



Diseño, adaptación y evaluación de los trabajos prácticos de enfoque constructivista en el laboratorio de Física y Química, para el sistema educativo L.O.G.S.E.

Memoria final correspondiente a trabajo de investigación educativa subvencionado por la Secretaría de Estado de Educación y Formación Profesional-Centro de Investigación y Documentación Educativa, del M.E.C. (Convocatoria de 6 de Marzo de 1996, B.O.E. nº 67 de 18 de Marzo)

Coordinador del equipo de investigación:

Jesús Mariano Merino de la Fuente

Depto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Univerisdad de Valladolid

Tf. 983423466

Fax.983423436

SUMARIO

	<u>Pág.</u>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	6
<i>CAPÍTULO PRIMERO: Planteamiento del problema objeto de esta investigación.</i>	10
1.1 Avances recientes en el campo en que se enmarca nuestra investigación	11
1.2 ¿Qué son los contenidos procedimentales?	13
1.3 Los contenidos procedimentales, objeto de enseñanza en el currículo de Ciencias	15
1.4 El laboratorio como principal recurso para el aprendizaje de los contenidos procedimentales	19
1.5 Los contenidos procedimentales en el diseño curricular base de Ciencias de la Naturaleza de la Educación Secundaria	21
<i>CAPÍTULO SEGUNDO: Hipótesis de trabajo y planificación de la investigación.</i>	24
2.1 Establecimiento de las hipótesis de esta investigación	25
2.2 Planificación de la primera línea de trabajo	30
2.3 Estudio del estado actual de los TP en el entorno	32
2.3.1 Encuesta a profesores de Secundaria	32
2.3.2 Conocimiento de la metodología científica por los alumnos	38
2.3.3 Análisis bibliográfico de libros de texto y de prácticas	40
<i>CAPÍTULO TERCERO: Los Trabajos Prácticos de enfoque constructivista</i>	45
3.1 El Documento guía	46
3.2 Proyectos previos	49
3.3 Organización de las actividades	53
3.4 El laboratorio y su organización material	58
3.5 Entrevistas pre y post-laboratorio	59
3.6 Secuenciación de actividades	60
3.6.1 Criterio de distribución de documentos guía entre los alumnos	63
3.6.2 Trabajo experimental dentro del laboratorio y observación directa	63
3.7 Evaluación.	65

3.7.1 Diagramas “V”	67
3.7.2 Informes finales	69
3.8 A modo de resumen.	73
3.9 Resultados obtenidos y análisis de los mismos.	74
3.10 Ejemplos de documentos guía empleados en esta investigación.	79
3.10.1 Estudio del movimiento vibratorio armónico simple. Deducción experimental de las ecuaciones de este movimiento.	79
3.10.2 Estudio experimental de la caída libre. Determinación de la aceleración de la gravedad.	89
Anexo I: Opinión de los profesores acerca de los trabajos prácticos.	98
Anexo II: Evaluación del conocimiento que tienen los alumnos de la metodología Científica antes de iniciar el trabajo experimental.	102
Anexo III: Guión de pautas para la confección del proyecto previo.	104
Anexo IV: Cuestionario de corrección de los informes de los trabajos prácticos.	105
Anexo V: Evaluación directa por parte del profesor, de cómo se está llevando a cabo la actividad experimental.	107
Anexo VI: Ejemplos de diagramas “V”	---
<i>CAPÍTULO CUARTO: Pequeñas Investigaciones Tuteladas.</i>	108
4.1 ¿Qué son las PIT?	109
4.1.1 Características del método P.I.T.	109
4.2 Los contenidos procedimentales, objetivos didácticos de las PITs.	111
4.3 El trabajo tutelado.	112
4.4 Interrelaciones en las actividades PIT.	114
4.5 Preparación de las actividades PIT.	118
4.5.1 Selección del tema.	118
4.5.2 Selección de los alumnos.	126
4.5.3 Lugar, material y horario.	127
4.6 Modelo evaluativo de las PITs.	127
4.6.1 Los métodos cualitativos en evaluación.	130
4.6.2 El estudio de caso.	139
4.6.3 ¿Cómo se evalúan los aprendizajes de las PITs?	140
4.7 Secuenciación temporal de las actividades PIT.	142
4.8 Aplicación del método PIT a casos reales.	147

4.8.1 Termocromía del cloruro de cobalto en solución agua-etanol	149
4.8.2 La radiación ambiental en la localidad de Medina del Campo.	167
4.9 Análisis de resultados y conclusiones	177
<i>CAPÍTULO QUINTO: Conclusiones generales</i>	180
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	188

INTRODUCCIÓN

El modelo constructivista de enseñanza-aprendizaje se ha impuesto con rotundidad a lo largo de los últimos años, desbancando a los métodos tradicionales en la práctica totalidad de las disciplinas. Este fenómeno se ha dejado sentir en la gran mayoría de las recientes reformas de los sistemas educativos de buen número de países de nuestro entorno.

Por su parte, el Sistema Educativo Español actual apuesta decididamente por una enseñanza participativa y activa como la fórmula idónea para conseguir que la formación y conocimientos de los jóvenes que en un futuro próximo constituirán la población adulta del siglo XXI, sea realmente funcional, que se adapte a las necesidades y otras circunstancias de aquel momento y que además esta población sea capaz de generar nuevas ideas, nuevos conocimientos, o dicho en otros términos, que sea capaz de contribuir activamente al progreso general de la sociedad.

Coherentemente con todo ello, la LOGSE establece un conjunto de objetivos generales para la enseñanza de la ciencias en la etapa de Secundaria en los que subyace la irrenunciable pretensión de que el aprendizaje de los estudiantes sea realmente significativo. Ello incluye la adopción de todo un conjunto de habilidades y destrezas para el trabajo en equipo y para crear nuevos conocimientos a partir de los ya existentes. Así, algunos de dichos objetivos generales aparecen redactados en la Ley como un conjunto de capacidades que la enseñanza de las ciencias debe contribuir a desarrollar en los jóvenes, algunas de las cuales son:

Comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como otros sistemas de notación y de representación cuando sea necesario.

Utilizar conceptos básicos de las Ciencias de la Naturaleza para elaborar una interpretación científica de los principales fenómenos naturales ...

Aplicar estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la ciencia en la resolución de problemas ...

Participar en la planificación y realización en equipo de actividades científicas.

Elaborar criterios personales y razonados sobre cuestiones científicas y tecnológicas básicas de nuestra época ...

.../...

Si por aprendizaje se entiende el cambio estable o permanente en los conocimientos de un sujeto, que se pone de manifiesto por la modificación de la conducta, está claro que el verdadero aprendizaje de las ciencias no ha de reducirse a un mero acopio de saberes descontextualizados e inoperantes sino, muy al contrario, debe entrar a formar parte del esquema general de conocimiento del individuo donde la interrelación de los conceptos y la funcionalidad de los mismos ha de ser una realidad. Aún más, por cuanto al aprendizaje de las ciencias concierne, el alumno ha de “aprender ciencia” y “aprender a hacer ciencia”. Esta es la línea de pensamiento de todos cuantos nos dedicamos a la noble función de enseñar y a ello responde la presencia de los *contenidos procedimentales* en los currículos de ciencias modernos.

El diseño curricular base para la Enseñanza Secundaria en nuestro país comporta la presencia de contenidos conceptuales junto a los procedimentales y los actitudinales, ahora bien, si para la enseñanza de los primeros existe todo un conjunto de metodologías y recursos no así sucede con los otros dos. Los profesores no tienen claro cómo han de enseñar los procedimientos de la ciencia de forma explícita y muchos piensan que dichos procedimientos se aprenden por añadidura al aprender los contenidos conceptuales. Por otro lado es consenso general que el laboratorio es el recurso ideal para aprender los contenidos procedimentales, ahora bien, las actividades que allí se desarrollan siguen ancladas en los viejos esquemas bajo la forma de las tradicionales “prácticas-receta”, no acordes con el modelo constructivista, más implantado en el aula, que tan solo permiten el adiestramiento del alumno en un conjunto de habilidades de tipo manipulativo, pero no intelectual.

Ante este estado de cosas, nuestro equipo de investigadores asumió el reto de diseñar y evaluar nuevas formas de uso del laboratorio en las disciplinas de Física y Química que resultaran acordes con el paradigma constructivista y que permitiesen aprender con eficacia y de forma explícita la gran mayoría de los contenidos procedimentales, ya sean manipulativos o habilidades de tipo intelectual y de comportamiento.

Nos pareció que todo debería consistir en el diseño de actividades que resultaran lo más afines posible al quehacer científico habitual, que los trabajos prácticos se realizaran a la usanza científica, siguiendo la misma secuencia que en la investigación científica real: *formulación del problema, emisión de hipótesis, diseño experimental, análisis de resultados y elaboración de conclusiones*.

Había un grave problema por resolver, emanado de la rigidez que caracteriza a la organización general y dinámica de funcionamiento de los centros de Enseñanza Secundaria, rigidez que se desdibuja notablemente cuando volvemos nuestra mirada a los centros universitarios. Este hecho motivó que nuestra investigación se dividiera en dos líneas paralelas que tendrían como objetivos respectivos crear un modelo de uso constructivista del laboratorio de Física y Química para el ambiente universitario y para la Enseñanza Secundaria.

La presente memoria científica recoge todo el proceso que nos ha conducido hasta dos modelos de uso del laboratorio, uno de ellos particularmente útil para la etapa de Secundaria y el otro para la Universitaria.

Este documento consta de cinco capítulos, el primero de los cuales tiene por finalidad formular y acotar en sus justos términos el problema objeto de esta investigación. En él se hace un estudio detallado de los contenidos procedimentales, se analiza este concepto en lo que a la enseñanza de la Física y la Química concierne, se referencian las más importantes aportaciones de la investigación educativa de los últimos años en esta materia y se justifica el laboratorio como el recurso más importante para el aprendizaje de este tipo de contenidos.

El segundo capítulo tiene por fin plantear las hipótesis de trabajo, la primera de las cuales se refiere a la aplicación del modelo constructivista en realización de las prácticas de laboratorio. Esta hipótesis ha sido desglosada en dos subhipótesis, cada una de las cuales hace referencia a una de las dos líneas de trabajo de que se compone esta investigación. La segunda hipótesis se refiere a la posibilidad de evaluar el grado de adquisición de destrezas de investigación, materia que por su naturaleza, requiere métodos evaluativos especiales y específicos. El capítulo contiene también la planificación de la investigación con los objetivos que se persiguen en una y otra líneas, así como los objetivos generales de la misma.

El tercer y cuarto capítulos tienen por finalidad exponer el desarrollo de una y otra líneas de trabajo así como una descripción minuciosa del modelo de empleo del laboratorio propuesto en una y otra. Ambas contienen también una serie de conclusiones sobre los resultados obtenidos en la aplicación del modelo hecha por nosotros sobre grupos de alumnos.

El quinto y último capítulo es una reflexión de conjunto conducente a la extracción de las conclusiones generales de nuestra investigación es las que aparecen soluciones aceptables, alguna de ellas parcial, al problema de estudio que en un principio nos habíamos propuesto y también se propone una nueva línea de trabajo que pretendería dar solución satisfactoria a algunos problemas surgidos de nuestra investigación.

CAPÍTULO PRIMERO:

Planteamiento del problema objeto de esta investigación

CAPITULO PRIMERO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA OBJETO DE ESTA INVESTIGACIÓN

1.1. AVANCES RECIENTES EN EL CAMPO EN QUE SE ENMARCA NUESTRA INVESTIGACION

La reforma del currículo en nuestro entorno educativo ha implantado el uso cotidiano de ciertas expresiones, como *constructivismo*, *enfoques CTS* o *metacognición*, que hace muy poco eran absolutamente ininteligibles, incluso para los más versados en la materia. Ciertamente, este estado de cosas no es sino la consecuencia de una corriente renovadora que tiene su origen en la investigación educativa de las dos últimas décadas, corriente que se ha dejado sentir en la gran mayoría de las reformas educativas habidas en las sociedades de nuestro entorno y que constituye la filosofía que alienta el Sistema Educativo Español, plasmado en la Ley Orgánica General del Sistema Educativo.

El Diseño Curricular Base para la etapa de Secundaria incluye junto a muchos y muy profundos cambios (Jiménez-Aleixandre, 1995), como importante novedad, tres tipos de contenidos: *conceptuales*, *procedimentales* y *actitudinales*. De este modo se rompe con un viejo y extendido paradigma de la enseñanza, según el cual un correcto aprendizaje de los conceptos declarativos de una ciencia incluye por añadidura el aprendizaje de los procedimientos de esa ciencia así como la adopción por parte del alumno de todo tipo de actitudes positivas relacionadas con ese aprendizaje. Todos los currículos modernos de ciencias incluyen de forma explícita el aprendizaje de los procedimientos de la ciencia en igualdad de condición a los contenidos conceptuales propiamente declarativos, así se especifica en las orientaciones de la UNESCO en su Conferencia sobre Educación en Ciencia y Tecnología de París (1984), otro tanto sucede en el texto del Proyecto Science for all Americans, de la AAAS, en el National Curriculum Council, del Reino Unido y en los programas de las Junior Hig School de Canadá, por citar algunos ejemplos, que no todos, referentes.

Si por *aprendizaje* entendemos “el que se manifiesta por un cambio en la conducta del individuo”, habremos de aceptar que el verdadero aprendizaje no puede reducirse a un mero *saber*, sino que comporta también *saber hacer*. En el caso de las ciencias experimentales, el aprendizaje supone no solo conocer las leyes que rigen el mundo físico y comprender los

conceptos involucrados en dichas leyes sino que además, el individuo ha de saber sobre los procedimientos por los que se ha construido ese conocimiento, de forma que él mismo sea capaz de dar respuestas positivas ante situaciones problemáticas nuevas a partir de los conocimientos que ya tiene, esto es, su conocimiento deberá ser funcional. Reducir el aprendizaje a un mero acopio de conocimientos y datos carentes de sentido, desconectados del resto de los restantes conocimientos que el individuo ya tiene, no formando un todo armónico con el resto de su esquema general de conocimientos, hace que esos aprendizajes permanezcan muertos en la mente del sujeto, como lo están las piezas en las vitrinas de los museos, que carezcan de fertilidad lógica y que no sirvan ni como directores de su conducta ni como generadores de nuevos conocimientos. Es más, esos “aprendizajes” resultan inconsistentes y lábiles, y se pierden en poco tiempo.

Naturalmente, lo contrario de lo expuesto en el anterior párrafo, el verdadero *aprendizaje significativo*, pasa por el empleo de un método de enseñanza que sea activo, reflexivo y participativo. Obviamente, un modelo tal de enseñanza no puede omitir el aprendizaje de los procedimientos y estrategias de la ciencia entre sus objetivos más importantes.

La década de los noventa está siendo fecunda en lo que a investigación educativa sobre los contenidos procedimentales concierne. Son muchos y variados los aspectos que han merecido la atención de los investigadores, así, las exigencias impuestas por la incorporación de dichos contenidos al currículo, han sido estudiadas por Lucas (1990), en el orden social, se ha estudiado acerca de qué opinan los profesores sobre dichos contenidos (Abell y Smith, 1994; Haney y col., 1996; Nott y Wellington, 1996; Séré y col., 1997), desde un punto de vista más panorámico, qué elementos innovadores se introducen con el aprendizaje de los procedimientos en la metodología educativa al uso (Buchan y Jenkins, 1992; Roberts, 1995; Galbraith y col., 1997) y finalmente, sobre el constructivismo y los contenidos procedimentales (Gil, 1993; Furió y col., 1994; Martínez y Varela, 1996).

La finalidad de los contenidos procedimentales es que el alumno aprenda ciencia y aprenda a hacer ciencia. En el caso de las ciencias experimentales resulta obvio que el ámbito donde deben aprenderse los procedimientos es el mismo ámbito en que esa ciencia ha sido construida, es decir, el laboratorio. Por otro lado resulta también obvio que esos aprendizajes han de hacerse mediante actividades lo más afines posible con las tareas científicas que

permitieron acceder a esos conocimientos. Esta es una forma de pensar consensuada por la práctica totalidad del profesorado, y precisamente por ello, son numerosos los trabajos realizados por los investigadores en torno al tema del laboratorio como importante recurso para el aprendizaje de las ciencias. En esta línea destacan los trabajos que revisan el enfoque que se da a las prácticas de laboratorio (Hodson, 1994; Duggan y Gott, 1995; Gott y Duggan, 1996; White, 1996; Barberá y Valdés, 1996), propuestas metodológicas en las que el laboratorio escolar juega un importante papel (Chang y Lederman, 1994; Watson, 1994; Gangoli y Gurumurthy, 1995), el aprendizaje de los contenidos procedimentales a través de los trabajos prácticos en el laboratorio (Lock, 1992, Doran y col., 1993; Kirschner y col., 1993; Doran y col., 1995) o bien qué contenidos están implícitos en las actividades prácticas propuestas en los libros de texto, para ser desarrolladas en el laboratorio (Bastida y col., 1990; Tamir y García, 1992; Germann y col., 1996).

Ciertamente no es el laboratorio el único recurso para el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Actualmente se trabaja intensamente en orden a imprimir una nueva dinámica a la resolución de problemas, actividad clásica en el desarrollo de un currículo de ciencias. Por ello, líneas de investigación como búsqueda de nuevos enfoques de la resolución de problemas (Perales, 1993; Watson, 1994) así como el análisis de las estrategias empleadas por los alumnos en este tipo de actividad (Njoo y Jong, 1993; Langlois y col, 1995; Lee y Fensham, 1996; Le y col, 1996), acaparan la atención de muchos investigadores.

1.2. ¿QUÉ SON LOS “CONTENIDOS PROCEDIMENTALES”?

En el documento ministerial sobre el Diseño Curricular Base de Ciencias de la Naturaleza para la etapa de Enseñanza Secundaria Obligatoria (MEC, 1989), se indica de forma explícita:

“Un procedimiento es un conjunto de acciones ordenadas orientadas a la consecución de una meta [...] En los contenidos procedimentales se indican contenidos que también caben bajo la denominación de destrezas, técnicas o estrategias [...] No debe confundirse un procedimiento con una metodología. El procedimiento es la destreza con que queremos ayudar a que el alumno construya. Es, por tanto, un contenido escolar objeto de planificación e intervención educativa”

Por otro lado, Lawson (1994) define los contenidos procedimentales como los métodos y maneras que se utilizan para generar el conocimiento declarativo-conceptual. En cierto modo se adivina en esta definición una concepción de estos contenidos como las estrategias y habilidades específicas para el aprendizaje de esa ciencia.

Otra forma de concebir los contenidos procedimentales es considerarlos como el conjunto de destrezas y estrategias para dar solución a situaciones problemáticas (Sevilla, 1994; Duggan y Gott, 1995). Se entiende por *destrezas* la aptitud, pericia o habilidad para desempeñar una acción individual específica (observar, clasificar, comparar, etc.) y por *estrategias* a los procesos mentales complejos (descubrir regularidades, emitir hipótesis razonables, distinguir entre variables dependientes e independientes, etc.). Unas y otras constituyen el conjunto de habilidades que permiten a los alumnos dar solución a problemas prácticos desde sus propios recursos, sin recetas de un guión ni indicaciones del profesor.

En un interesante artículo, Monereo (1995) opina acerca de los contenidos procedimentales:

“Desde la perspectiva disciplinar, los procedimientos, en calidad de contenidos, conforman el corpus de todas las materias curriculares [...]. Desde un planteamiento psicopedagógico podríamos identificar tres funciones básicas: comunicativa y expresiva, cognitiva y metacognitiva y pragmática. Desde una perspectiva contextual, surge como la interpretación conjunta [...] entre los alumnos y su profesor, como confrontación entre ambos significados [...].”

