A.; HERNÁNDEZ, A.; QUINTERO, A.; CARBALLO, R.; FERNÁNDEZ, M.J. (2005). *Los profesores ante el proceso de integración de las TIC en la educación. Algunas dimensiones clave*. Actas del XII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa: Investigación en Innovación Educativa. Universidad de la Laguna, 21-23 de septiembre, 29-48.

SVIHLA, V.; LINN, M.C. (2011): A Design-based Approach to Fostering Understanding of Global Climate Change. *International Journal of Science Education*, 34(5), 651-676.

TAMAYO, O.E. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona (España). Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=4205>

TAMAYO, O.E. (2009). *Didáctica de las Ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales: Universidad de Caldas.

TAPSCOTT, D. (1997). *Growing Up Digital. The Rise of the Net Generation*. New York: McGraw-Hill.

TAYLOR, P.C.; TAYLOR, E.; CHANDRA LUITEL, B. (2012). Multi-paradigmatic Transformative Research as/for Teacher Education: An Integral Perspective. En B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, 373-387. Nueva Zelanda: Springer.

TIBERGHIE, A.; MALKOUN, L. (2008). Análisis de clases de Física en la escuela secundaria a partir de registros de vídeo. *Revista de Enseñanza de la Física*, 21(2).

TIBERGHIE, A.; VINCE, J.; GAIDIOZ, P. (2009): Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275-2314.

TORRES LÓPEZ, J. (2010). *La crisis de las hipotecas basura. ¿Por qué se cayó todo y no se ha hundido nada?* Madrid: Ediciones Sequitur.

TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I. El Uso Colectivo y la Evolución de los Conceptos*. Madrid: Alianza Editorial. [Trad. cast. de *Human Understanding. Vol. I: The Collective Use and Evolution of Concepts*. Princeton: University Press, 1972].

TRAVÉ, G. (1997). *La enseñanza de las nociones económicas en la Educación Obligatoria. Aportaciones del ámbito de investigación a la Didáctica de las Ciencias Sociales*. Tesis

doctoral. Universidad de Sevilla. Disponible en <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/2236/la-ensenanza-y-el-aprendizaje-de-las-nociones-economicas-en-la-educacion-obligatoria-aportaciones-del-ambito-de-investigacion-la-didactica-de-las-ciencias-sociales/>

TRAVÉ, G. (1999). *La Economía y su Didáctica en la Educación Obligatoria*. Sevilla: Díada.

TRAVÉ, G.; DELVAL, J. (2009). Análisis de la práctica de aula. El caso de las concepciones histórico-económicas del alumnado. *Investigación en la Escuela*, 69, 5-18.

TRAVÉ, G.; POZUELOS, F.; CAÑAL, P. (2006). ¿Cómo enseñar investigando? Análisis de las percepciones de tres equipos docentes con diferentes grados de desarrollo profesional. *Revista Iberoamericana de Educación*, 39(5). Disponible en <http://www.rieoei.org/1366.htm>

VALBUENA USSA, E.O. (2007). *El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico: Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en <http://eprints.ucm.es/7731/1/T30032.pdf>

VALDÉS, P.; VALDÉS, R. (1999). Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en las condiciones contemporáneas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 521-531.

Van DIJK, T. (1999). El análisis crítico del discurso. *Anthropos*, 186, 23-36.

Van DIJK, T. (2005). El discurso como interacción en la sociedad. En Teun Van Dijk (comp.), *El discurso como interacción social. Estudios sobre el discurso II: Una introducción multidisciplinaria*. Barcelona: Editorial Gedisa, segunda reimpresión, 19-66. [Trad. cast. de *Discourse as Social Interaction. Discourse Studies: A Multidisciplinary Introduction*. Volume 2, Sage Publications, 1997].

Van DRIEL, J.H.; VERLOOP, N. (1999). Teacher's knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.

VASQUES-BRANDÃO, R. (2012). *A Estratégia da Modelagem Didático-Científica Reflexiva para a conceitualização do Real no Ensino de Física*. Tesis doctoral. Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Disponible en <http://hdl.handle.net/10183/70335>

VÁZQUEZ BERNAL, B. (2005). *La interacción entre la reflexión y la práctica en el desarrollo profesional de profesores de Ciencias experimentales de enseñanza secundaria. Estudio de casos*. Tesis doctoral. Universidad de Huelva. Disponible en <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/2227>

VÁZQUEZ BERNAL, B.; JIMÉNEZ PÉREZ, R.; MELLADO JIMÉNEZ, V. (2007). La reflexión en profesoras de Ciencias experimentales de enseñanza secundaria. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 73-90.

- VÁZQUEZ BERNAL, B.; JIMÉNEZ PÉREZ, R.; MELLADO JIMÉNEZ, V. (2010). Los obstáculos para el desarrollo profesional de una profesora de enseñanza secundaria en Ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 417-432.
- VÁZQUEZ-BERNAL, B. y JIMÉNEZ, R. (2013). El Diario como elemento de cambio: Construyendo el hilo. En Vicente Mellado, L. J. Blanco, A.B. Borrachero y J. A. Cárdenas (Eds.), *Las Emociones en la Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias y las Matemáticas* (521-546). Badajoz, España: DEPROFE.
- VILLAMIL-VILLAR, W. (2008). Metabolómica... Qué tan cerca estamos. *Innovación y Ciencia*, 15(4), 36-45. Revista de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC).
- Von BERTALANFFY, L. (1989). Teoría General de los Sistemas. México: Fondo de Cultura Económica, séptima reimpression. [Trad. Cast. de General System Theory: Foundations, Development, Applications, Nueva York: George Braziller, 1968].
- VOSNIADOU, S. (2012). Reframing the Classical Approach to Conceptual Change: Preconceptions, Misconceptions and Synthetic Models. En En B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, 119-130. Nueva Zelanda: Springer.
- VOSNIADOU, S. (s.f.). *Cómo aprenden los niños*. México: Academia Internacional de Educación. Disponible en http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Publications/Educational_Practices/EdPractices_7s.pdf [Versión en español de original publicado en el año 2000 por la UNESCO].
- WALDEGG, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (1). Disponible en <http://redie.ens.uabc.mx/vol4no1/contenido-waldegg.html>
- WAMBA, A.M. (2001). *Modelos Didácticos Personales y Obstáculos para el Desarrollo Profesional: estudios de caso con profesores de Ciencias Experimentales en Educación Secundaria*. Tesis doctoral. Universidad de Huelva. Disponible en <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/2717>
- WAMBA, A.M., JIMÉNEZ, R., GARCÍA-DÍAZ, J.E. (2000). Perfil metodológico de un profesor de educación secundaria: un estudio de caso. *Investigación en la Escuela*, 42, 89-97.
- WEBB, M. (2008). Impact of IT in Science Education. En J. Voogt, G. Knezek (eds.) *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, 133-148.
- YABER-OLTRA, Guillermo (2000). Instrucción asistida por computadora: El rol del análisis conductual. *Informática Educativa (RIE)*, 13(1), 95-106.

YIN, R.K. (2009). *Case Study Research*. Thousand Oaks: SAGE Publications, 4ta. edición.

ZAMBRANO, A.C.; VIAFARA, O.; MARÍN, M. (2008). Estudio Curricular sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Educación Ambiental en instituciones educativas de Barranquilla. *Studiositas*, 3(2), 5-21.