Es preciso distinguir claramente entre un proceso de la ciencia y un contenido procedimental. Se comprende que, del mismo modo que los contenidos conceptuales del currículo no son ni pueden ser iguales a los conceptos científicos entendidos con todo el rigor que su caso requiere, y que por ello estos últimos solo resultan asequibles para los expertos que trabajan en ese área, los contenidos procedimentales son realmente elaboraciones hechas a partir de los procedimientos de la ciencia, adaptados a las condiciones, necesidades y limitaciones de los alumnos, que se incluyen en el currículo para ser aprendidos, con objeto de que resulten válidos para cualquier persona y no sólo para físicos, químicos biólogos o geólogos.

Tampoco deben confundirse los contenidos procedimentales con actividades de la enseñanza. Estos son contenidos que deben ser enseñados al igual que se hace con los Principios de Newton, la formulación química, las leyes de Mendel o la Teoría de la Deriva continental, si bien son las actividades (trabajos prácticos, resolución de problemas, trabajos bibliográficos, etc.) el vehículo a través del cual se aprenden estos contenidos.

Identificar los contenidos procedimentales con simples actividades del tipo “observar y medir” sería caricaturesco y pobre, pues existe todo un conjunto de habilidades de investigación, de destrezas comunicativas, de trabajo en equipo, de estrategias cognitivas, etc., que con toda probabilidad son más fértiles y permiten en mayor medida la generación de nuevos aprendizajes.

Finalmente, la tricotomía establecida en el texto que establece el DCB para la Enseñanza Secundaria presenta el peligro de inducir a pensar erróneamente que los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales son objetos didácticos desconexos que se han de tratar por separado. Nada más alejado de la realidad, ya que los tres tipos de contenidos han de ser tratados integrados y coordinadamente. Pensemos que, cuando enseñamos conceptos, probablemente estemos enseñando algunos procedimientos y, porqué no, induciendo en nuestros alumnos cambios duraderos en su actitud ante la ciencia y ante el hecho científico.

En resumen, los contenidos procedimentales no son algo nuevo en la enseñanza, no se aprenden “por añadidura” al tiempo que se aprenden los conceptos declarativos son algo más que “saber medir y observar” requieren un replanteamiento del modelo de enseñanza radicional y se enseñan coordinadamente junto con los otros dos tipos de objetivos (de Pro, 1998).

1.3. LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES, OBJETO DE ENSEÑANZA EN EL CURRÍCULO DE CIENCIAS

Además de los más obvios, a saber, *observación y medida*, hay una larga relación de contenidos procedimentales, no necesariamente de tipo manipulativo, que se encuentran presentes en el currículo de ciencias. Entre los más importantes se encuentran los de tipo intelectual: identificación y acotación de problemas, emisión de hipótesis razonables ante situaciones problemáticas, realización de predicciones, diseño de experimentos, organización y

análisis de datos y registros, extracción de conclusiones, etc. y otros aún más específicos, como aptitudes para el trabajo en equipo, diferenciación entre cuestiones e hipótesis, extrapolación y generalización de resultados, acotación en el uso y aplicación de los modelos científicos.

A la vista de esta variedad, parece bastante conveniente clasificar los contenidos procedimentales en distintas clases y categorías. Ahora bien, dado que en la enseñanza existen distintos enfoques y orientaciones, son lógicamente posibles diversas clasificaciones de estos contenidos. Así, existen clasificaciones basadas en la resolución de problemas como modo ideal para su aprendizaje (Kirschner y col., 1993), en las destrezas intelectuales (Lawson, 1994) o en el trabajo experimental (Lock, 1992; Tamir y García, 1992). También cabe destacar la clasificación de la AAAS (1970) en procesos básicos e integrados. No obstante, la que nos parece más acertada es la recientemente publicada por de pro (1998), la cual se basa en una clara distinción entre habilidades de tipo indagativo, destrezas manipulativas y comunicativas

CONTENIDOS PROCEDIMENTALES

A) Habilidades de investigación

A.1. Identificación de problemas

- Conocimiento del motivo del problema.
- Identificación de variables, obtención de datos, contexto ...
- Identificación de partes del problema.
- Planteamiento de cuestiones.

A.2. Predicciones e hipótesis

- Establecimiento de conjeturas contestables
- Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados ...
- Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico.

A.3. Relaciones entre variables

- Identificación de variables (dependiente, independiente, ...)
- Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.
- Establecimiento de procesos de control y exclusión de variables.

A.4. Diseños experimentales

- Selección de pruebas adecuadas para contrastar una afirmación.
- Establecimiento de una estrategia para la resolución de un problema.

A.5. Observación

- Descripción de observaciones y situaciones.
- Representación esquemática de una observación, hecho, ...
- Identificación de propiedades, características, ...
- Registro cualitativo de datos.

A.6. Medición

- Registro cuantitativo de datos.
- Selección de instrumentos de medida adecuados.
- Estimación de medidas “sin medir”
- Estimación de la precisión de un instrumento.

A.7. Clasificación y seriación

- Utilización de criterios de clasificación
- Diseño y aplicación de claves de categorización propias.
- Realización de series a partir de características o propiedades.

A.8. Técnicas de investigación

- Utilización de técnicas elementales para el trabajo de laboratorio.
- Utilización de estrategias básicas para la resolución de problemas.

A.9. Transformación e interpretación de datos

- Organización de datos (tablas, cuadros, ...)
- Representación de datos (gráficas), extrapolación de datos.
- Interpretación de observaciones, datos, medidas, ...

A.10. Análisis de datos

- Formulación de tendencias o relaciones cualitativas.
- Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos.
- Identificación de posibles fuentes de error.

A.11. Utilización de modelos

- Uso de modelos analógicos o a escala.
- Uso de fórmulas químicas, de modelos matemáticos y teóricos.

A.12. Elaboración de conclusiones

- Inferencias inmediatas a partir de los datos o del proceso.
- Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.
- Juicio crítico de los resultados y del proceso de obtención.

B) Destrezas manuales**B.1. Manejo de material y de realización de montajes**

- Manipulación del material respetando normas de seguridad.
- Manipulación correcta de los aparatos de medida.
- Realización de montajes previamente especificados.

B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones, ...

C) Comunicación**C.1. Análisis de material escrito o audiovisual**

- Identificación y reconocimiento de ideas.
- Inferencia próxima a partir de la información.
- Establecimiento de implicaciones y consecuencias.

C.2. Utilización de diversas fuentes

- Búsqueda de datos e información en diversas fuentes.
- Identificación de ideas comunes, diferentes, complementarias, ...

C.3. Elaboración de materiales

- Informe descriptivo sobre experiencias y procesos vividos.
- Informe estructurado a partir de un guión de preguntas.
- Informe abierto o ensayo.

Como puede verse, la diversidad de contenidos procedimentales es patente, y al igual que sucede con los conceptos, no pueden presentarse de forma aislada. El desmenuzamiento de los contenidos que aparecen en la tabla anterior no pretende una enseñanza desconectada de los mismos, sino más bien un poner de relieve y destacar unos y otros con objeto de propiciar una reflexión constructiva que induzca al profesor a enseñar consciente y eficazmente todos y cada uno de ellos.

Enseñar este tipo de contenidos supone para el profesor un reto que le hará replantear en profundidad todo el desarrollo del currículo. Sería ingenuo pretender un tipo de actividad didáctica que permitiera enseñar los diecisiete contenidos relacionados en la clasificación de Pro. Eso sería tan absurdo como pretender llevar a cabo un tipo de clase teórica que permitiera enseñar Mecánica, Electromagnetismo, Estequiometría y Química Orgánica a un mismo tiempo. Por motivos obvios el aprendizaje de los contenidos procedimentales deberá ser programado y secuenciado, de forma que a lo largo de un determinado período, el alumno pueda aprender todos ellos. En este sentido, pueden tenerse en cuenta tres factores que marcan el curso de esta secuenciación:

- a) Naturaleza del contenido procedimental.
- b) Contexto en que éste será utilizado.
- c) Qué prerequisites requiere su aprendizaje.

En buena lógica, una acertada diversificación de actividades didácticas es la mejor receta para la enseñanza integral de los contenidos procedimentales, no cabe pensar que exista una actividad, sea de laboratorio o de aula, que permita el aprendizaje de todos y cada uno de ellos. Esta diversificación deberá subordinarse al desarrollo general del currículo, siendo esta precisamente la idea de fondo que preside la redacción del DCB (MEC, 1987), donde los contenidos procedimentales no aparecen necesariamente repetidos en todos los núcleos

temáticos, sino que figuran dispersos, ocasionalmente distribuidos en función de los contenidos conceptuales.

Con arreglo a todo lo anteriormente expuesto, podemos afirmar a modo de conclusión que los factores antes mencionados determinarán el diseño de las actividades; habremos de decidir por tanto qué contenidos procedimentales enseñaremos en cada caso, cómo contemplaremos y usaremos los conocimientos que el alumno ya tiene, qué situaciones utilizaremos para favorecer el aprendizaje, etc.

1.4. EL LABORATORIO COMO PRINCIPAL RECURSO PARA EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES.

El uso que tradicionalmente viene haciéndose del laboratorio, basado en la realización de prácticas-receta en las que el alumno sigue fielmente las indicaciones escritas en un guión es una forma pobre y obsoleta de utilizar este recurso didáctico tan importante. Pese a ello, varios de los contenidos procedimentales establecidos por de Pro, como son los A.5; A.6; B.1 y B.2 , que fundamentalmente consisten en habilidades de observación, medición y destrezas manipulativas (ver el cuadro en páginas anteriores), se aprenden con exclusividad en este medio.

Las modernas tendencias en el desarrollo de las clases teóricas participativas en las que al alumno se le pone en situación de reflexionar y buscar soluciones a pequeñas cuestiones relacionadas con la temática en curso, permiten por su parte el aprendizaje de contenidos de los grupos A.1; A.2, A.3; C.1 y C.2, en particular los dos últimos si el profesor se propone la realización de algún trabajo de tipo bibliográfico en el que el alumno tenga que manejar bibliografía.

En cuanto a las clases de problemas o de seminario, resultan muy útiles en orden al aprendizaje de contenidos de los grupos A.9; A.10; A.11; A.12 y C.3, relacionados directamente con la elaboración de los datos y la extracción de conclusiones.

Actualmente esta es *grosso modo*, la situación por lo que a la rentabilidad de los distintos recursos concierne. De este modo, en el mejor de los casos, un profesor podría enseñar

a sus alumnos los contenidos procedimentales arbitrando los tres más importantes por igual, a saber: clases teóricas, clases de seminario-problemas y prácticas de laboratorio.

Sin embargo, creemos que esta metodología resulta pobre, y desde luego, muy mejorable, especialmente en lo referente a las actividades en el laboratorio. La investigación realizada a lo largo de esta última década evidencia que los TP que tradicionalmente se vienen realizando, en los que el alumno entra al laboratorio sin tener una idea clara de lo que allí va a hacer para luego seguir ciegamente y sin criterio alguno las pautas marcadas minuciosamente en un guión, sumen a éste en un operativismo ciego en el que están ausentes todo intento de indagación y de emisión de hipótesis (Payá, 1991). De este modo el alumno no desarrolla habilidades de investigación, no genera actitudes positivas ante la ciencia y obtiene una imagen deformada de ésta (Gil y Valdés, 1995).

Por el contrario, varios autores vienen propugnando el desarrollo de los TP en el laboratorio como *pequeñas investigaciones*, a la usanza científica. Básicamente consiste en convertir la práctica en la resolución de un problema experimental abierto. En este contexto, el alumno ha de realizar las actividades siguiendo la secuencia *planteamiento y acotación del problema, emisión de hipótesis, diseño experimental y realización de experimentos, tratamiento de registros y análisis de resultados, extracción de conclusiones y adopción de juicios de valor y confección de la correspondiente memoria*. De esta forma, el estudiante no solo aprende ciencia sino que también aprende cómo se hace la ciencia (Gil y Payá, 1998). Concebidas las actividades del laboratorio de esta manera, este se convierte automáticamente en el más poderoso recurso para el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Ahora ya no son solamente las destrezas manipulativas lo que allí se aprenderá, sino que todo un conjunto de habilidades de tipo indagativo e investigador, como la identificación de problemas, predecir y emitir hipótesis, relacionar variables entre sí, diseño experimental, trabajar en equipo y decidir en conjunto, etc., son posibles de obtener eficazmente.

1.5. LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES EN EL DISEÑO CURRICULAR BASE DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA DE LA EDUCACION SECUNDARIA.

Los cinco primeros Objetivos Generales del Area de Ciencias de la Naturaleza para la E.S.O. delatan claramente la existencia de contenidos procedimentales en su DCB. Así podemos comprobarlo tras la lectura de los mismos:

1.- Comprender y expresar mensajes científicos, utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como otros sistemas de notación y representación, cuando sea necesario.

2.- Utilizar los conceptos básicos de las Ciencias de la naturaleza para elaborar una interpretación científica de los principales fenómenos naturales, así como para analizar y valorar algunos desarrollos y aplicaciones tecnológicas de especial relevancia.

3.-Aplicar estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la Ciencia en la resolución de problemas: identificación del problema, formulación de hipótesis, planificación y realización de actividades para contrastarlas, sistematización y análisis de los resultados y comunicación de los mismos.

4.-Participar en la planificación y realización en equipo de actividades científicas, valorando las aportaciones propias y ajenas en función de los objetivos establecidos, mostrando una actitud flexible y de colaboración y asumiendo responsabilidades en el desarrollo de las tareas.

5.-Elaborar criterios personales y razonados sobre cuestiones científicas y tecnológicas básicas de nuestra época mediante el contraste y evaluación de informaciones obtenidas en distintas fuentes.

Por otro lado, todos y cada uno de los bloques temáticos presentan junto a los contenidos conceptuales y actitudinales un conjunto de contenidos procedimentales, que varía de unos bloques a otros en función de su temática y de unos cursos a otros en función del grado de maduración de los alumnos y de los prerrequisitos que cada contenido comporta. No obstante, existen algunos que, por su importancia, se repiten en numerosas ocasiones, así, por ejemplo, algunos de los que más insistentemente aparecen son:

- a) *Elaboración de hipótesis sobre problemas relativos a las Ciencias de la Naturaleza.*
- b) *Planificación y realización de experiencias.*
- c) *Diseño de estrategias para contrastar a través de la experimentación, las hipótesis emitidas.*
- d) *Conocimiento y manejo de instrumentos científicos y de observación.*
- e) *Adquisición de destrezas y habilidades en el manejo y comprensión de textos científicos.*
- f) *Adquisición de destrezas y habilidades en operaciones rutinarias de la experimentación científica (tabulado, sistemática y ordenación de registros, estimación del error de una medida, etc.)*
- g) *Observación y análisis sistemáticos, a la usanza científica, de diferentes fenómenos.*
- h) *Elaboración de conclusiones como consecuencia de un análisis y evaluación de resultados experimentales.*
- i) *Trabajo en equipo, reparto de tareas, colaboración con otros compañeros, discusión conjunta de resultados, puesta de acuerdo en común para adoptar estrategias de acción, confección en equipo de un informe sobre el trabajo realizado.*
- j) *Búsqueda y utilización de modelos para reproducir en el laboratorio procesos naturales.*
- k) *Realización de pequeñas investigaciones donde se tenga en cuenta el control de variables.*

Como vemos, la práctica totalidad de los contenidos procedimentales clasificados por de Pro (1998), están presentes reiteradamente en texto oficial de DCB para la ESO.

En cuanto al Bachillerato, hemos de destacar que los contenidos procedimentales tienen un tratamiento curricular transversal, estando presentes a lo largo del desarrollo de cualquiera de las asignaturas de ciencias (Física, Biología, Química, etc.). De los dos núcleos transversales comunes a todas las asignaturas, uno de ellos lleva por título: **Aproximación al trabajo científico**, y de él se dice en el texto oficial:

Se incluyen aquí los procedimientos que constituyen la base del trabajo científico, como son el planteamiento de problemas, la formulación y contrastación de hipótesis, el diseño de estrategias para ese contraste, el desarrollo de experimentos utilizando con precisión los instrumentos de medida, la interpretación de resultados, la comunicación apropiada de las actividades realizadas, la construcción de teorías, el desarrollo de modelos explicativos y la utilización de bibliografía y de fuentes de información para la investigación. Incluye también la conciencia de que la investigación tiene lugar, de ordinario, en el marco de teorías que se

intentan contrastar, así como las actividades propias de la ciencia, tales como el cuestionamiento de lo obvio, la imaginación creativa, la necesidad de comprobación, de rigor, de precisión, de hábitos de trabajo y de indagación intelectual.

La lectura atenta de los textos oficiales antes expuestos permite llegar a la plena convicción de que todos los contenidos procedimentales que hoy consideramos, recogidos en la clasificación de de Pro, en este mismo capítulo, se encuentran recogidos en el DCB de la Enseñanza Secundaria.

CAPÍTULO SEGUNDO:

Hipótesis de trabajo y planificación de esta investigación

CAPITULO SEGUNDO

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 ESTABLECIMIENTO DE LAS HIPÓTESIS DE TRABAJO

En el capítulo precedente se ha presentado el laboratorio como el más importante recurso para el aprendizaje de los contenidos procedimentales en Ciencias de la Naturaleza.

Ciertamente, tanto los libros de texto como las actividades de aula, en especial las clases teóricas, están experimentando una transformación en profundidad, adoptando decididamente el modelo constructivista de la enseñanza. Son cada día más los profesores que se deciden a hacer más participativas sus clases, proponen a sus alumnos pequeños trabajos bibliográficos y resolución de cuestiones para ser trabajadas por grupos de alumnos. E incluso las clases de problemas están siendo llevadas de forma muy distinta a como se hacía algunos lustros antes. Es bastante el camino que aún queda por recorrer y los profesores aún han de hacer esfuerzos por modernizar sus intervenciones en el aula. Sin embargo, el laboratorio es otra cosa.

El esquema de trabajo habitual a la hora de desarrollar TP (en el caso de que estas actividades se realicen) en un centro de enseñanza, sea de Secundaria o universitario (al menos en sus primeros años) se ajusta fielmente al tradicional modelo de la *practica-receta*, que como todos sabemos bien, consiste en que los alumnos entran al laboratorio un determinado día “para hacer prácticas”, normalmente los alumnos no tienen idea de qué van a hacer y, en el mejor de los casos, se les ha hecho una explicación previa de su trabajo en la clase. Hay dos variantes: o bien todos los alumnos van rotando de mesa en mesa a medida que van terminando la práctica (habitual en primeros años de universidad) o bien todos hacen lo mismo (comúnmente en Enseñanza Secundaria), pero en ambos casos siguen fielmente las indicaciones escrupulosamente especificadas del guión que al efecto, se encuentra en la mesa junto con el material. En el ánimo del alumno todo apunta a que ese día resulta todo más divertido que en una clase normal, que si sigue al pie de la letra el guión, la cosa saldrá bien y que si presenta un informe “correcto” tendrá una buena nota de prácticas que le servirá para arreglar su nota de la asignatura.

El resultado de todo ello es que el alumno cae en un operativismo ciego (poco le importa el porqué de lo que hace) y su empeño se centra en presentar un “buen informe” al profesor, no importa a qué precio, y para ello nada hay mejor que hacer una copia debidamente maquillada del guión, de aquí el interés de muchos alumnos por sacar los guiones del laboratorio para fotocopiarlos. Hay finalmente algunos alumnos avisados que confeccionan el informe de Física “al revés”, es decir, a partir de los resultados finales apetecidos calcúlense las medidas que debieron hacerse.