INDICE DE FIGURAS

Número de la figura	Nombre	Página
1.1a	Criterio Ontológico formulado como Hipótesis de Progresión.	15
1.1b	Criterio Ideológico formulado como Hipótesis de Progresión.	19
1.1c	Criterio Epistemológico sobre el conocimiento profesional del profesorado formulado como Hipótesis de Progresión.	21
1.2	Interacciones entre los criterios Ideológico, Ontológico y Epistemológico.	24
1.3	Teorías del aprendizaje en ciencias. Tomado de Rea-Ramírez, Clement y Núñez-Oviedo (2008).	36
1.4	Sistema Didáctico renovado. Tomado de Tiberghien y otros (2009).	41
1.5	Estructura del Conocimiento Profesional del Profesor, según Grossman. Tomada de Valbuena (2007).	45
1.6	Modelo hexagonal del conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza de las ciencias. Tomado de Park y Oliver (2008:279).	46
1.7	El cambio del profesorado: estrategia global deseable. Tomada de Porlán y otros (2010).	54
1.8	Una captura de pantalla de la visualización dinámica de transformación de energía. Tomada de Kihyun Ryoo y Marcia Linn (2012).	60
1.9	Mapeo de tendencias en el cruce de los criterios Ontológico-Epistemológico.	71

1.10	Mapeo de tendencias en el cruce de los criterios Ontológico-Ideológico.	76
1.11	Mapeo de tendencias en el cruce de los criterios Ideológico-Epistemológico.	78
1.12	Mapa conceptual sobre el modelo teórico sistema-aula. Tomado de Pedro Cañal (1998).	82
2.1	Evolución de los últimos 2100 años (siglo IV a.C. – siglo XVII d.C.) en relación con la elaboración de artefactos hasta la aparición del experimento. Basado en Gallego-Badillo (1995).	93
2.2	Características de la actividad científica contemporánea respecto a la tradicional. Propuesta de Valdés y Valdés (1999).	98
2.3	Propagador diagonal de Wigner para el mapeo del panadero. Tomada de Dittrich y Pachón (2008).	99
2.4	Niveles de organización que estudia la Biología de sistemas o Biología integral.	100
2.5	Una situación de emergencia planetaria. Problemas y desafíos. Tomado de Daniel Gil y otros (2000).	110
2.6	Esquema conceptual sobre la forma en que se <i>tecnifica</i> el ser humano mediante las nuevas tecnologías.	116
2.7	Algunas dimensiones y transiciones relevantes en la construcción de un pensamiento complejo. Tomada de García-Díaz (1998:153).	120
3.1	Escenario NTIC en la Educación: <i>una sala de clases interactiva</i> .	135
3.2	Red de ideas que sintetiza los planteamientos teóricos y prácticos del IRES. Basada en los planteamientos de García-Pérez y Porlán (2000).	141
3.3	Antagonismos entre la dimensión científico- tecnológica del cambio educativo frente a su dimensión político-	

	social. Tomada de García-Pérez y Porlán (2000).	142
3.4	Esquema de una secuencia de enseñanza por investigación escolar. Tomado de Cañal (1999).	146
3.5	Evolución del conocimiento profesional del profesorado. Las teorías prácticas como resultados de la integración entre los cuatro saberes básicos que lo componen.	152
3.6	Meta-hipótesis de Integración formulada a partir de sus componentes (enfoques primigenios, elementos relativamente externos a estos enfoques, existencia de un caso significativo de integración de las NTIC).	155
3.7	Sistema de ideas sobre la Ley de Boyle. Elaborado a partir de CFMC (1964 [1960]).	163
3.8	Sistema de ideas sobre la complementariedad entre <i>modelos</i> y <i>conceptos</i> en el desarrollo de las comunidades científicas.	165
3.9	Hipótesis de la integración-enriquecimiento del conocimiento escolar. Tomada de García-Díaz (1998:24).	167
3.10	Sistema de ideas sobre la complementariedad entre <i>modelos</i> y <i>conceptos</i> en el proceso de construcción del Conocimiento Escolar.	172
3.11	Relación entre los sistemas de ideas invariantes de acuerdo con el <i>tiempo</i> y el <i>sistema-aula</i> real como contexto.	176
3.12	Sistema de ideas sobre el modelo teórico de sistema-aula. Elaborado a partir de Cañal (1998).	187
4.1	Relaciones entre clases como fenómenos con existencia finita.	200
4.2	Relaciones Ontológicas entre el CPP, la PE, las EE y el Sistema-aula acotados al papel del Profesor.	202

4.3	Representación gráfica del Diseño de Estudio de caso singular con unidades incrustadas múltiples. Tomado de Yin (2009).	205
4.4	Diseño General del estudio de caso singular basado en los objetos de estudio CPP, la PE, las EE y el Sistema-aula acotados al papel del Profesor.	208
4.5	Hipótesis de Progresión de los valores de las <i>Concepciones sobre la Tecnología</i> .	212
4.6	Hipótesis de Progresión de los valores sobre la <i>Modelización en Física</i> .	214
4.7	Representación sistémica de los objetivos de la investigación.	218
4.8	Representación sistémica de las relaciones entre los cuatro estudios necesarios para indagar por la Integración de las NTIC que hace la profesora en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física desde la perspectiva del MIE.	219
4.9	Representación del método de investigación ejecutado para identificar el estado de evolución profesional (en términos de cambios) declarado por la profesora.	225
4.10	Secuencia temporal del trabajo con las Unidades Didácticas sin NTIC y con NTIC.	226
4.11	Diseño Específico del estudio de caso singular basado en los objetos de estudio CPP, la PE, las EE y el Sistema-aula acotados al papel del Profesor.	230
4.12	Relaciones entre los conceptos de <i>interacción</i> y <i>discurso</i> en el estudio de las dos unidades didácticas.	233
4.13	Representación sistémica entre los aportes metodológicos y teóricos en el desarrollo de la investigación.	235
5.1	Categorías del SIRC4E en el sistema CPP \leftrightarrow PE \leftrightarrow EE \leftrightarrow CPP a partir de su comportamiento en las unidades didácticas de Termodinámica y Ondas. Elaborada a partir de la figura	

	E3-18.	252
5.2	Representación de la <i>enseñanza en estado de transición</i> , integrando el papel de los mapas de proposiciones de acuerdo con la teoría práctica de la profesora. Elaborada a partir de la figura E3-11.	255
5.3	Relaciones entre la concepción de ciencia y el obstáculo ontológico con las dificultades en modelización.	257
5.4	El cambio del profesorado y alianzas con otros grupos de interés: estrategia global deseable. Elaborado modificando la propuesta base de Porlán y otros (2010).	259

INDICE DE TABLAS

Número de la tabla	Nombre	Página
1.1	Dualidades detectadas en el proceso de revisión de la información.	7
1.2	Descripción de los factores de las tres últimas revoluciones educativas. Tomado de Ramírez y Morales (2006).	12
1.3	Solución a una posición Epistemológica Compleja ajustada a este proceso de revisión de la literatura. Elaborada a partir de Porlán (1997).	25
1.4	Relación de algunos reportes sobre estudios al interior del IRES y proyectos afines.	51
2.1	Cuadro comparativo entre características de la ciencia moderna, la macrociencia y la tecnociencia. Elaborado con base en la visión de Echevarría (2003b).	95
2.2	Estrategias diversas que tienen como propósito minimizar la indeterminación de los sistemas psíquicos y sociales (no triviales).	114

2.3	Identificación de transiciones en el logro de un pensamiento complejo que se pueden obtener con el uso de las representaciones informáticas (inforealidades).	122
2.4	Identificación de transiciones en el logro de un pensamiento complejo que se no pueden obtener con el uso de las representaciones informáticas (inforealidades).	124
3.1	Síntesis de las cuestiones y planteamientos sobresalientes obtenidos en el Capítulo 1.	133
3.2	Respuestas a los problemas centrales en la construcción del currículum (del alumno y del profesor) en el marco del MIE.	144
4.1	Teorías epistemológicas generales sobre el conocimiento escolar y la inclusión de las NTIC en los procesos de enseñanza - aprendizaje de la Física como <i>Hipótesis General de la Investigación</i> . Se elabora con base en Porlán y Rivero (1998:137).	211
4.2	Correspondencia entre Problemas, Objetivos y Estudios de la Investigación.	217
4.3	Síntesis de los perfiles de los tres profesores en el año 2000.	222