Como consecuencia de todo ello, los alumnos no aprenden más contenidos procedimentales que los meramente manipulativos. El resto puede que los aprendan en el aula o en alguna otra situación didáctica de peor o mejor manera, pero estamos seguros de que, si las actividades de laboratorio están concebidas de la forma que acabamos de exponer, no pueden aprenderse los contenidos procedimentales que se relacionaron en el anterior capítulo.

Las razones por las que el uso del laboratorio es obsoleto y desfasado, más propio del modelo didáctico de los años cincuenta, y completamente incoherente con el modelo constructivista son varias. Entre ellas destacamos:

a) Que la elevada ratio alumnos/profesor dificilmente permite cualquier innovación en este campo.

b) Que la organización general de un centro de secundaria, cerrada y rígida, en la que los períodos de una hora (o menos) se suceden sin solución de continuidad de una asignatura a otra, no permiten que el alumno permanezca un tiempo superior a un período lectivo normal en el laboratorio.

c) Que los programas de contenidos conceptuales son densos y consumen una elevada cantidad de tiempo lectivo con detrimento de las actividades prácticas.

d) Finalmente, que los profesores no tienen claro cómo introducir el modelo constructivista en el laboratorio y mucho menos, cómo arbitrar métodos de evaluación específicos de estas actividades.

Conscientes de este estado de cosas, ante la necesidad de armonizar las actividades de laboratorio con las tendencias constructivistas que en gran medida ya presiden las actividades de aula, iniciamos nuestra investigación, tendente a proponer un modelo de TP que permita el aprendizaje de los contenidos procedimentales del currículo de Ciencias y que eleve al laboratorio al lugar que le corresponde como recurso para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza.

Como primer paso, realizamos un sondeo de opinión entre profesores y alumnos de nuestro entorno en la etapa de Secundaria, con objeto de valorar el estado actual de una serie de cuestiones relativas a:

a) Qué orientación tienen las actividades experimentales propuestas en los libros de texto y manuales de laboratorio.

b) Con qué frecuencia se realizan TP en el medio escolar habitual.

c) Cómo es la formación de los alumnos en cuanto al conocimiento de contenidos procedimentales de las ciencia.

Para lo primero se analizaron un total de 47 libros de texto, 21 manuales de equipos experimentales y 25 manuales de prácticas. Pudimos comprobar que únicamente el 28% de los TP incluidos en los libros de texto responden a una situación problematizada y escasamente el 43% de los incluidos en los libros de texto. La actividad creativa y el pensamiento divergente están totalmente olvidados en el diseño de estos trabajos, tan sólo un 14,3% pide a los alumnos que elaboren un posible diseño experimental. Prácticamente el 86% del material examinado (85,7% en libros de texto, 84% en libros de prácticas y 100% en manuales de laboratorio) presenta los TP de forma cerrada, donde los alumnos se limitan a seguir una serie de instrucciones detalladas donde sus opiniones y decisiones apenas tienen influencia.

En cuanto al segundo apartado, los profesores encuestados permitieron confirmar que un 60% realiza TP habitualmente, siendo estos un 50% los realizados en BUP y un 20% en COU. La utilización del guión cerrado asciende al 80%, con explicación previa a la entrada al laboratorio un 32% y solo el 16% utiliza guiones con aspectos abiertos que pongan al alumno en situación de especular. Un 8% emplean el período de prácticas continuado, un 24% lo hacen trimestralmente y los que sincronizan las prácticas con la marcha de los tratado en el aula asciende al 38%. La práctica totalidad de los profesores encuestados reconoce que los aprendizajes hechos en el laboratorio son mínimos, que se necesita un nuevo enfoque para los TP y delatan como causas fundamentales para el mantenimiento de este estado de cosas la organización rígida del centro y la elevada densidad de los programas teóricos.

En cuanto a la investigación realizada sobre los alumnos, un 71% de estudiantes de 1º de Magisterio (esp. Educación Primaria) manifiesta haber pasado por un laboratorio, un 71% manifiesta conocer el método científico, si bien tan solo el 9% sabe enumerar el orden natural de sus etapas. El resto de las indagaciones nos permitieron concluir que las prácticas que

actualmente hacen los alumnos no contribuyen a mejorar el conocimiento de lo que es hacer ciencia ni favorecen la construcción significativa de conocimientos, aunque si enriquezcan habilidades, aprendizajes empíricos, rutinas de trabajo, etc.

Como puede verse, se impone un cambio en profundidad en la forma de utilizar el laboratorio, con objeto de que pueda tener lugar en ese contexto, el aprendizaje de los contenidos procedimentales programados en el DCB. Y ese es precisamente el objetivo de nuestra investigación, que se apoya en una primera hipótesis:

Es posible renovar en profundidad el modelo de empleo del laboratorio escolar y adaptarlo a las directrices del modelo constructivista. De este modo, el laboratorio se convierte en la más eficaz herramienta para el aprendizaje de todo tipo de contenidos procedimentales.

Nuestra afirmación se basa en los trabajos realizados por Payá (1991), Salinas (1992), Gil y Valdés (1996) y González (1992), entre otros. Pese a las aportaciones de estos autores es poca y escasa la información que al respecto tienen los profesores acerca de cómo desarrollar los TP de enfoque constructivista. Por otro lado, la realidad cotidiana de un centro resulta altamente adversa a cualquier intento de modernización, ya no solo por la rigidez de horarios y la densidad del programa teórico ya mencionados, sino también por la pequeñez de los laboratorios, diseñados para prácticas-receta, la inercia de los alumnos, que fuerzan a toda aquella situación en la que se les diga qué tienen que hacer, la estructura y concepción de los equipos experimentales, encaminada a hacer la mayor variedad de experimentos con un mínimo de materiales, lo que supone un fuerte dirigismo.

En la enseñanza universitaria el panorama es menos sombrío ya que, la mayor madurez de los alumnos unida a una concepción del horario de clases más liberal y abierta que permite considerar las horas de laboratorio como “a mayores de las clases”, permite en mejor medida imprimir una dinámica renovadora a los TP.

Todo ello nos llevó a subdividir la anterior hipótesis de trabajo en dos subhipótesis más concretas:

Pueden llevarse a cabo actividades de laboratorio bajo la forma de problemas experimentales abiertos, diseñados por transformación de los TP tradicionales, que pueden sustituir ventajosamente a las habituales prácticas-receta, propiciando el aprendizaje significativo de la gran mayoría de los contenidos procedimentales presentes en un currículo moderno de ciencias.

Se pueden desarrollar actividades de laboratorio bajo la forma de Pequeñas Investigaciones que, convenientemente diseñadas y tuteladas por el profesor, pueden propiciar el aprendizaje de todos aquellos contenidos procedimentales que no pueden ser aprendidos mediante los TP-receta que habitualmente se realizan en los centros.

Como puede verse, la idea que preside nuestras actividades investigadoras es que resulta factible sustituir los actuales TP por actividades experimentales abiertas de enfoque constructivista, que permitan lograr lo que hoy no se puede, siempre que dicha sustitución sea posible (como parece que es en estudios universitarios) y en caso de que no lo sea, es posible realizar actividades que complementen a los actuales TP y permitan que los alumnos aprendan los contenidos procedimentales que actualmente no aprenden, lo cual es el caso de la Enseñanza Secundaria.

Dada la naturaleza de los aprendizajes que en estos modelos didácticos se contemplan, resulta obvio que el método de evaluación de dichos aprendizajes deberá ser adaptado a ellos. Por ello, tras la oportuna reflexión, formulamos una segunda hipótesis de trabajo:

Es posible arbitrar medios evaluativos que permitan valorar selectivamente el grado de aprendizaje de los contenidos procedimentales efectuado a través de los TP constructivistas hechos en el laboratorio.

Con arreglo a todo ello, iniciamos dos líneas de trabajo paralelas tendentes a un mismo fin, que no es otro que verificar las hipótesis 1ª y 2ª.

2.2 PLANIFICACION DE LA PRIMERA LINEA DE TRABAJO

La primera línea de trabajo se centraría en la creación de un modelo de realización de TP constructivistas y su método evaluativo propio, capaz de sustituir a las actuales prácticas-receta que, en principio, sería aplicable en el ámbito universitario y, en el supuesto de que las dificultades organizativas (hoy insalvables) que aquejan a los centros de Secundaria, llegaran a desaparecer, el modelo sería inmediatamente implantable allí.

Para ello, nos fijamos una serie de objetivos de trabajo:

1. Analizar el estado actual de los TP, revisando libros de texto, manuales de laboratorio y encuestando al profesorado y a los alumnos.
2. Seleccionar un conjunto de TP clásicos y redactar documentos-guía de actividades para los alumnos por transformación de los correspondientes guiones y en sustitución de estos, inspirados en la secuencia natural de toda investigación científica: planteamiento del problema, formulación de hipótesis, diseño experimental, experimentación y análisis de resultados y elaboración de conclusiones.
3. Disponer el método que asegure la implicación del alumno en todo tipo de actividades propias de un proceso de aprendizaje constructivista (búsqueda de información, propuesta de hipótesis razonables, trabajo en equipo, diseño experimental, análisis de resultados, etc.)
3. Diseñar un método de evaluación del nivel de aprendizaje de las habilidades de investigación alcanzadas por los alumnos.
4. Aplicar en años sucesivos uno y otro modelos sobre grupos de alumnos, analizar sobre la marcha cuantos resultados y observaciones de campo se hagan y, en función de ellos, introducir las pertinentes modificaciones con objeto de optimizar ambos modelos.

La segunda línea de trabajo tendría por objeto diseñar un tipo de actividades experimentales que reprodujeran lo más fielmente posible las situaciones propias de una auténtica investigación científica, con objeto de proporcionar a los alumnos no solo la

oportunidad de experimentar “en vivo” todo el proceso de creación del conocimiento, sino para darles una visión lo más realista posible de cómo es este proceso.

Estas actividades no tendrían carácter sustitutorio de los TP tradicionales, sino complementario, ya que tendrían como finalidad el posibilitar el aprendizaje de aquellos contenidos procedimentales que no se aprenden en los TP-receta.

Para ello, nos marcamos los siguientes objetivos de trabajo:

1. Analizar el estado actual de los TP a través de los libros de texto, manuales de prácticas, encuestas a profesores y a alumnos.
2. Diseñar las características que ha de tener un tema que pueda ser objeto de este tipo de actividad.
3. Seleccionar temas que puedan dar asiento a estas actividades, a partir de la bibliografía especializada, previamente seleccionada.
4. Diseñar la secuenciación de actividades y las condiciones de trabajo para llevar a feliz término este tipo de TP.
5. Diseñar un método de evaluación específico.
6. Aplicar los diseños realizados sobre grupos de alumnos durante varios años, y a través de un proceso de evaluación continua, ir perfeccionando el modelo.

En conjunto, la investigación se llevaría a cabo en tres años, el primero de los cuales se invertiría en plantear el problema y en crear los materiales y los diseños para una y otra líneas (documentos guía, selección y preparación de temas PIT, programaciones de las actividades en ambas líneas, adaptaciones del laboratorio para ambos casos, diseño del modelo evaluativo específico, etc.) y los otros dos se invertirían fundamentalmente en aplicar los diseños sobre grupos de alumnos, hacer acopio de información, analizar resultados intermedios y en función los resultados, introducir las pertinentes modificaciones tendentes a optimizar los diseños. Finalmente, una vez concluida esta fase, se procedería al análisis final y extracción de conclusiones generales de la investigación.

Ambas líneas de trabajo se llevaron paralela y simultáneamente. Ello permitió ahorrar numerosos esfuerzos, lo que supuso avanzar más y mejor en ambas. Así, por ejemplo, el estudio del estado actual de los TP en el entorno fue realizado por ambos grupos de trabajo. Otros temas, como el estudio de las interacciones personales a lo largo del trabajo de los alumnos, la aplicación de los diagramas “V” de Gowin como herramienta evaluativa o la técnica de corrección de informes finales, fue trabajada por uno de los grupos y sirvió para el otro. También eran frecuentes las reuniones de trabajo para enjuiciar aspectos problemáticos surgidos de una u otra línea, indistintamente.

2.3. ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DE LOS TP EN EL ENTORNO

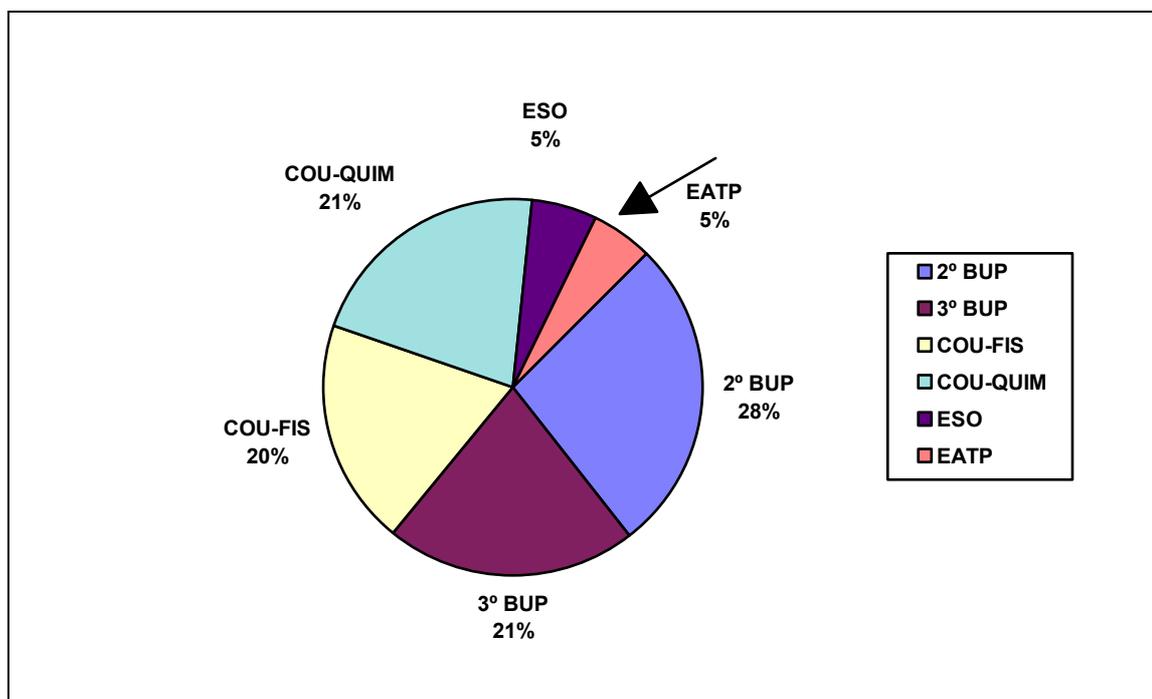
2.3.1. Encuesta a Profesores de Secundaria

El trabajo se inicia durante el curso 94/95 ante la inquietud presente en nosotros por los resultados obtenidos con las prácticas tradicionales y el enfoque que generalmente suele darse al trabajo de laboratorio. Empezamos por realizar una consulta mediante **Cuestionario** a un número extenso de **Profesores de Secundaria** de los Institutos de Bachillerato del entorno, recabando su opinión acerca de distintos aspectos significativamente valorables del modo de hacer y construir la ciencia a través de los TP.

Después de consultarles sobre si el centro disponía de laboratorios y material adecuado a las necesidades que la realización de este tipo de actividades comporta, y si tenía en servicio disponible alguna dependencia especial, en la que pudieran desarrollarse por parte del departamento actividades en periodo continuado sin interferencia con los horarios establecidos para los alumnos (de la cuál sólo disponía un 14%), se pregunta sobre aspectos claves del aprendizaje conseguido con los alumnos y la relación con los objetivos y la forma en que los TP son llevados a cabo. Y aunque son muchos los matices revisados, todos ellos de interés, vamos a resumir (siempre en cifras aproximadas) lo más significativo de los resultados, desde el punto de vista del enfoque de esta investigación:

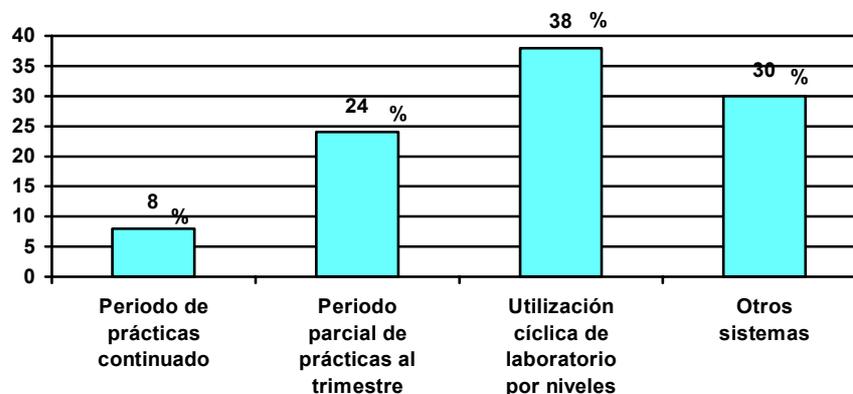
- El hecho de que sólo un 14% de los Institutos de Secundaria disponga de alguna dependencia auxiliar, en la que el profesor de ciencias con determinados grupos de alumnos, pueda de forma continuada, sin interferir en los horarios establecidos del centro ni en los turnos de trabajo experimental del resto de los grupos, trabajar en

investigaciones más largas de duración, que impliquen dejar montados materiales, ya es un dato que va en contra del diseño de TP que las nuevas orientaciones de la enseñanza en secundaria prescriben.



Porcentaje de distribución de cursos con los que normalmente se hacen los trabajos prácticos en Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

- Realizan prácticas de laboratorio habitualmente a lo largo del curso académico un 60% de profesores, siendo de éstas un 50% las realizadas en BUP, un 20% en COU y el resto en otros niveles, con el reparto que puede verse en el siguiente cuadro.
- La utilización del guión cerrado lo ponen en práctica un 82% del profesorado, con explicación previa a la entrada al laboratorio de lo previsto a realizar un 32%, y solo un 16% utiliza guiones que tienen aspectos abiertos en los que el alumno debe especular con sus conocimientos.
- La media en número de experiencias llevadas a cabo a lo largo de un curso académico se cifra entre 6 y 7, para las cuáles se utiliza una media de 8 periodos lectivos y siendo éstas, en su mayoría, desarrolladas en utilización cíclica del laboratorio por niveles. Las distintas formas de utilización pueden observar en el gráfico siguiente.



Quiere esto decir que es un periodo lectivo (aproximadamente 50 minutos) los que un profesor utiliza para la realización de una experimentación, y que ante esta premura de tiempo sea imprescindible que cuando el alumno llegue al laboratorio se encuentre el montaje necesario para su trabajo ya preparado, y después de una rápida explicación por parte del profesor de lo que allí se pretende indagar o medir y del modo de llevarlo a cabo, pase el alumno a realizar la práctica sin saber, en la mayoría de los casos, lo que está haciendo. Por consiguiente el planteamiento del problema por parte del alumno, el estudio bibliográfico, la emisión de hipótesis, diseño experimental...etc. están en este modelo de laboratorio fuera de sitio.

En cuanto a los **objetivos que el profesorado pretende conseguir**, se reflejan en la siguiente tabla en Porcentajes:

ASPECTOS QUE LOS PROFESORES DE SECUNDARIA EN ACTIVO CONSIDERAN IMPORTANTES A LA HORA DE REALIZAR LOS TP	Porcentaje de profesores que valoran cada uno de esos aspectos (N =50) %
1- Para conseguir conocimientos	14
2- Para afianzar conceptos fundamentales	92
3- Para conseguir habilidades y destrezas manipulativas	88
4- Para que se familiaricen con las técnicas habituales del Trab. Exper	92
5- Para que aprendan a tabular y hacer gráficas	84
6- Para que aprendan a diseñar experimentos	8
7- Para que aprendan a formular hipótesis	34
8- Para que aprendan a seguir la metodología científica	60
9- Para que aprendan el manejo de la bibliografía	10
10-Para que aprendan a redactar un informe a la usanza científica	66
11- Otros.....	2

- Los objetivos que fundamentalmente el profesorado de secundaria persigue cuando realiza TP, según se constata en los resultados, esto es en mayor medida afianzar los conceptos fundamentales, conseguir habilidades y destrezas manipulativas y que aprendan a tabular y hacer gráficas, ya que el seguimiento de la metodología científica son un número inferior de profesores los que dicen intentarlo.
- Lo que manifiestan haber conseguido con sus alumnos es exactamente lo que perseguían (la respuesta nº19 del cuestionario indica) [3> 4> 2> 5> 1> 8> 10> 6> 7> 9> 11], por ello, está claro que los aspectos relacionados con el seguimiento de una metodología científica y aproximación al trabajo de un científico están lejos tanto de intentarlo como de conseguirlo.
- A través de las respuestas a los ítems nºs 6, 7 y 9 de la tabla, se aprecia cómo los profesores infravaloran aquellas características relacionadas con aspectos más creativos

de la naturaleza de la ciencia, propios del pensamiento hipotético- deductivo y sin embargo dan importancia a aspectos que por si solos dan una visión simplista y limitada del trabajo científico, reduciéndolo a aspectos meramente manipulativos. Por tanto los datos son lo suficiente indicativos para poder reafirmarnos en que los profesores transmiten una concepción empirista de la ciencia, que será, en lógica, la que reciban los alumnos.

- Los informes que los alumnos presentan, en el mejor de los casos, un 74% son repetición del guión de prácticas que se les ha entregado completado con tablas y gráficas. Algo que con esa visión de la práctica de la ciencia que se transmite, es lógico esperar.
- Es un 46% el que opina que el laboratorio le aprovechan poco los alumnos, frente a un 44% que creen que es mucho.

Vuelven a evidenciar estos datos, siempre en opinión del profesorado, que lo que con este diseño y orientación de TP se persigue es lo que parece conseguirse. Hay que decir por nuestra parte que eso es lo que se alcanza, en el mejor de los casos, ya que los objetivos perseguidos en lo referente al conocimiento de cómo se hace la ciencia, son enormemente escasos.

- Aunque al 58,5% de los estudiantes el laboratorio les resulta estimulante y divertido, cuando se les pide un trabajo algo que es más de lo habitual, son del orden del 86% los que no les interesa.

Este es un aspecto por el que los enseñantes venimos luchando a brazo partido, y es el poco interés que un elevado número de alumnos muestra por aprender, sea lo que sea, si es que esto les supone esfuerzo. Es común entre los estudiantes el dejar todo para el final, que después por ser tarde, hace las cosas apresuradas sin reflexionarlas y lógicamente escasas y mal. Los métodos y hábitos de trabajo que requieren este tipo de TP no entran dentro de un sistema de trabajo de dejar las cosas para el final

Si queremos que se impliquen más en los trabajos hay que establecer periodos cortos de finalización, fijados de antemano, y trabajos de desarrollos simples, para que así el hábito y continuidad en el esfuerzo sea ligeramente mantenido.

- El gusto por el trabajo es equipo aunando esfuerzo, si es manifestado (56%).
- Las dificultades que el profesorado manifiesta tener a la hora de desarrollar los TP, son fundamentalmente la amplitud de los programas de contenidos teóricos, y los derivados de la organización de los centros. Esto se pone de manifiesto de forma muy clara en los porcentajes extraídos de esta encuesta.

De toda la encuesta se deduce una vez más, a través de la opinión del profesorado, que los TP que se llevan a cabo en los I.E.S. son de tipo ilustrativo y recetísticos, muy lejos de lo que supone el aprendizaje del trabajo de un científico, y no llevan a la construcción significativa de conocimientos, ni a la obtención de Objetivos de Procedimiento, que deben estar siempre presentes en un currículo de ciencias. Si bien hay un marcado interés por desarrollarlos (según las respuesta al ítem nº 4 del cuestionario, 50% realizan habitualmente TP, y un 40% que lo hacen esporádicamente), como se muestra en el 90% que los realizan, y que es indicativo de que a la mayoría los TP les parecen importantes.

Se puede concluir que estos resultados reflejan fielmente la situación actual de desarrollo de los TP en Secundaria, y por tanto los alumnos que se reciben en la Universidad presentan unos niveles sumamente bajos del conocimiento del cómo se hace la ciencia. De ahí que nuestro planteamiento en esta investigación sea el indagar el modo y manera de poder llevar a cabo TP con enfoque constructivista, donde los aprendizajes sean significativos, la metodología científica sea adquirida por una mayoría de alumnos, los objetivos que nos hemos propuesto sean logrados, y a la vez, busquemos la posibilidad de su puesta en funcionamiento con los alumnos dentro de la universidad.

DIFICULTADES MÁS IMPORTANTES ENCONTRADOS POR LOS PROFESORES DE SECUNDARIA A LA HORA DE LLEVAR A CABO LOS TRABAJOS PRÁCTICOS	Porcentaje de profesores que manifiestan tener cada una de las dificultades expresadas (N=50) %
1- De organización del centro (horario rígido de clases).....	82
2- Falta de coordinación y cooperación en el seminario.....	8
3- Programas teóricos excesivamente densos.....	82
4- Laboratorios insuficientes.....	14
5- Dotación de material insuficiente.....	20
6- Falta de motivación profesional.....	10
7- Excesivo número de alumnos.....	2
8- Falta de motivación del alumno.....	6
9- Falta de profesorado con horas disponibles.....	2
10-Bajo rendimiento en relación con el esfuerzo.....	2

Estudios realizados por otros autores (Praia, J. y Cachapuz, F., 1994) de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria, o (Thomaz et al., 1996; Mellado Jiménez, 1996) sobre concepciones de los futuros profesores de ciencias, refrendan las conclusiones obtenidas por nuestra parte.

Se hace necesario que los profesores conozcan aspectos relevantes de la naturaleza de la ciencia (dimensión epistemológica), y saber cómo transmitirla a sus alumnos. Una visión particular sobre ella, influye no sólo en lo que se enseña sino en cómo se enseña, y son muchos los profesores y futuros profesores que poseen una comprensión muy alejada de la actualmente defendida por los filósofos contemporáneos, opinión ésta defendida por muchos autores, como por ej. Dillon et al. (1994); Lakin y Wellington (1994); Praia, J. y Cachapuz, F. (1994); Guilbert, L. y Meloche, D. (1994).

2.3.2 Conocimiento de la Metodología Científica por parte de los alumnos

Después de constatar la opinión del profesorado, es lógico que ésta se contraste con el conocimiento que sobre la práctica de la ciencia tienen los alumnos. Por ello se procedió en un principio (y se ha seguido repitiendo a lo largo de los demás años que ha durado la investigación) **a pasar un Cuestionario a los alumnos** previo al inicio de su trabajo experimental donde se les cuestionaba acerca del conocimiento que éstos poseen de lo referente

al seguimiento de la metodología científica en una investigación, así como, de las experiencias que habían desarrollado dentro de un laboratorio, en caso de que en él hubiesen trabajado. De las respuestas que dieron evidenciamos lo siguiente:

- Los alumnos de 1º de Maestro, especialidad Educación Primaria, de la asignatura Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica (Física), manifiestan haber pasado por un laboratorio aproximadamente un 70% de ellos.

Esta 1ª respuesta evidencia lo que justificaremos más tarde, y es que son muchos los alumnos que cursan esta asignatura no teniendo más conocimientos de Física que los que se imparten a nivel de 2º de BUP, siguiendo el resto de los cursos con asignaturas no específicas de ciencias.

- La mayoría, alrededor del 70% conocen el método Científico de nombre
- La enumeración lógica ya les resulta más confusa (y repetirla letaniacamente, no quiere decir que entiendan qué es), pero sin embargo el memorismo es mayor en los alumnos procedentes de Letras que los de Ciencias (no olvidar que los de letras, en Filosofía estudian el Método Científico). Los resultados que presentamos a continuación de las respuestas a la pregunta nº 5 del cuestionario, deben hacernos reflexionar sobre la efectividad que buscamos con la realización de los TP

Respuestas de los alumnos cuando se les pide que Enumeren en orden lógico de realización, los pasos de los que consta todo trabajo de investigación	Alumnos que SI han pasado laboratorio (N =112)		Alumnos que NO han pasado laboratorio (N =49)	
	%	(sd.)	%	(sd.)
Responden Perfectamente	8,9	(0,027)	24,5	(0,061)
Tienen idea	81,3	(0,037)	69,4	(0,066)
Responden de forma incorrecta o no saben	9,8	(0,028)	6,1	(0,034)

Cuando les cuestionamos simples matices de orden (que suponen una pequeña comprensión del método) que son necesarios en la investigación (ítem nº 6 del Cuestionario), aparecen los desequilibrios y son del orden de un 32% en total, los que justifican correctamente el porqué de lo preguntado, que siguen siendo mejores respuestas las correspondientes a los que

no han practicado laboratorio. En el mejor de los casos conocen los pasos a seguir como una receta esquemática que no tiene pérdidas. Hay que decir que entre los que si han estado en el laboratorio algunos ha sido para experiencias de cátedra.

- En cuanto a las normas importantes a seguir dentro de un laboratorio cuando se desarrollan los TP, son poco conocidas (pregunta nº 7), y tampoco son recordadas las prácticas realizadas en años anteriores. Es más, incluso los aparatos sencillos y comunes en uso dentro de un laboratorio son ligeramente más conocidos, entre los que no han cursado laboratorio que entre los que si lo han cursado.

Estos resultados son lo suficiente indicativos para reafirmarnos en que las prácticas tradicionales no contribuyen a mejorar el conocimiento de lo que es hacer ciencia, ni favorecen la construcción significativa de conocimientos, aunque si enriquezcan habilidades, aprendizajes empíricos, rutinas de trabajo, ..etc.

2.3.3 Análisis de Bibliografía de Libros de Texto y de Prácticas

La imagen del trabajo científico y el grado de familiarización con la metodología científica que transmiten los libros de texto y los distintos manuales específicos sobre prácticas de laboratorio, suelen ignorar algunas de las características esenciales del trabajo científico ligados al carácter hipotético - deductivo de este camino, infravalorando los aspectos creativos de la naturaleza de la Ciencia, como son la imaginación en el diseño de experimentos, la emisión de hipótesis y el carácter no dogmático que esta ciencia tiene. Es decir, se está dando en ellos una imagen confusa y distorsionada de lo que es la práctica de la ciencia, y además los TP que allí se presentan no tienen el carácter abierto que debe tener el adiestramiento de la práctica de la ciencia.

Todo este tipo de material tiene más bien como norma resaltar los aspectos manipulativos, omitiendo fundamentalmente aquellos aspectos esenciales de la metodología científica. No se le sugiere en ningún momento al alumno la realización de aquellas tareas unidas al carácter de la práctica de la ciencia, como pueden ser : plantearse el problema, búsqueda bibliográfica, formular hipótesis, diseñar experimento,... etc.

Este carácter empirista que presentan los libros, manuales y demás textos escritos que utilizan los alumnos, como vamos a constatar de los resultados de la investigación realizada en este tipo de materiales, es el que transmiten una gran parte de los profesores de Física y de Química.

La **muestra de textos editados hasta 1997**, ha sido tomada de:

- Libros de BUP, COU y de Física General a nivel de 1º de carreras universitarias que los centros de Secundaria poseen en la Biblioteca para uso normal del profesorado y alumnado del centro.
- Los Manuales de Equipo editados por las casas comerciales que suministran los materiales de laboratorio en los centros de enseñanza.
- Los Libros o Manuales de Prácticas más comunes al uso entre las editoriales que diseñan material para la enseñanza.
- Los Manuales elaborados por los distintos departamentos dentro de la Universidad para llevar a cabo las prácticas con sus alumnos en niveles de 1º de carreras universitarias.

En este estudio, hemos utilizado como soporte básico para el análisis el Cuestionario diseñado a tal fin por Payá (1991), cuyo modelo con los resultados obtenidos por nuestra parte se presentan a continuación de forma fragmentada.

Con este Cuestionario se ha tratado de comprobar, en primer lugar, si el libro de texto incluye TP, verificándose que sólo un 63,6 % lo hacen, algo que debería ser normal en todo libro de uso entre estudiantes, proponiendo paralelamente a los conceptos teóricos trabajos prácticos que le integren al alumno en la metodología de la ciencia. Ambas partes deberían estar interconectadas con objeto de llevarle al alumno a una visión más integral, global y real de la naturaleza de la ciencia y la forma de practicarla, reuniendo esta característica tan sólo un 9,1 %.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TEXTOS ANALIZADOS			
ASPECTOS SEÑALADOS	Libros de Texto (N=50) %	Manuales de equipos (N=20) %	Manuales de Prácticas (N=25) %
1.- El libro incluye trabajos prácticos	63,6	100	100
2.- Aparecen trabajos prácticos como punto de partida para introducir el tema	0	0	0
3.- Aparecen trabajos prácticos al final de los tema como actividades de simple ilustración de conocimientos teóricos (leyes, etc.) ya vistos en el mismo	45,5	0	0
4.- Aparecen trabajo prácticos integrados al desarrollo del tema.	9,1	0	0
5.- Aparecen trabajos prácticos únicamente al final del texto....	9,1	0	0
6.- Incluye el texto trabajos prácticos caseros.....	18,2	0	0

Un análisis de las características específicas de los trabajos prácticos incluidos en ellos, (utilizando también para ello el modelo de cuestionario diseñado por Payá, 1991), nos informa que responden a una situación desproblematizada, ya que incluso **los libros o manuales de prácticas que están editados y redactados expresamente a ese fin, ni uno sólo presenta las actividades con el objetivo de que sea el propio alumno el que concrete y llegue a plantear el problema motivo de la investigación.**

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS QUE DEBEN PRESENTAR LOS TRABAJOS PRÁCTICOS						
CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE CADA TRABAJO PRÁCTICO	Prácticas en Libros de texto		Prácticas en Manuales de equipo		Prácticas en Libros o manuales de prácticas	
	(N = 496)		(N =560)		(N=740)	
	%	(sd)	%	(sd.)	%	(sd.)
1.- Se propone a los alumnos que planteen el problema a investigar	0	0	0	0	0	0
2.- Responde, al menos, al planteamiento de una situación problematizada	42,9	(0,024)	0	0	28,6	(0,017)
3.- Se pide búsqueda bibliográfica, o al menos, se hace referencia al marco teórico dentro del cual se sitúa el trabajo práctico	51	(0,022)	0	0	41,9	0
4.- Propone a los alumnos la emisión de hipótesis ..	0	0	0	0	0	0
5.- Se hace, al menos, referencia a posibles hipótesis, aunque no se pretenda la emisión de las mismas por parte de los alumnos	14,3	(0,016)	0	0	0	0
6.- Propone que los alumnos elaboren algún diseño experimental con el fin de contrastar hipótesis o consecuencias derivadas de las mismas	14,3	(0,016)	0	0	16	(0,013)
7.- Se propone a los alumnos (o se realiza al menos por el autor), alguna reflexión acerca del campo de validez de los resultados obtenidos	0	0	0	0	16	(0,013)
8.- Se hace referencia a la validez limitada del experimento, insistiendo en que se considere su coherencia o no con los obtenidos por otros equipos y, en general, por la comunidad científica	0	0	0	0	0	0
9.- Da una imagen no cerrada de la investigación científica abriendo nuevas perspectivas	14,3	(0,016)	0	0	24	(0,016)
10.- Es un trabajo práctico tipo “receta” con las instrucciones detalladas a seguir	85,7	(0,016)	100	0	84	(0,013)

De la tabla se deduce que únicamente un 28,6 % de los TP incluidos en los libros de prácticas, responden a una situación problematizada, sin llegar a pedir expresamente la formulación de dicho problema y escasamente el 43 % de los incluidos en los libros de texto. La referencia al marco teórico en el que se sitúa la investigación es lo más significativo de los trabajos que presentan.

La actividad creativa y el pensamiento divergente están totalmente olvidados en el diseño de estos trabajos, tan sólo un 14,3 % pide a los alumnos que elaboren algún posible diseño experimental, lo cual impide conocer las ideas y pensamientos de los alumnos, y por consiguiente poder intervenir en ellos encauzándoles hacia cambios y reorientaciones.

Prácticamente el 86 % del material examinado presenta los TP de forma cerrada, donde los alumnos se limitan a seguir una serie de instrucciones detalladas y donde apenas las opiniones y decisiones de los alumnos tienen influencia, puesto que casi todo está fijado y predeterminado, es decir, son prácticas cerradas (85,7 % en libros de texto, 84 % en libros de prácticas y 100 % en manuales de laboratorio) que llevan al alumno a un operativismo ciego y están destinadas a validar o falsar una teoría.

Podemos concluir que este carácter dogmático y cerrado de la ciencia, que prevé siempre la obligada confirmación de lo indagado, sin dejar interrogantes sobre las variantes posibles a encontrar en el desarrollo y confirmación de lo investigado, es el asimilado por los estudiantes, de forma que cuando practican la ciencia, les lleva a veces, incluso a cambiar los datos extraídos de sus indagaciones, con tal de que los resultados sean los previstos.

Para reforzar este análisis nos apoyamos en resultados obtenidos por otros autores (Gil y Payá, 1982 y 1988; Payá, 1991), que lo habían evidenciado anteriormente con estadísticas más amplias. De igual forma investigaciones de Nadeu y Desautels, 1984; Tamir y García Rovira (1992) evidencia el bajo nivel de apertura de indagación que presentan los TP presentes en los Libros de texto de Ciencias Naturales y Biología a nivel de BUP y COU así como muchos otros.

CAPÍTULO TERCERO

Los Trabajos Prácticos de enfoque constructivista

CAPITULO TERCERO

LOS TRABAJOS PRACTICOS DE ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA

El modelo de TP que se expone en este capítulo es el resultado de tres años consecutivos de trabajo en los que los resultados parciales sirvieron para hacer modificaciones, readaptaciones y, en general, todo tipo de mejoras que condujeron al diseño que aquí se presenta. De este diseño se hará a continuación una descripción en detalle comenzando por los elementos del mismo (documentos guía, el propio laboratorio y su organización, proyectos previos de los alumnos y el método evaluativo), continuaremos exponiendo la secuenciación de actividades en este modelo y se incluirán finalmente resultados obtenidos por nosotros mediante la aplicación del método en grupos de alumnos así como un conjunto de conclusiones.

3.1 EL DOCUMENTO GUÍA (DG).

Es un texto a través del cual el profesor introduce al alumno en el problema, sugiere caminos, plantea incógnitas, es por tanto necesariamente abierto, y por consiguiente en él no hay descripciones ni recetas que se han de seguir, ni existen caminos claros y únicos que estén marcados. Se trata por tanto, de una alternativa al tradicional “guión” que apuesta abiertamente por el modelo constructivista del aprendizaje. Ante ello el alumno ha de cambiar su actitud pasiva por un talante investigador, creativo y lleno de iniciativas donde la invención, la imaginación, la creatividad, la capacidad de plantearse nuevos problemas, la discusión de alternativas validas etc. contribuirán a su más completa formación, es decir, con esta actividad se coloca a los alumnos en situación de producir conocimiento, de explorar alternativas, superando la mera asimilación de conocimientos ya elaborados.

El Documento Guía **es un texto** necesariamente extenso y posee una estructura bien definida: Introducción a la materia objeto de estudio, que supone una puesta a punto conceptual, Reconocimiento y acotación del problema, Emisión de la hipótesis de trabajo, Contrastación de dichas hipótesis mediante la experimentación y posterior Análisis de los resultados, estructura que se ajusta a la secuencia de la metodología científica. El conjunto de actividades posee una lógica interna que evita aprendizajes desconexos y procesos excesivamente erráticos. Eso si,

exige que las actividades estén cuidadosamente estudiadas para cubrir el contenido del tema objeto de estudio. De esta forma el alumno se ve impulsado hacia una forma de trabajo típica del aprendizaje constructivista, favoreciendo la adquisición de aprendizajes significativos y objetivos de procedimiento.

Driver y Oldham (1986) afirman en lo referente a este tipo de actividades que quizás la más importante implicación del modelo constructivista en el diseño del currículo sea:

“No concebir el currículo como un conjunto de conocimientos y habilidades, sino como el programa de actividades a través de las cuáles dichos conocimientos y habilidades pueden ser construidos y adquiridos”

El alumno requiere de una puesta a punto conceptual, guiada por el Documento, ésta es una de las más arduas labores del método, ya que se trata de introducir a los alumnos en el tema ayudándoles a salvar sus inevitables limitaciones en conocimientos y recursos. Si el documento no está bien elaborado y las actividades no siguen un orden lógico para este tipo de trabajo, sino que son sueltas e improvisadas, o no son de fácil viabilidad, el Documento puede resultar para el alumno una montaña imposible de escalar y por tanto ser del todo infructuoso.

La utilización del DG **lleva consigo el trabajo en equipo**, dividiendo a la clase en pequeños grupos que van abordando las sucesivas dificultades, y al mismo tiempo se establece una intercomunicación entre dichos grupos que favorece el carácter colectivo del aprendizaje.

Este documento es clave en el diseño de este tipo de TP, ya que el alumno es un principiante en este tipo de actividad y lógicamente necesita una orientación no abierta de cuáles son los caminos a seguir.

Las **finalidades** mas importantes que se persiguen con un Documento Guía son :

- **Propiciar las reuniones de equipo**
- **Indagar en la bibliografía**
- **Elaborar y proponer ideas e hipótesis**
- **Adiestrar en técnicas investigadoras**
- **Analizar e interpretar la coherencia de los resultados**
- **Emitir conclusiones acordes a la experimentación y a la luz de las teorías científicas**
- **Evaluar problemas que queden planteados**
- **Estudiar posibilidades de nuevos caminos de investigación**
- **Aleccionar en la elaboración de un informe a la usanza científica**
- **Completar la formación teórica del alumno**
- **En resumen, prepararle para que en el futuro sea el alumno por si solo quien indague y construya su propio conocimiento.**

La **utilización correcta del Documento Guía requiere un adiestramiento**, el alumno debe estar preparado para leer lo que en él se le dice no abiertamente, sino como campo de búsqueda y de trabajo de preparación por su parte, además como algunas actividades suponen la correcta realización de las anteriores si éstas no son realizadas con corrección, puede el estudiante encontrarse totalmente desorientado. La labor del profesor en la fase preparatoria es a veces agotadora, ya que las peticiones de ayuda por parte del alumnado son enormes, y como de lo que se trata es de que sea él quien construya su conocimiento, no se le pueden decir abiertamente las respuestas, sino simplemente orientar la búsqueda de lo que necesita.

Hacer un documento guía ofrece notables dificultades, habida cuenta de que en él se ha de incluir tan solo lo justo, en él al alumno se le sugieran caminos sin decirle el modo de andarlos, desde luego, la improvisación por parte del profesor aquí está fuera de lugar. Por otro lado, un DG es algo que está siempre abierto a nuevas re-elaboraciones, retoques, añadidos, remodelaciones, ..etc. que como consecuencia de su puesta en práctica y la experiencia adquirida permite realizar y por tanto mejorar el proceso de la investigación. Es un documento donde la creatividad del docente es puesta de manifiesto, donde tiene la oportunidad de encauzar claramente los objetivos que pretende conseguir con sus alumnos, donde se desarrollan

las características de una investigación, y todo ello hace que aumenten en él tanto el interés como la efectividad de su tarea docente.

Las dificultades afectan, como acabamos de exponer, de forma decisiva al alumno, demasiado acostumbrado a recibir pasivamente unos conocimientos previamente “digeridos”. Ello hace que estos documentos, y en suma, esta forma de trabajar, pesen en su ánimo dado que aquí todo está por hacer, no hay recetas ni indicaciones precisas que fácilmente puedan seguir.

Por ello, como veremos más tarde, el adiestramiento en la lectura de un DG es necesario en los comienzos del trabajo de todo alumno que se inicie en este método. Una vez aprendido el mecanismo de desarrollarle, el camino está abierto a una mejora sustancial a la producción de conocimiento.

3.2 PROYECTOS PREVIOS

Dentro de los pasos seguidos en el desarrollo de esta investigación, **creemos que ha sido éste el que ha asegurado el éxito en la construcción de conocimientos por parte de los alumnos.**

Las personas que trabajamos en la enseñanza, sabemos de los muchos problemas existentes en ella con la metodología que corresponde a aplicar a cada situación, lo cargado de los programas del currículo, el reducido número de horas disponibles a impartir en relación a los contenidos, la variedad de alumnos presentes en cada aula sobre todo desde el punto de vista del interés y esfuerzo que cada uno pone por adquirir conocimientos, el amplio número de asignaturas a las que el estudiante tiene que dedicar su tiempo, el horario rígido que impone un centro de enseñanza,...etc.. Todo ello hace que el alumno normalmente se presente en el laboratorio en las prácticas tradicionales sin conocer nada en absoluto de lo que allí se va a llevar a cabo, ya que es común en este tipo de prácticas llegar al lugar de trabajo con la fotocopia de un guión que ni siquiera ha revisado con anterioridad, y dispuesto a llevarlo a cabo en el menor tiempo posible, lo que supone que el trabajo práctico se reduce, en el mejor de los casos, a la captación de aquellos conceptos que el profesor le da completamente triturados, o bien a seguir la receta en la que es posible que ni piense que pastel es el que quiere obtener.

Muy al contrario, en este modelo de TP, el alumno ha de documentarse sobre el tema, plantearse el problema en sus justos términos, formularse una hipótesis que ha de contrastar mediante experimentos que él decidirá y proyectará, y sólo después pasará al laboratorio a medir y observar. Además el disponer de un Documento Guía un tiempo antes de la entrada en el laboratorio para trabajar, con el condicionante de que para poder acceder a él, tiene que haber previamente presentado su Proyecto de Trabajo, que tras ser examinado por el profesor, éste decidirá si el alumno (grupo de alumnos) está en condiciones de poder iniciar su experimentación, o por el contrario tiene que retocarle, completarle, o rehacerle, es suficiente para reconocer que tiene que trabajar (está claro que no todos los estudiantes lo hacen con el mismo esfuerzo) la elaboración de este diseño.. Es decir, por este camino, el conocimiento no es recibido sino buscado realizado y analizado por él mismo.

La evaluación de este proyecto, no es desde el punto de vista calificador, sino para adecuar la preparación del alumno a las necesidades que el desarrollo de este tipo de TP requiere, intentando asegurar que se implique en el problema. **Se analiza**, por parte del profesor, la coherencia en el diseño, si la fundamentación teórica es sólida, si se han formulado hipótesis acordes a la previsión de resolución de su problema, si el diseño experimental es lógico y factible, es decir, comprobar **si están previstos a realizar todos aquellos aspectos fundamentales que hacen que su trabajo se aproxime a una pequeña investigación**. Creemos que la revisión de este proyecto, comentada con crítica constructiva directamente con el grupo de alumnos, es clave en el aprovechamiento de construcción del conocimiento por parte de éstos.

Este proyecto, después de ser revisado por parte del profesor las veces que se hagan necesarias, requiriendo las matices que anteriormente hemos indicado, se le devuelve al alumno con las indicaciones oportunas a cada situación, es decir, con las advertencias, instrucciones, consideraciones, guías, etc. que se crea necesario, con objeto de que el proyecto llegue a una completa y correcta elaboración, estando entonces ya el alumno en condiciones de acceder a la experimentación.

Con todo lo explicado, podemos por tanto esquematizar los aspectos más significativos en los que la elaboración de este proyecto marca su influencia:

- La evaluación de este documento permite la retroalimentación, modificando el proceso en función de los resultados intermedios obtenidos.
- Es un medio que mediante el cuál se le puede incentivar al alumno, ya que se obliga a tomar en serio los TP.
- Es el vehículo que permite al profesor intervenir eficazmente en el buen progreso de todos los TP que se están desarrollando.
- Es el medio que permite adelantar o diligenciar todos los aspectos teóricos, de planteamiento, indagación,...etc. que luego aparecen en la memoria final.

Resulta obligado establecer un horario de atención del profesor para que todo alumno que lo crea necesario, tome contacto con él y reciba aquellas aclaraciones que le sean necesitadas, siempre desde la perspectiva del concepto “guiar” del que venimos hablando (no se le explican con detenimiento las cosas, simplemente se le orientan los caminos para que sea él quien lo busque). Además de esta manera puede atenderse a la diversidad de aprendizajes que experimentan los estudiantes.

Este trabajo es realizado siempre en equipo de 3 ó 4 alumnos como máximo, mejor 3 que 4, pues está comprobado que cuando el número aumenta, da lugar a que alguno de los alumnos se exima casi totalmente, siendo el resto el que trabaja y se esfuerza.

Si el estudiante entra en el laboratorio a realizar su experimentación, sabiendo perfectamente qué es lo que quiere hacer, es claro que sus aprendizajes serán más completos y su formación más integral.

En este proyecto, que consistiría más bien en un estudio resumido y guiado de lo que después será el informe final, se le obliga al alumno a realizar previo al TP los siguientes estudios:

- **Teórico** del problema motivo de investigación, guiado mediante el Documento Guía.
- **Bibliográfico** tanto teórico como práctico de lo relacionado con su problema.
- **Diseño** experimental a realizar.
- **Variables existentes** y previstas a medir en la investigación, así como análisis de la importancia de las **condiciones en que éstas han de medirse.**

- **Registros** previstos a realizar.
- **Transformaciones** de esos registros.
- **En algunos casos, Conclusiones** que prevén obtener.

Para la realización de este proyecto se le proporciona al alumno un **Guión de pautas**, confeccionado por el profesor, que marca los aspectos más significativos a tener en cuenta en el desarrollo de su investigación. Lógicamente cuando se le entrega este guión de pautas, se le advierte que el desarrollo de los puntos indicados en el guión, serán revisados en su diseño, analizando si el tratamiento ha sido correcto, o por el contrario es necesario llamarle la atención para su rectificación o complementación. Además el alumno conoce que esos aspectos han de estar presentes en su Informe Final, y que la evaluación y valoración va a realizarse en función de cómo se han desarrollado esas pautas.

El diseño de “**guión de pautas**” indicativas que hemos utilizado ha sido el diseñado por Grau (1994), siendo éste el siguiente :

- 1 -¿Qué problema se investiga?, ¿Puede formularse en forma de pregunta?
- 2 -¿Puede formularse alguna hipótesis?, ¿Es posible avanzar alguna respuesta al problema?
- 3 -¿Es posible, a partir de la hipótesis, hacer una deducción que facilite el diseño del experimento?, ¿Se puede relacionar la hipótesis con el experimento?
- 4 - ¿Qué factor/es modificarás a lo largo del experimento?, ¿Cuál es la variable independiente ?
- 5 - ¿Qué resultado prevés observar?, ¿Cuál es la variable dependiente?, ¿Cómo lo observarás?
- 6 - ¿Cómo te aseguras de que los resultados dependen de las modificaciones que has introducido?
- 7 - ¿Qué aparatos o instrumentos necesitarás?
- 8 - Elabora por escrito una planificación de la investigación. Divide el proceso en varias etapas y explica qué harás y por qué.
Una vez elaborada la planificación discútela, con el profesor o profesora, puede ser necesario introducir alguna modificación.

3.3 ORGANIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

La organización de los TP concebidos como pequeñas investigaciones, con construcción significativa de conocimientos, suponen la existencia de una organización más compleja de laboratorio que la que corresponde a las clásicas “Prácticas - receta” tradicionales.

Este tipo de actividad requiere una eficaz **correspondencia entre los espacios** en los que se desenvuelve la vida del estudiante (**Laboratorio, aula, biblioteca**, etc.) debido a que comporta actividades de estudio, indagación, cambio de opiniones, búsqueda, etc., que trascienden los límites del laboratorio. En efecto, las fases de introducción al problema, bibliografía, elaboración de hipótesis, planteo de estrategias y discusión de resultados, pueden hacerse, y de hecho se hacen, incluso en espacios ajenos al edificio escolar, siendo únicamente obligada la asistencia al laboratorio, durante las fases de experimentación.

Por otro lado se requiere una **programación temporal de las actividades** correspondientes a las distintas fases, básicamente :

- Adiestramiento
- Estudio Bibliográfico
- Proyecto Previo
- Experimentación
- Elaboración de resultados
- Conclusiones
- Evaluación de alumnos y del método

Si estas fases no se programan debidamente con anterioridad, el tiempo puede pasar sin llegar a un límite en resultados valorativos. Ya hemos dicho que la fase más larga, pero clave en el desarrollo y en la consecución de una autentica construcción de conocimientos, es la Pre-Experimental.

El **contenido sobre el que deben versar los TP**, ha de ser sencillo, algo que esté a su alcance tanto conceptual, como de desarrollo experimental, salvando aquellos detalles que en esta última parte precisarán de las pautas del profesor. Es decir, los contenidos deben ser

conocidos por el estudiante y por tanto avanzados en el aula, insistimos que es importante que la dificultad no esté precisamente en la falta de dominio de la parte conceptual.

No se trata de que el alumno trabaje como un investigador que esté en vanguardia, sino que actúe como aprendiz de lo que es su línea de trabajo cuando actúa en normalidad. Por ello los caminos por los que ha de pasar, deben ser fáciles de recorrer, **la dificultad no debe estar en los objetivos de su investigación y en los métodos requeridos**, sino simplemente en el aprendizaje de la metodología científica. No se trata, de “engañar” a los alumnos, de hacerles creer que los conocimientos se construyen con la aparente facilidad con que ellos los adquieren, no reconociendo el carácter social y colectivo que marca los avances de la ciencia, sino de situarles en una posición por la que los científicos habituales pasan durante su formación, y durante la que podrán familiarizarse con lo que es el trabajo científico y sus resultados, identificarse con los procesos que le llevan a construir conocimiento, eso si replicando siempre investigaciones ya realizadas por otros. No debemos olvidar que el alumno no es más que eso, un aprendiz, que intenta dominar las técnicas que suponen saber hacer ciencia.

Otra dificultad añadida, de la que ya hemos hablado, es mantener los **laboratorios abiertos** a los alumnos, con objeto de que éstos puedan conocer el material de que disponen así como su manejo. Este aspecto es clave dentro de la organización de este tipo de TP, debiendo conocer el alumno con exactitud de qué días y horas dispone para ello.

El trabajo en grupo ofrece posibilidades para la reflexión, explicación, defensa de posiciones, facilita la discusión, la construcción en conjunto de significados, la aceptación de las ideas de otros, consiguiéndose con ello una comprensión más profunda del problema. Son muchos los autores que defienden los métodos cooperativos y no los competitivos (Okekula, 1985; Jhonson et al. 1985; Watson, 1991). Hay que decir que los métodos de grupo han sido hasta ahora muy poco usados en un laboratorio de ciencias.

El Test Final que pasamos a los alumnos cuando ya han finalizado totalmente el trabajo, nos da idea, como ya comentaremos, de la problemática presentada y aspectos valorables de este tipo de trabajo en grupo con laboratorio abierto. Donde se comprueba lo que es construir comprendiendo la colaboración entre iguales (compañeros), la naturaleza de las interacciones estudiante - estudiante y las del grupo con el profesor, y la visión de los estudiantes del trabajo en grupo dentro del contexto de este tipo de laboratorio.

Suele haber problemas entre los estudiantes en cuanto a la distribución de responsabilidades en la planificación del trabajo dentro del grupo, comportándose los grupos de muy diferente manera. **El liderazgo** del más aventajado es puesto de manifiesto en muchos casos, dejándose llevar por él los restantes **del grupo** y cayendo, por tanto, en un operativismo ciego. Como se ha observado que es en los grupos mayores de tres donde esta faceta se presenta más agudizada, lo que es altamente indeseable porque impide alcanzar los principales objetivos que se persiguen con esta metodología, es por lo que el grupo de tres es el que hemos considerado como más idóneo y recomendado.

Sin embargo, como acabamos de exponer, hay enorme variación en comportamiento dentro de los distintos grupos. Puede que la clasificación establecida por Roychoudhury y Roth (1996) nos encaje también a nosotros de las observaciones hechas en el comportamiento de nuestros alumnos y de su análisis. Desde luego, al igual que manifiesta Izquierdo (1994), es difícil planificar la intervención docente según el estilo de aprendizaje constructivista.

El **periodo de desarrollo** que nos parece más en consonancia para este tipo de actividad es de un trimestre, durante el cuál cada equipo puede llevar a cabo un TP. Nunca debe utilizarse el último trimestre o cuatrimestre (Explicamos que si la asignatura es cuatrimestral, debe tratar de impartirse en el primero), dado que pueden fácilmente producirse desacoples o retrasos en su evolución que impiden llegar tranquilamente a la fase de conclusiones y evaluación, ambas sumamente importantes para extraer y emitir juicios críticos acerca de las conclusiones y del aprovechamiento y de la valoración de la importancia de llevar a cabo este tipo de investigaciones, de esta forma habría margen para posteriores entregas.

El **número de TP a desarrollar** por cada grupo de alumnos, es variable, dependiendo de los contenidos del currículo a abarcar a lo largo del año académico, ya que el tiempo de dedicación a cada uno de estos trabajos es largo. Es por esto por lo que aconsejamos alternar este tipo de TP con los tradicionales o de objetivos más simples, dado que también es importante que el alumno adquiera ciertas destrezas y conocimiento del material experimental del que a lo largo de las explicaciones teóricas, los profesores somos tan dados a mencionar y poner en evidencia su utilidad o servicio.

Una vez que la técnica es aprendida, la facilidad con que otros TP similares en características son realizados aumenta, por tanto depende del criterio del profesor o del departamento el seguir o no con este tipo de TP el resto del curso académico. La facilidad adquirida para desarrollarlos se pone en evidencia rápidamente cuando la asignatura tiene continuidad en los siguientes cursos académicos y se trata de los mismos grupos de alumnos.

Es muy importante la **organización** tanto **en reparto de Documentos Guía** entre el total de alumnos integrantes del mismo nivel de Trabajos experimentales a desarrollar, como de **distribución y turno de alumnos** en los sucesivos días destinados a mantener el laboratorio abierto para la realización de éstos. La **variedad de Documentos Guía** debe ser abundante pero no excesiva, para que no sean varios los grupos de alumnos que han de desarrollar el mismo TP, es conocida la intercomunicación entre los alumnos, y que siendo ésta buena para asegurar y contrastar sus conclusiones, es mala a la hora de prepararlo porque unos copian de otros. Por otro lado, según acabamos de poner en evidencia, debido a los pocos espacios disponibles debe establecerse un turno de cursos y grupos que permita a éstos trabajar con comodidad y material suficiente.

Creemos que no deben exceder de 3 **el número de días disponibles por cada grupo de alumnos** para la realización de la parte propiamente experimental, ya que contar con un mayor número de días relaja su disponibilidad, y ante la premura de otras cosas a realizar, terminan entrando el último día con prisa y sin sosiego para realizar la experimentación y toma de medidas. De los tres días, son repartidos el primero para el montaje y situación en el problema, el segundo para toma de medidas, y siguiendo así, el tercero sería para rehacer aquello que se cree no tiene fiabilidad, o rehacer la toma de medidas si es que no se ha procedido correctamente. Está claro que si algún grupo de alumnos, por las razones que sean, siempre analizadas en justicia éstas, tiene que utilizar un día más, no debe haber rigidez en el profesor para permitirlo. No olvidar, como hemos ya explicado, que siempre se hace necesario mantener algún día más el laboratorio abierto para dar solución a las dificultades que en resolución, diseño, fallos de medidas, ,..etc. pueden encontrar los alumnos a la hora de sacar conclusiones

Consideramos necesario un **Adiestramiento previo a la realización del TP**, pues aún dentro de un constructivismo con enfoque holístico, no hay que olvidar que actividades para el aprendizaje como es el uso de un Documento Guía, requieren indudablemente ser orientadas con suficiente cuidado para que el alumno no se sienta desolado y pueda creer que él no es

capaz de llegar a su realización. Por ello, como hemos explicado anteriormente, se trabaja en el aula con ejemplos, de los que el alumno posee una copia, en **la manera de abordar la interpretación de un Documento Guía**, abriendo el profesor al estudiante los ojos con la lectura comentada y guiada de los que se han tomado como modelo, así creemos favorecer el desarrollo de una pedagogía pluralista necesaria en la enseñanza, y con esta práctica los estudiantes puedan abordar su correcta realización, lo que llevará a conseguir una buena construcción de sus conocimientos dentro de la física.

Se puede hacer uso de un modelo único de TP, entregado en forma de Documento Guía, para el total de los alumnos, que sea reflexionado con el tiempo suficiente por el grupo de trabajo y analizado con posterioridad en el aula por el profesor, para que sea entendida la forma de desarrollar y llevar a cabo la investigación con este tipo de documentos.

Teniendo en cuenta, que son bastantes los alumnos, incluso de primer curso de carreras universitarias que no han pasado nunca por un laboratorio (Como lo evidenciamos con los Cuestionarios que al inicio de esta actividad les pasamos a los alumnos), y de los que si han estado, en gran parte ha sido con guiones extraordinariamente dirigistas, se justifica nuestra actitud hacia el alumno, que si queremos que desarrolle este tipo de investigación, tiene que ser con ciertas orientaciones que le obliguen a reflexionar, y ciertos controles periódicos tanto de su labor como del tiempo que se le otorga para la realización, ya que es común entre los estudiantes dejar las cosas para el final, y luego apresurarse en su terminación, que por tarde, será pobre e incompleto el trabajo.

También se les suministran unas hojas documentativas donde se explican exhaustivamente **las técnicas más comunes de tratamiento de datos**, representación de funciones, análisis interpretativo de éstas, etc. ya que son muchos los que no lo conocen o no reconocen la necesidad de su utilización, por no haber estado situados dentro de actividades donde se hiciese necesario utilizarlo.

3.4 EL LABORATORIO Y SU ORGANIZACIÓN MATERIAL

Los laboratorios escolares actuales, tanto universitarios como de bachillerato, tienen una fisonomía y dotación material pensados específicamente para una enseñanza recetística tradicional. Se basan en la existencia de puestos de trabajo pequeños, cuantos más mejor, con sacrificio de las superficies para el desplazamiento. Ello responde a la intención de albergar a ser posible, un grupo convencional de alumnos en permanencia simultánea, inmóviles en sus puestos y atendidos por un solo profesor.

El laboratorio que mejor se adapta a los TP de enfoque constructivista ve reducido el número de puestos escolares en favor de un mayor tamaño de los mismos, y también de las superficies comunes de desplazamiento.

En cuanto al equipamiento, de forma muy especial en física, somos partidarios de los instrumentos sueltos en lugar de los equipos de área tradicionales. Estos últimos están diseñados de forma que con ellos se pueda hacer el máximo número de experimentos con los mínimos componentes, al mínimo coste material. Este óptimo económico desemboca necesariamente en el seguimiento de unas instrucciones perfectamente detalladas en la correspondiente ficha. Todo ello imprime a la actitud un fuerte carácter dirigista, opuesto al talante de la metodología que aquí se trata de seguir.

Todo ello hace necesaria la existencia de un buen almacén que contenga instrumentos y materiales, si no sofisticados, si eficaces y sólidos, lo más variados posibles, evitando las repeticiones, perfectamente ordenados y bien inventariados, de forma que el alumno pueda saber en poco tiempo de que recursos dispone para llevar a término sus propósitos.

También se hace necesaria una biblioteca técnica en el laboratorio en la que tengan cabida manuales, libros de tablas, de tratamiento de datos experimentales, instrucciones de manejo de los instrumentos, etc. Paradójicamente, en una concepción moderna de laboratorio escolar como esta, resulta muy interesante la existencia de libros y manuales de prácticas antiguos, en los que se describe con detalle los instrumentos y su manejo y se detallan técnicas de trabajo, en suma, en ellos los alumnos puedan encontrar lo que ellos buscan y que no figura en el documento guía.

Otra dificultad añadida es mantener los laboratorios abiertos a los alumnos, con objeto de que éstos puedan conocer el material tanto bibliográfico como experimental de que disponen, así como su manejo, en orden a decidir las estrategias de trabajo, diseñar el experimento y hacer los oportunos ensayos previos. Por experiencia sabemos que todo esto supone una notable sobrecarga en las horas de dedicación al centro del profesor, o de aquellas personas que pueden ayudarle.

3.5 ENTREVISTAS PRE Y POST-LABORATORIO

Son llevadas a cabo tanto con anterioridad o con posterioridad a la realización de la práctica y extracción de resultados por parte del alumno, pero en todo caso, antes de la confección del informe.

A través de despacho abierto por parte del profesor, donde éste se encuentra disponible, el alumno tiene la oportunidad de recibir el apoyo que en organización de trabajo o en reordenación de conclusiones el alumno necesite (Entrevista). Es llevada a cabo con cada uno de los distintos grupos que han realizado la actividad y que necesitan ayuda.

A lo largo del coloquio que en la entrevista se produce, el profesor puede orientar los campos de búsqueda de soluciones al problema, provocar las reflexiones oportunas que les lleven a los alumnos a esclarecer sus ideas o darse cuenta de sus errores, o bien ayudar a enfocar las conclusiones que han extraído.

En esta discusión de resultados llevada a cabo por los componentes del grupos con el profesor, le permite a éste reorientar y sintetizar, si fuera necesario, las aportaciones de los grupos, guiando la extracción de conclusiones, creando las correspondientes reflexiones de búsqueda de solución en el momento oportuno, y tratando de que descubran campos abiertos tras su investigación.

En expresión de Marín et al. (1997), “ *La entrevista individual permite analizar cómo se acomodan los esquemas cognoscitivos específicos del alumno a variaciones de los distintos factores relacionados con la tarea*”. En primer lugar, permite hacer un análisis de las respuestas a nivel de significados y no de significantes, y además se puede observar la estabilidad del

esquema mental que el alumno tiene y su capacidad de acomodarse a las peculiaridades de cada situación, forzando el esquema explicativo del alumno.

Una vez, que los alumnos hayan adquirido el status de seguridad en sus afirmaciones, apoyados en aquellas reflexiones críticas guiadas que hayan podido realizar a su trabajo, se encontrarán en condiciones de poder redactar un Informe que sea relevante en información, comprometido con su investigación y que comporte una construcción significativa de los conocimientos.

3.6. SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES

Teniendo en cuenta el gran esfuerzo que supone para el alumno la realización de este tipo de TP, y siendo ésta la primera vez que va a realizarlos, consideramos que no debe llevarse a cabo hasta aquel momento en que el profesor crea que el alumno ha adquirido los suficientes conocimientos teóricos “fundamentales y necesarios” para que sea capaz por si solo de fundamentar su trabajo, y además esté bien informado de la manera de desarrollarse el trabajo experimental utilizando un documento abierto como es el Documento Guía.

Desde que se les entrega este Documento hasta que se les exige la presentación del Informe Previo, vienen pasando alrededor de seis semanas, para que el alumno no pueda desconectar sus ideas y olvidar su compromiso. Una vez examinado el Informe, para lo cual creemos que con otros 10 ó 12 días sería suficiente, se les da la opción al trabajo experimental, en laboratorio abierto con entrada progresiva del total de los alumnos, pero con un orden preestablecido de un máximo de tres días disponibles para cada grupo concreto de alumnos, que según hemos justificado anteriormente debe ser de tres o como máximo cuatro alumnos por grupo.

También hay que decir que después de terminar el total de los grupos el trabajo experimental, hay que habilitar algunos días más el laboratorio, ya que siempre hay grupos de alumnos que han rectificado sobre la marcha hipótesis, diseños, o sencillamente que tienen que repetir la experimentación.

Con otros ocho días de margen se les exige la preparación de sus resultados, para pasar de forma sucesiva a consultar al profesor las dudas o dificultades que pueden haberles surgido. Cuando hayan pasado los distintos grupos que lo necesitaban, y con un margen aproximado de ocho días más tarde, la presentación de Informes Finales.

El esquema de desarrollo aproximado en las 12 semanas que vienen durando este tipo de trabajos, es el representado en la página siguiente..

En cuanto a la duración y momento en el que deben desarrollarse, creemos que lo ideal es un trimestre y a mediados del curso, ya que hace falta una preparación conceptual en contenidos teóricos necesarios para utilizar en la investigación. Justificamos anteriormente en el apartado de organización del laboratorio, que de ser cuatrimestral la asignatura, recomendábamos utilizar el primer cuatrimestre.

Se ha defendido anteriormente que la investigación no debe versar sobre contenidos difíciles no dominados por el alumno, sino más bien al revés que la dificultad no esté nada más que en el aprender a saber llevar la metodología que requiere la práctica de la ciencia, esto da pie a pensar que los contenidos deben haber sido avanzados en el aula, o si se quiere, pueden versar sobre contenidos básicos que se conozcan del curso anterior.

ESQUEMA CRONOLÓGICO DEL DESARROLLO DE LOS TP:

1ª Semana	Constitución de los grupos y asignación de Trabajos
2ª “	Adiestramiento en la utilización de DG, Técnicas del Trabajo Experimental y Confección de Diagramas en “V”
3ª “	
4ª “	Planteamiento y estudio del problema, Bibliografía, Emisión de Hipótesis
5ª “	
6ª “	Redacción del Proyecto Previo
7ª “	
8ª “	Correcciones y Modificaciones al Proyecto
9ª “	EXPERIMENTACIÓN EN EL LABORATORIO
10ª “	
11ª “	Redacción del Informe Final
12ª “	Examen mediante Confección de Diagramas en “V”, Elaboración de Encuestas, etc.

3.6.1. CRITERIO DE DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS GUÍA ENTRE LOS ALUMNOS

En la organización material del laboratorio, hemos manifestado la necesidad de un buen almacén con buen orden del material experimental, evitando repeticiones y de una surtida biblioteca técnica. Esta organización esta pensada en orden a que no se repitan demasiado los TP, cada modelo de Documento Guía seria ideal que lo trabajasen dos grupos de alumnos de cada aula (estamos suponiendo que hay varias aulas que recogen alumnos del mismo curso académico).

La confección de un Documento Guía, sabemos que ofrece su dificultad, siendo esto un condicionante, por el trabajo que comporta la confección de un número elevado de documentos, a pesar de ello, creemos no deben ser más de tres el número de grupos que realizan el mismo TP dentro de cada aula, de lo contrario sucede que se comunican entre si las técnicas y los resultados con lo que el aprendizaje quedaría disminuido.

3.6.2 TRABAJO EXPERIMENTAL DENTRO DEL LABORATORIO Y OBSERVACIÓN DIRECTA

Se lleva a cabo con el material de equipamiento, bibliográfico, y tiempo necesario para realizarlo. El profesor o profesores están presentes de forma continuada en el laboratorio por si se requieren del material o de las observaciones oportunas para encauzar la labor.

Por pura lógica, los alumnos tienen limitaciones de todo tipo, siendo evidente que la llamadas al profesor dentro del laboratorio se efectúa de forma constante, y dada la dificultad inicial que este tipo de TP presenta, los enfados que los alumnos se cogen ante la falta de precisión en detalles con que actúa el profesor ante su requerimiento son enormes. Es ésta precisamente una actitud que ellos critican, pues son muchos los que no llegan a comprender que el profesor no les explique exhaustivamente y con todo detalle cada uno de los pasos a seguir, e incluso se lo haga. No debemos de olvidar que es ésta la línea de trabajo a la que han sido generalmente acostumbrados en todos sus años de estudiante.

Los alumnos solicitan información de todos y cada uno de los pasos que comporta el desarrollo de su trabajo, bien porque no lo conocen o simplemente porque quieren asegurarse de si están en la línea correcta, y pretenden que la información que el profesor les transmita sea completa en detalles, del cómo se hacen y se trabajan todas las cosas. Algo que va en contra de la filosofía que guía este tipo de TP. Pues lo que pretendemos con ellos, es que sea el mismo alumno el que recorra los caminos que se le indican, que les indague y extraiga aquellas conclusiones (que una vez discutidas y analizadas) sirvan para construir su conocimiento, de forma que en el futuro sepa correctamente encontrar él los caminos.

Dentro del Laboratorio, se lleva por parte del profesor, un **Cuestionario de Observación Directa**, sencillo y corto en matices, pero de información evidente y relevante para los objetivos que con este tipo de TP perseguimos. Ya hemos manifestado anteriormente que es prácticamente imposible para un profesor que atiende con prontitud a sus alumnos, y que es requerido de forma continuada, que sea capaz de cubrir Cuestionarios exhaustivos en matices. Si el número de profesores que atienden el laboratorio es abundante pueden manejarse tablas de observación confeccionadas en base a esquemas de Tamir Nussinowitz y Fiedler (1982) de hasta 37 matices de observación. Aunque la información que a través de ellos se recaba, si es importante, es difícil de utilizar después en evaluación, dada la dificultad que la utilización de tan abundantes notas supone para el profesor. Y como lo que en esta investigación defendemos, es un método factible de ser puesto en funcionamiento dentro del régimen normal de un centro de enseñanza, este tipo de cuestionarios no los utilizamos.

Realmente la observación directa dice mucho de lo que el alumno sabe y pone en práctica, las preguntas que realiza durante su investigación, la manera de hacerlas, las dificultades que encuentra, ... etc. ponen en evidencia su preparación.

La observación es bastante informativa cuando se trabaja con grupos reducidos de alumnos. En este caso como la entrada en el laboratorio es escalonada, se trata de fijarse cada día en dos grupos, no más, para poder extraer conclusiones. Es cierto que a veces esta observación resulta engañosa, pero debemos apoyarnos en la idea Hodson (1992), que apuesta por la experiencia del profesor y la confianza que a esa experiencia debemos dar.

3.7. EVALUACIÓN

La evaluación la hacemos en base a analizar **los objetivos que perseguimos con este nuevo tipo de TP**, cuyo contenido y forma de desarrollarles ya ha sido explicada. En suma analizaremos aspectos que incluyen tanto los aprendizajes de los alumnos, como la validez del método empleado, y son los siguientes:

- 1- **Si se ha familiarizado con los métodos y procesos de la ciencia.**
- 2- **Su capacidad para abordar este tipo de problemas experimentales de forma no dirigida.**
- 3- **Si ha creado en el alumno actitudes, valores y normas propias del trabajo de los científicos.**
- 4- **Su visión de la ciencia como fenómeno social sujeto a continuas revisiones, sin dogmas ni verdades absolutas, mostrando una actitud flexible y abierta frente a opiniones diversas.**
- 5- **Su motivación y actitud positiva hacia la ciencia.**
- 6- **Si ha favorecido la consecución de los objetivos relativos al aprendizaje significativo y construcción de conocimientos científicos.**
- 7- **Si ha desarrollado su sentido de la responsabilidad en el trabajo.**
- 8- **Si ha desarrollado hábitos de trabajo en equipo.**
- 9- **Si la evaluación ha sido objetiva, integral y a la vez, incentivadora para cada estudiante.**
- 10- **Si se ha desarrollado una pedagogía pluralista, abarcando a través de los distintos eslabones del desarrollo, la variedad y diversidad de alumnos presentes en la enseñanza.**
- 11- **Si se ha impulsado el papel del profesor, en su labor de guía, alentador, crítico constructivo y consejero de sus aprendizajes.**
- 12- **Si es factible su puesta en práctica en un centro de enseñanza Universitaria.**
- 13- **Si existe proporción razonable entre el incremento de esfuerzos que este modelo comporta, tanto en el alumnado como en el profesor, y logros específicos que de su correcta aplicación se derivan.**

Los medios requeridos para evaluar el grado de consecución de los objetivos, han de reunir una serie de requisitos necesarios:

- Deben ser válidos para el tipo de conocimiento que queremos evaluar
- Deben dar una información fiable
- Esta información ha de ser lo mas objetiva posible
- Además, teniendo en cuenta la enorme y variada información que un profesor continuamente recoge, interesa que los medios de evaluación sean ágiles, no demasiado complicados de aplicar ni difíciles o costosos de interpretar.

Con todo esto, no debemos dejar de lado el hecho de que la calificación que a un alumno después de su evaluación se le otorga es subjetiva, ya que normalmente es función de los criterios que cada profesor adopta como prioritarios desde su visión del aprendizaje y de los objetivos que quiere conseguir.

La **evaluación de los aspectos relativos al alumno**, no exenta de dificultades, se dirigirá a valorar prioritariamente en qué medida éstos han alcanzado los objetivos que consideramos más importantes con el desarrollo de este tipo de actividades, se llevara a cabo utilizando *tres medios* que se exponen a continuación, además del **Informe Previo** que aunque no es tenido en cuenta en la calificación final, si es evaluativo. No olvidemos que se trata de un medio eficacísimo para reconducir el desarrollo del TP, cuando el caso lo requiere

- **Observación Directa** y seguimiento de las actividades por parte del profesor, con tablas de observación confeccionadas en base a esquemas de Tamir Nussinowitz y Fiedler (1982), pero en nuestro caso muy resumidas en matices. Ya hemos dicho que las observaciones minuciosas de matices creemos que son relevantes en información y por tanto de importancia y aunque el cuestionario utilizado por nosotros es sencillo y corto en matices, es de información evidente y relevante para los objetivos que con este tipo de TP perseguimos, a la vez que método ágil y factible de poner en servicio en un centro de enseñanza donde el número de profesores es reducido en relación al de alumnos, algo tan común en cualquier centro de enseñanza.
- **Empleo de Diagramas “V” de Gowin** confeccionados por los alumnos sobre los TP, realizados en el aula a modo de examen pero disponiendo para su elaboración de todos aquellos datos y registros realizados en el laboratorio que ellos crean convenientes.

- **Análisis de las memorias presentadas por los alumnos sobre los TP realizados.** Se utilizan para ello los Cuestionarios específicos, de los que ya hemos hablado, adaptados a nuestro trabajo en base a los aspectos que consideramos como fundamentales en la presentación de un informe a la usanza científica.

Con todo esto, hay que decir que el empleo de estos medios de evaluación, tiene como fin prioritario comprobar si el modelo de trabajo de investigación por el que apostamos es efectivo, en cuanto al objetivo que se persigue como fundamental que es que el alumno aprenda más y mejor y que lo haga críticamente.

3.7.1. DIAGRAMAS EN “V”

Anteriormente hemos señalado que B. Gowin, profesor norteamericano de la Universidad de Cornell, diseñó hace ya tiempo (hacia 1970), un diagrama que denominó “Knowledge Vee mapping”, se trata de una representación visual de la “Estructura del Conocimiento” empleada para “Aprender a aprender”. Según (Novak y Gowin, 1988):

“Fue establecida para ayudar al estudiante a comprender la estructura del conocimiento y las formas que tienen los seres humanos de producirlo mediante investigaciones científicas”

La utilidad de la “V” reside en que tiene una parte conceptual, otra metodológica que incluye un apartado actitudinal (Juicios de Valor), y que junto con las preguntas objeto del problema y las respuestas obtenidas para éstas después de la investigación, permite observar de forma completa y esquemática la investigación.

Lo que para la confección de un Diagrama en “V” el alumno tiene que hacer, es coordinar en él la metodología científica empleada en su investigación. Por todo ello como buena herramienta que hemos considerado que es, la aplicamos en la evaluación.

La práctica de realización de Diagramas en “V”, puede llevar a pensar que se convierte en el alumno, en una rutina de trabajo y por tanto de dominio de realización. Sin embargo, nosotros pensamos que no es así, ya que la interacción que se establece entre el pensar, el actuar y por tanto el dominio en el saber, necesita de una puntualización en detalles del problema

investigado. Analizar qué preguntas son las que se descubren, y por tanto qué respuestas se han de buscar, qué diseño ha de realizarse de acuerdo con lo que se quiere conseguir, la interpretación de registros, expresar resultados que den respuesta a las preguntas formuladas .etc., son todas ellas actividades específicas con detalles y diseños distintos para cada situación, por tanto nada rutinario.

Como todo esto requiere de un estudio detallado del problema concreto y de un diseño de realización para la puesta en funcionamiento del trabajo, tratando de dar solución a lo cuestionado, al corregir los Diagramas en “V”, se ve rápidamente si ha habido coordinación mental en el alumno en lo que allí ha presentado.

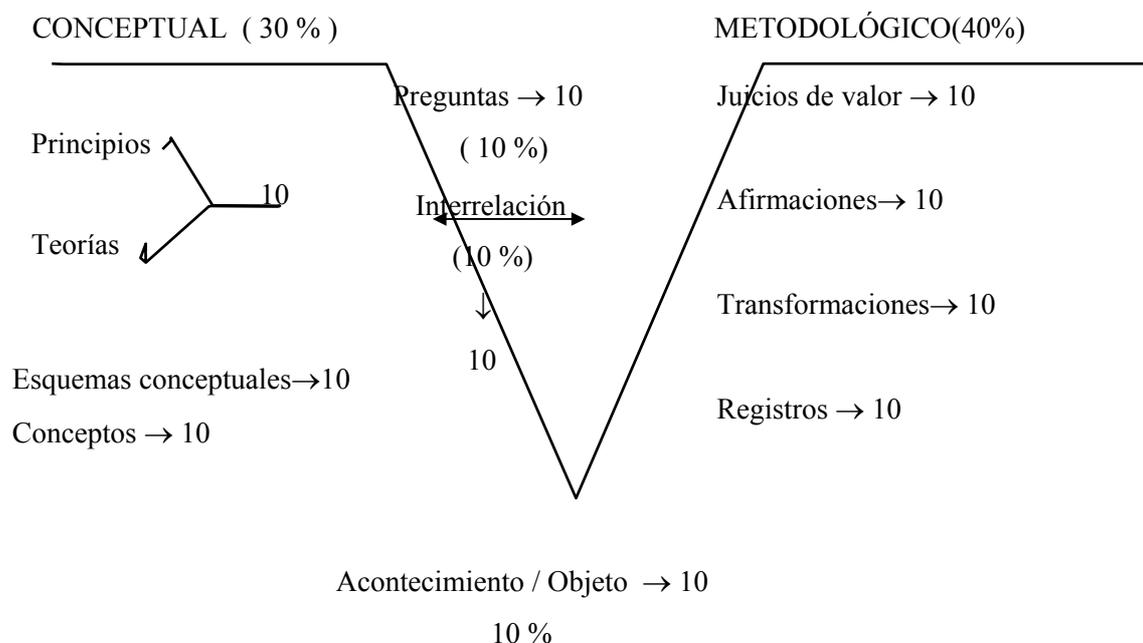
Es decir, que el diagrama en “V” le utilizaremos como una forma de análisis y evaluación de experimentos, para investigar el aprendizaje de laboratorio, comprobando si ha habido un progreso lógico de pensamiento y para ayudar al estudiante a integrar sus observaciones en sus conocimientos conceptuales, o dicho de otra manera, para ayudar a los estudiantes a pensar sobre sus propios pensamientos y la realización.

La evaluación y valoración de los Diagramas en “V” se ha enfocado desde la perspectiva de integrar cada uno de los objetivos marcados a conseguir con este diseño de realización de TP, es decir, que sea acorde con los criterios de prioridad que exige la puesta en práctica de una metodología científica a la vez que equilibrada en relación de preferencia establecida por nosotros en ellos, y por otro lado sencilla de utilizar y por tanto fácil de aplicar en un centro de enseñanza con un número elevado de alumnos.

Existen escasas formas de **valoración de este tipo de diagramas**, la más común es la recomendada por Gowin en su libro de Aprendiendo a Aprender (1988). Sin embargo desde el punto de vista nuestro nos ha parecido más idónea la ideada por nosotros ya que se acomoda en prioridades de valoración, a los objetivos que perseguimos y además es mucho más sencilla de aplicación.

El diseño de esquema de corrección tiene el **número 10 como clave de todo proceso de valoración**, pues al ser la **suma total cien puntos**, una vez valorado cada apartado, esa suma da instantáneamente la nota final correspondiente a cada alumno.

La presentación del esquema de valoración, en el que se observa la puntuación otorgada a cada una de las partes que componen el desarrollo mediante Diagrama en “V” de la investigación es el siguiente:



3.7.2. INFORMES FINALES

Creemos que es éste junto al Diagrama en “V”, las herramientas básicas para la evaluación de cualquier trabajo experimental del tipo tratado en esta tesis, desde el punto de vista de claro análisis de cómo el alumno practica la ciencia, y de cómo el alumno construye sus conocimientos a través de los TP.

Efectivamente, la utilización de un diagrama en “V”, no excluye de la realización de Informes Finales del trabajo realizado, ya que en un diagrama no pueden explicarse detenidamente los detalles ni aspectos precisos del desarrollo, sobre todo desde justificaciones de todo lo realizado.

Por otro lado, hay que hacer comprender al alumno, que en toda investigación aun siendo erróneos los resultados, son siempre fructuosos para los nuevos investigadores de ese

problema o de otro relacionado con él, y que como norma en investigación, del análisis de un informe pueden obtenerse dos conclusiones: que los registros no hayan sido bien transformados e interpretados llevando al primer investigador a conclusiones erróneas, o que la interpretación haya sido correcta pero sin resolución del problema investigado. En el 1º caso los nuevos investigadores rechazarán las transformaciones y por tanto las interpretaciones, y en el segundo caso pueden servir los registros de apoyo a fundamentar la misma investigación desde otro diseño. Por tanto lo que un investigador hace, siempre es importante y de servicio en la posteridad.

Resulta de interés, que los sucesivos investigadores entiendan claramente qué tipo de investigación es la que los anteriores han hecho. Dicho en otros términos, es obligado que el trabajo experimental siempre sea ordenado y con una presentación legible y comprensible para aquellas personas que lo utilicen después.

Un informe a la usanza científica es algo que un alumno debe saber confeccionar. Por tanto creemos, que es fundamental **su evaluación**.

Existen variantes en cuanto a modos de corrección de este tipo de informes, que van desde el LAI en el que se analizan 37 matices en las tareas que realizan los estudiantes, desarrollado por Tamir y Lunetta (1978), muy completo y por tanto interesante para extraer buenas y matizadas conclusiones, hasta el presentado por Woolnough, B. And Allsop (1985) que analizan seis aspectos claves en su estructura.

Nosotros opinamos al igual que Hodson (1992) que una valoración con aproximaciones basadas en pericias inhiben el desarrollo profesional, reduciendo a los profesores al papel de técnicos administrativos que guardan cuadernos de abundancia exagerada de notas. Por esto, Cuestionarios de corrección con montones de matices, creemos que no son ni ágiles ni factibles de llevar a cabo en la práctica diaria de un centro de enseñanza y a lo largo de un curso académico. Y apostamos, al igual que él, por una **evaluación Integral de aprendizajes**, la que no lleva consigo evaluar minuciosidades de destrezas y precisiones en medidas, sino una valoración más globalizada de cómo hace ciencia el alumno, es decir:

- Si el hilo de la Investigación se corresponde con el planteamiento del Problema.
- Si un concepto se usa apropiadamente.
- Si formula hipótesis acordes con las previsiones en los resultados experimentales.
- Si la serie de procedimientos experimentales se realizaron de forma satisfactoria.
- Si los datos son sensiblemente interpretados.
- Si las conclusiones están justificadas.
- Si presenta un informe apropiado.
- Si la investigación le ha creado riqueza de opinión, y descubre nuevas posibilidades de complementar su enfoque.

Aunque son todas ellas cuestiones que no pueden medirse de una forma objetiva, creemos que al profesorado se le debe una confianza en su experiencia y en su “saber decir” acerca de si un alumno ha hecho o no buena ciencia después de haber leído su informe.

El modelo de **Cuestionario** que presentamos de **Corrección del informe**, que desde nuestro enfoque realista pueda ser factible de llevar a cabo en la práctica diaria dentro de un centro de enseñanza, presenta una **valoración de diez aspectos**, creemos fundamentales, que debe presentar todo informe. Las preguntas que nos formulamos en la corrección son las siguientes:

- ¿Formula pregunta/s coherentes al hilo del problema objeto de la investigación?
- ¿Fundamenta en base a las teorías científicas el problema motivo de estudio?
- ¿Formula hipótesis de acuerdo con las predicciones fundamentadas?
- ¿Realiza diseño experimental satisfactorio?
- ¿Tabula medidas y unidades acordes a los aparatos y necesidades del diseño?
- ¿Realiza transformaciones para interpretación de los datos?
- ¿Emite conclusiones justificadas de contrastación de las hipótesis?
- ¿El informe que presenta sigue las líneas correspondientes a un informe científico?
- ¿Discute críticamente el global del trabajo realizado?
- ¿Formula nuevas preguntas, que sean objeto de posteriores investigaciones?

Al igual que con los diagramas, hemos diseñado un método sencillo en base a valorar los más importantes objetivos que perseguimos con la confección de este tipo de informes.

Para su valoración, se utilizan estas 10 preguntas dentro de un **Cuestionario de Corrección** que utilizamos con **cada uno de los informes**, y van presentadas cada una de ellas con matices de valoración numérica. Estas diez preguntas, valoradas individualmente de 0 - 10 , suman una puntuación global máxima de 100 puntos. De esta forma al ir realizando la lectura del informe podemos dar respuesta a cada una de estas cuestiones, resultando la aplicación de este método, de corrección ágil y por tanto, factible de llevar a la práctica. Está claro, que si se hiciese un revisión del trabajo con presencia del alumno, sería interesante apurar a detalles los distintos matices de su trabajo.

En cuanto a la **repercusión** que, el total de medios empleados para valorar este tipo de trabajo de investigación, tiene en la **nota final del alumno** dentro de la asignatura, hemos estimado que sea de un **35%**, ya que el tiempo, esfuerzo, capacidad de búsqueda de información, responsabilidad y aprendizajes obtenidos, deben ser tenidos muy en cuenta en la valoración del conjunto de la disciplina. De lo contrario, si al alumno no le rentabilizara este esfuerzo desarrollado en su trabajo, caería en una desilusión y desánimo que impediría que se consiguieran los objetivos que con ellos perseguimos.

3.8. A MODO DE RESUMEN

Con todo esto el Diseño final de laboratorio queda así:

ETAPAS QUE CONLLEVA EL DESARROLLO DE ESTE TIPO DE TP

1 - PRE-EXPERIMENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Adiestramiento en la utilización del Documento Guía</i> - <i>Revisión de las técnicas rutinarias del T. E.</i> : Tratamiento de datos, aprovechamiento de registros, transformación de estos, etc. - <i>Adiestramiento en la confección de Diagramas en V</i> - <i>Elaboración de Proyectos Previos</i> (disponiendo de un Guión de Pautas). - <i>Entrevistas</i>, con posterioridad al análisis de los proyectos, para el estudio de los aspectos de necesaria Re-elaboración
2 - EXPERIMENTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Asistida pero no guiada por el profesor. Es llevada a cabo con “ <i>Crítica constructiva y Consejo</i>” - <i>Observación Directa</i>, del trabajo individual realizado
3 - POST-EXPERIMENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Análisis y elaboración de resultados.</i> - <i>Entrevistas de consulta</i>, si se hace necesario - <i>Elaboración de Informes Finales</i>
4 - EVALUACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Cuestionarios de Observación Directa</i> que cubre el profesor dentro del laboratorio. - <i>Cuestionarios Finales</i> de evaluación de los distintos aspectos de los TP, que cubre el alumno - <i>Examen mediante D -V</i> del TP realizado - <i>Valoración del Informe Final</i> <p style="margin-top: 10px;">Del alumno a través de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Cuestionarios de Observación Directa</i> que cubre el profesor dentro del laboratorio. - <i>Cuestionarios Finales</i> de evaluación de los distintos aspectos de los TP, que cubre el alumno - <i>Examen mediante D -V</i> del TP realizado - <i>Valoración del Informe Final</i> <p style="margin-top: 10px;">Del método a través de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Cuestionarios Finales</i> (anteriormente citados) - <i>Análisis Crítico</i>, realizado por los componentes de esta investigación, de toda la información recogida

Hasta aquí se ha hecho una exposición pormenorizada de los distintos elementos y secuencias que constituyen el método de aplicación de los TP constructivistas en el ambiente escolar universitario. Resulta obvio aceptar que, si en algún momento fuera posible emplear este método en la enseñanza Secundaria, tanto las características de los alumnos como las exigencias organizativas consustanciales a estos centros, motivarían cambios en este diseño. No obstante, pensamos que dichos cambios afectarían mínimamente al diseño final que a continuación se esquematiza a modo de resumen de lo tratado en páginas anteriores.

3.9 RESULTADOS OBTENIDOS Y ANALISIS DE LOS MISMOS

Se comenzó preparando una serie de documentos guía a partir de guiones tradicionales de algunas de las prácticas de Física más habituales en los laboratorios de los centros de Secundaria y primer año de Universida. La lista de títulos fue el primer año:

- *Estudio experimental de los gases.*
- *Estudio del tiro horizontal.*
- *Las fuerzas elásticas*
- *Estudio del oscilador lineal.*
- *Carácter conservativo de la energía.*
- *Procesos de calentamiento y cambio de estado.*
- *Estudio experimental de las dilataciones.*
- *Determinación de calores específicos.*
- *Determinación de densidades.*
- *Estudio de la resistencia eléctrica.*

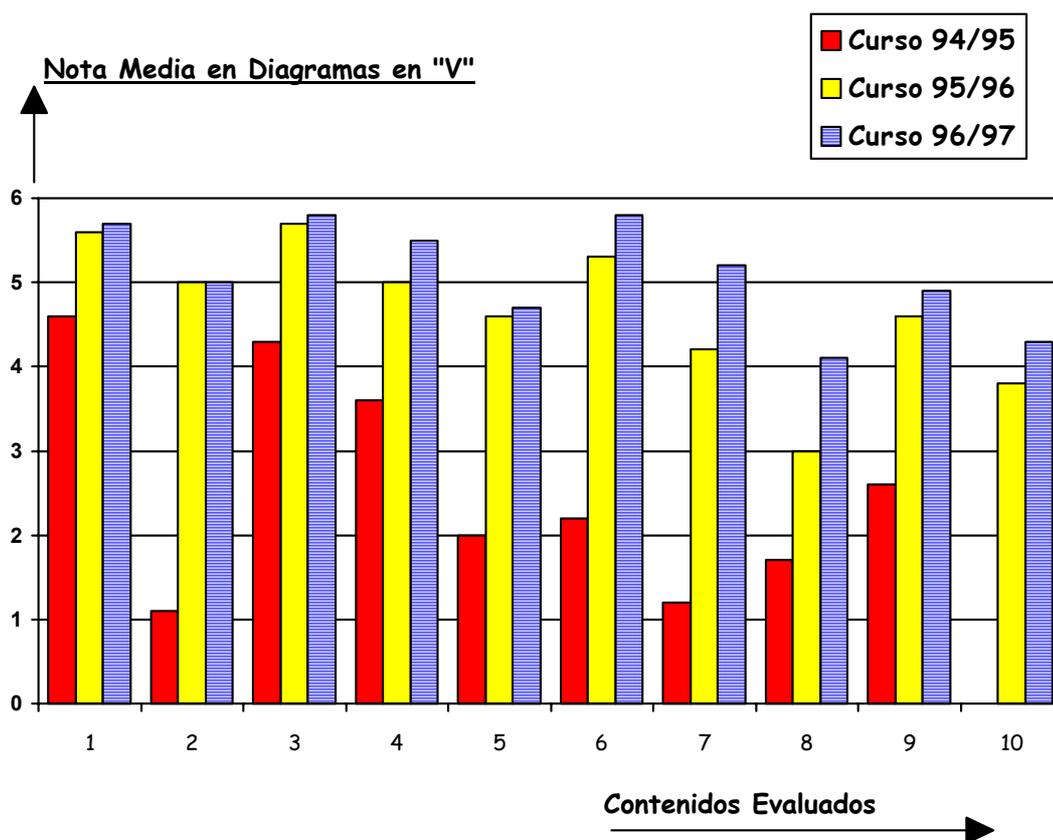
y el segundo se amplió con:

- *Estudio del movimiento vibratorio armónico simple. Deducción de sus leyes.*
- *Estudio de la caída libre. Determinación de la aceleración gravitatoria.*
- *Principio de conservación del momento lineal.*
- *Estudio experimental del movimiento pendular.*

(Al final de este capítulo se ofrecen dos de estos documentos)

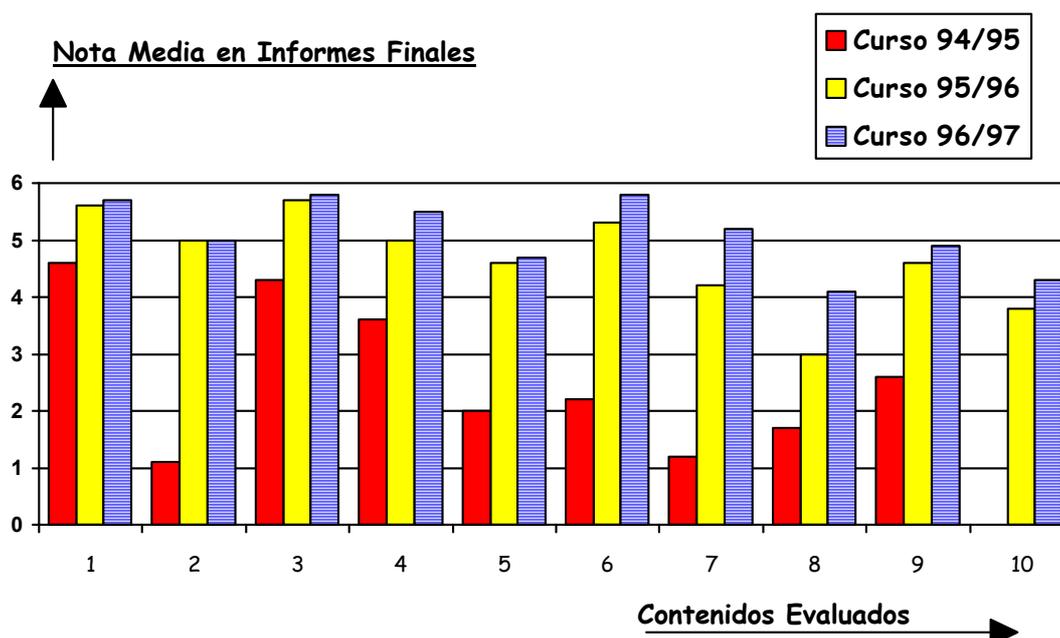
Posteriormente se distribuyeron los Documentos entre los grupos de alumnos ya constituidos y se procedió al desarrollo de las actividades TP conforme el modelo de secuenciación descrito ya en este capítulo. La evaluación de los alumnos se llevó a cabo conforme se ha explicado ya, obteniéndose los siguientes resultados:

ESTUDIO COMPARATIVO DE NOTAS MEDIAS EN CADA UNO DE LOS CONTENIDOS DE LOS DIAGRAMAS EN “V”			
CONTENIDOS EVALUADOS	Notas medias en cada uno de los contenidos		
	Curso 94/95 (N=48) \bar{X}	Curso 95/96 (N=20) \bar{X}	Curso 96/97 (N=23) \bar{X}
1. Conceptos	4,6	5,6	5,7
2. Esquemas conceptuales	1,1	5	5
3. Principios y Teorías	4,3	5,7	5,8
4. Formular Preguntas	3,6	5	5,5
5. Interrelación	2	4,6	4,7
6. Acontecimiento/Objetos	2,2	5,3	5,8
7. Registros	1,2	4,2	5,2
8. Transformaciones	1,7	3	4,1
9. Afirmaciones	2,6	4,6	4,9
10. Juicios de Valor	0	3,8	4,3



ESTUDIO COMPARATIVO DE NOTAS MEDIAS OBTENIDAS EN CADA UNO DE LOS ASPECTOS RELEVANTES DE LOS INFORMES FINALES			
CONTENIDOS EVALUADOS	Notas medias en cada uno de los contenidos		
	Curso 94/95 (N=48) \bar{X}	Curso 95/96 (N=20) \bar{X}	Curso 96/97 (N=23) \bar{X}
1. Formula preguntas coherente/s al hilo del problema objeto de la investigación	5,25	5,2)	6,4
2. Fundamenta en base a las teorías científicas el problema motivo de estudio	6,1	7,4	7,4
3. Formula hipótesis de acuerdo con las predicciones fundamentales	4,6	5,1	5,4
4. Realiza diseño experimental satisfactorio	6	6,2	6,2
5. Tabula medidas y unidades acordes a los apartados y a las necesidades del diseño	6,1	6,5	6,5
6. Realiza transformaciones para la interpretación de los datos	5,7	5,7	5,8
7. Emite conclusiones justificadas de contrastación de las hipótesis	4,5	4,5	5,4
8. El informe que presenta sigue las líneas que corresponden a un informe científico	6,2	6,3	6,1
9. Discute críticamente el global del trabajo realizado	3,5	5	5,5
10. Formula nuevas preguntas que sean objeto de nuevas investigaciones	1,3	1,9	2

Los resultados obtenidos, tanto en notas medias como en porcentajes de aprobados globales, con la utilización de los Diagramas en “V” demuestran la enorme mejoría que de un curso a otro se ha ido consiguiendo con la puesta en aplicación de dichos diagramas para presentar mediante examen los TP. Es probado, que los aprendizajes conseguidos por los alumnos, puestos en evidencia a través de este método, justifican que **los TP así desarrollados han mejorado los sistemas tradicionales** empleados. Ya hemos manifestado que para practicar este método debidamente, es necesario que el alumno presente un esquema mental integrador de lo conceptual con lo metodológico, del pensar con el hacer y por tanto del construir significados.



RESUMIENDO, CON LOS CAMBIOS INTRODUCIDOS EN LOS TP RESPECTO DE LAS PRÁCTICAS TRADICIONALES, HA HABIDO UN DESTACADO APRENDIZAJE EN LO QUE ES LA PRÁCTICA DE LA CIENCIA, Y UNA CLARA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS DE LA FÍSICA, EN LOS ALUMNOS QUE LOS HAN REALIZADO.

Con toda esta investigación llevada a cabo, donde hemos ido mejorando en resultados, obteniendo aprendizajes notoriamente mejores desde la perspectiva que en objetivos guía nuestra investigación, y pareciéndonos que son de calidad los objetivos de procedimiento conseguidos, nos atrevemos a defender nuestro Modelo de realización de Trabajos Prácticos de enfoque constructivista, pensando que lo hacemos desde un realismo práctico evidente y a la vez de clara objetividad en su evaluación y análisis.

3.10 EJEMPLOS DE DOCUMENTOS GUÍA EMPLEADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN

3.10.1 ESTUDIO DEL MOVIMIENTO VIBRATORIO ARMÓNICO SIMPLE. DEDUCCIÓN EXPERIMENTAL DE LAS ECUACIONES DE ESTE MOV.

El trabajo experimental que aquí presentamos, se inserta actualmente en el estudio, dentro de la Dinámica, de los movimientos originados por fuerzas elásticas, con un nivel variable de profundización dependiendo de si son alumnos de Bachillerato ó de 1º de Facultades Universitarias.

I.-INTRODUCCIÓN

Dado que muchos fenómenos son periódicos, por ejemplo, los latidos del corazón de un animal, las estaciones del año, el balanceo del péndulo de un reloj antiguo, las vibraciones de los átomos en los sólidos, la corriente eléctrica, y muchos otros más. Vamos a estudiar el movimiento vibratorio armónico simple (m.a.s.), ya que dentro de los movimientos oscilatorios o vibratorios es posiblemente el de más interés

Podemos plantear el trabajo con los **siguientes objetivos** :

- 1- Afianzar el conocimiento de las fuerzas elásticas que rigen el comportamiento de los muelles.
- 2- Estudiar experimentalmente cómo son las vibraciones de un cuerpo sometido a la acción de una fuerza elástica.
- 3- Conocer, a través de la experiencia, las ecuaciones que rigen el m.a.s.
- 4- Indagar en la importancia que el m.a.s. tiene, dentro de la Física, en el estudio de fenómenos ondulatorios producidos por ondas armónicas.
- 5- Informarse sobre qué otros comportamientos dentro de la Física, pueden estudiarse basándose en el conocimiento del m.a.s.

- 6- Adquirir hábitos de organización del trabajo experimental, propiciando las dotes de observación de fenómenos y registro sistemático de resultados.

II.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cuando se sujeta una masa a un muelle elástico, y se le pone a oscilar, bien sea vertical u horizontalmente, dicha masa realiza unas vibraciones que deberías observar.

Actividad.-1

Exponer qué se entiende por movimiento vibratorio armónico simple, y proponer ejemplos de movs. vibratorios que puedan denominarse armónicos simples.

La repuestas de los alumnos, completadas y reformuladas por el profesor, llevarían a establecer como aspectos fundamentales los siguientes :

- *Concepto de m.a.s.*
- *Concepto de oscilador armónico ideal. Desestimando fuerzas de rozamiento y energías disipativas.*

Actividad.-2

Las fuerzas son causa de aceleraciones sobre los cuerpos que actúan, si éstos son rígidos.

Analiza qué tipo de aceleración es la que origina una fuerza elástica

Supone que el alumno se sitúe teóricamente en la ley de Robert Hooke que cumplen los muelles, así como en el comportamiento dinámico de las fuerzas a través de la 2ª Ley de Newton, para con ambos conceptos llegar a deducir que la aceleración en un m.a.s. es $a = -w^2 x$

Actividad.-3

Describir con la mayor precisión posible el tipo de oscilador más simple que se conciba, que realice un m.a.s. (Revisar esto en los libros de Física General, así como los conceptos de Amplitud, Elongación, Periodo y Frecuencia de este movimiento)

Realizar esta actividad, supone un afianzamiento en el conocimiento del mov. descrito por el oscilador lineal, estableciendo en este estudio la idea de elongación, carácter vectorial de ésta, máxima elongación (Amplitud), Concepto de vibración completa, y lo que supone en medida de tiempo (Periodo), Frecuencia, etc.

Actividad.-4

Recuerda que cada muelle tiene su constante de elasticidad, y que pueden ser distintas masas las que se sometan a la vibración del muelle.

Haz un estudio teórico de la dependencia que podrá existir entre la constante de elasticidad del muelle, la masa que vibra y el periodo de oscilación.

Se trata de llevar al alumno a observar la dependencia pedida para que la adquiera en su aprendizaje y, al mismo tiempo en la parte experimental, lo tenga en cuenta a la hora de trabajar con un movimiento de periodo largo que le permita ser más preciso en la toma de valores

Actividad.-5

En el estudio de las ecuaciones de un movimiento, rectilíneo en este caso, es fundamental establecer el sistema de referencia desde el cuál se observa el movimiento, para así deducir el vector de posición inicial y en cualquier instante, y a partir de éste las ecuaciones de la velocidad y de la aceleración.

Observa y justifica mediante ecuaciones, cómo influye el sistema de referencia en la determinación de la fase inicial del movimiento.

Este apartado es de suma importancia para que el alumno aprenda a establecer claramente la fase inicial en la ecuación del movimiento. Debe el profesor estar sobre esta valoración para prestarle las aclaraciones oportunas si se hace necesario, y advertirles sobre el carácter vectorial, que le ayudará a entender perfectamente los signos en este movimiento.

Actividad.-6

Discutir el posible interés que tiene investigar, precisamente este movimiento, de entre todos los movimientos vibratorios. No dejes de revisar en libros de Física General la importancia de los fenómenos ondulatorios producidos por ondas armónicas.

Debe insistírsele al alumno en el desarrollo de este apartado, para que pueda observar la trascendencia de este movimiento, debido a las múltiples aplicaciones que en la vida diaria damos a las ondas.

Actividad.-7

Existe una estrecha relación entre el m. a. s. que sigue un objeto que se mueve a lo largo de una recta, y el movimiento circular que describe una partícula con velocidad constante. Esta conexión puede servirte de gran ayuda para comprender mejor ambos movimientos.

Revisa, a través de los libros de Física, cómo la proyección de un movimiento circular con velocidad constante sobre su diámetro, da origen a un movimiento vibratorio armónico simple.

III-EMISIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis.-1

Predecir si la amplitud de la oscilación es una constante o no para cada muelle y cuerpo que oscila.

Los alumnos suelen contestar que la amplitud es cte. para un muelle y un cuerpo determinado, ya que se limitan a colgar el cuerpo del muelle y dejarle oscilar.

El profesor puede ayudarles en la aclaración de este concepto, dando un tirón del muelle y haciéndoles observar la amplitud de la vibración.

No obstante, si trabajan con muelles en posición horizontal, se darán cuenta de las posibles amplitudes de vibración que pueden imprimir al cuerpo.

Hipótesis.-2

Señalar, a título de hipótesis, de qué factores dependerá la elongación de un móvil que realiza un m.a.s.

Después de la revisión teórica anterior, quizás ya está el alumno en disposición de describir la ecuación de la elongación que tiene el móvil en un instante determinado.

Hipótesis.-3

Dar la expresión matemática, siempre a modo de hipótesis, de la ecuación en la que se relacionan los factores citados en la Act.3 anterior.

Después de la revisión teórica anterior, quizás ya esté el alumno en disposición de escribir la ecuación de la elongación que tiene el móvil en un instante determinado.

Hipótesis.-4

El establecer un sistema de referencia es punto clave en la determinación de las constantes que fijan las ecuaciones de un mov. Proponer un ajuste matemático en la ecuación del mov., a modo de hipótesis, de cómo influye la posición que en el instante inicial tiene el cuerpo, en las ecuaciones del mov. que estamos estudiando.

Después de haber realizado la actividad 5 anterior, el alumno estará en condiciones de establecer con precisión la fase inicial. Para completar este aprendizaje, podría dársele al alumno ejercicios prácticos de resolución numérica que afianzasen el conocimiento de este concepto.

Hipótesis.-5

Justificar si influye ó no la masa del cuerpo que oscila ligado al muelle en la ecuación del mov.

Esta actividad está presentada con la única intención de, repasar y asentar de nuevo la idea de la influencia de la masa que oscila en la frecuencia de la oscilación

Hipótesis.-6

Si has previsto teóricamente cómo es la aceleración de este movimiento, y conoces las aceleraciones de los movs. más comunes. Podrías hacer una clasificación de los movs. atendiendo al valor de éstas .

IV-DISEÑO EXPERIMENTAL PARA CONTRASTAR LAS HIPÓTESIS**Actividad-8**

Diseñar detalladamente el experimento necesario para contrastar cada una de las hipótesis anteriores.

(Conviene que revises bibliografía sobre trabajos experimentales de laboratorio, en los que se trabaje con carritos o cuerpos sujetos a muelles que se desplazan en vertical o por

carriles, y que arrastran en su mov. cintas registradoras que pasan a través de cronovibradores. Debes conocer que existen manuales de prácticas en los laboratorios de experimentación, que pueden servirte de ayuda, o bien discos que describan movs. circulares uniformes unidos a cintas registradoras).

(Una cinta registradora sólo puede llevar las marcas de una serie de puntos que correspondan al mov. en una dirección y un sólo sentido, la superposición de puntos que aparecerían al paso por el cronovibrador en dos sentidos haría inservible la cinta.

(Experimenta con un carrito sujeto a la vez a dos muelles iguales, y observa cuando le desplazas de su posición de equilibrio qué mov. es el que realiza)

Actividad-9

Fijar las condiciones de trabajo que determinen siempre la misma fase inicial del mov.

Actividad-10

Prever la resolución matemática, que a través de la cinta registradora del mov., debes dar para obtener la ecuación de la elongación de este mov., si es que depende de las variables que previamente se han fijado.

(Recuerda en el estudio teórico que has hecho, la conexión que existe entre este mov. y el circular uniforme. Si proyectabas el circular sobre un diámetro obtenías el mov. vibratorio. Piensa que trabajando a la inversa, es decir, levantando las verticales de los puntos del mov. vibratorio puedes obtener el circular).

(Recurre a bibliografía sobre trabajos experimentales, y encontrarás fácilmente la forma de llevar a cabo esta resolución).

Para facilitar la resolución del trabajo diseñado, debe proveerse la biblioteca del laboratorio de aquellos libros sencillos, en los que venga este tipo de trabajos experimentales resueltos. Por ej. en libros de Física de 3º de BUP, es fácil encontrar este tipo de prácticas.

Actividad-11

Describir detalladamente cómo medir las distintas variables que intervienen en los experimentos diseñados.

Es lógico llegado este momento, que el alumno sepa lo que tiene que hacer para contrastar las hipótesis planteadas antes de pasar a la realización del experimento, por tanto, de haber dudas, es la ocasión por parte del profesor de volver a reconducir aquellas consideraciones que permitan centrarle en la línea de trabajo.

V-REALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA

La realización supone llevar a cabo la secuencia de experimentos que se diseñaron en el apartado anterior.

Actividad-12

Proceder a la realización del experimento diseñado, recogiendo para el trabajo posterior las cintas registradoras.

(Tener en cuenta que son trabajos en los que se requiere rapidez en la manera de trabajar, para evitar que las cintas de calco pasen dos veces a través de los cronovibradores, lo que supondría que hiciesen una doble marca de puntos sobre ellas que las haría inservibles).

Actividad-13

Recordando la conexión teórica entre el m.a.s. y el mov. circular uniforme, tratar de obtener el mov. circular que proyectado dé el vibratorio obtenido experimentalmente, y recoger en aquellas tablas que se considere conveniente, los resultados de la conexión que se encuentra entre ambos, que está fundamentado en dar la medida de la proyección en función del ángulo barrido en el mov. circular.

Considerar siempre la misma situación de trabajo, para que se obtenga en todos los casos la misma fase inicial.

Teniendo en cuenta los valores de la tabla, encontrar la ecuación de la elongación de dicho mov.

VI-INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Actividad-14

Proceder al análisis matemático de los resultados, obteniendo y posteriormente comprobando si se verifica ó no la ecuación teórica prevista para un m.a.s.

(Si te aparecen dudas debes recurrir de nuevo a los libros de Física General que has manejado).

Actividad-15

Analizar qué registros deberían hacerse, para que llevando éstos a la gráfica correspondiente, puedas obtener la velocidad angular del mov. circular con el que se cree que se corresponde.

(Recuerda que si se obtiene una alineación de puntos experimentales, debe interpretarse el significado físico de la pendiente)

VII-CONCLUSIONES

Actividad-16

A través de los resultados obtenidos, expresar la elongación de forma que represente al vector posición de este mov.

Actividad-17

Determinar a partir de los resultados experimentales la velocidad de vibración del móvil.

VIII-ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Actividad-18

Elaborar y presentar un informe que recoja el trabajo realizado en esta investigación y en donde se destaquen cada una de sus fases: Planteamiento del problema, Emisión de la hipótesis, Análisis de datos y de resultados , etc. ...

Actividad-19

Elaborar un informe sobre aspectos de este mov. que no hayan abordado en este trabajo, y que pueden ser objeto de nuevas indagaciones, aplicaciones posibles, nuevas relaciones, así como los Juicios de valor (actitudes, normas de conducta, criterios, etc.) que se hayan adquirido tras la realización de este estudio experimental.

VIII-BIBLIOGRAFÍA

TIPLER, P.A., 1978, Física. ,(Reverté : Barcelona)

EDWARD GETTYS, W., KELLER, F.J., MALCOLM, J.S., 1992. Física Clásica y Moderna (Mc Graw Hill : Madrid)

OLARTE, M. , LOWY, E. , HIDALGO, M. SEGURA, M. , 1987. Física y Química- Bup 3 (S.M. : Madrid)

BURBANO DE ERCILLA, S. , 1974, Física General, (Librería General: Madrid)

EISBERG,R.M. , LERNER, L.S. , 1988, Física: Fundamentos y Aplicaciones, (Mc Graw Hill: Mexico)

PLUMED,F., 1982, Prácticas de Laboratorio BUP 3°. Editorial Edelvives

Guía de Experimentos de Mecánica, 1984, (ENOSA : Madrid)

Experiencias para Laboratorio de Mecánica. 1984, (PHYWE: Madrid)

3.10.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA CAÍDA LIBRE DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD

Esta práctica puede abordarse dentro del tema de la Cinemática, aunque es preferible que el alumno conozca la Dinámica para que el estudio sea más completo. Es fácil desarrollarse en los primeros cursos de Facultades Universitarias, como práctica abierta, donde se analizan con minuciosidad las causas que pueden cambiar el concepto de caída libre. Debe incluirse la determinación del valor de la gravedad en el lugar de trabajo.

I-INTRODUCCIÓN

Estamos familiarizados con la caída de objetos, como por ejemplo la caída de un libro golpeado accidentalmente desde el borde de un escritorio. Si la resistencia del aire tiene un efecto despreciable sobre la caída del objeto, entonces es válido suponer que la aceleración del objeto se debe enteramente a la atracción terrestre.

Puesto que la fuerza gravitatoria actúa permanentemente sobre un cuerpo que cae, el movimiento de éste no puede ser uniforme, sino uniformemente acelerado.

Tratar el movimiento de caída del libro como caída libre es una aproximación válida siempre que la distancia de caída sea pequeña. Pero si se trata de alturas pequeñas esta aproximación es poco satisfactoria para objetos tales como una pluma o una pelota de badminton.

Los **objetivos que podemos plantearnos** con este trabajo pueden ser los siguientes:

- 1- Afianzar el conocimientos de los movimientos rectilíneos uniformemente variados.
- 2- Estudiar experimentalmente el mov. de caída libre de los cuerpos, para comprobar de qué manera se establece la dependencia de la posición con el tiempo para este movimiento.
- 3- Aprovechar el experimento para deducir el valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio.

- 4- Indagar en la importancia que la aceleración de la gravedad tiene en todo mov. que se realice en el espacio.
- 5- Considerar las perspectivas abiertas por esta investigación, susceptibles de originar nuevos estudios.
- 6- Adquirir hábitos de organización del trabajo experimental, propiciando las dotes de observación de fenómenos y registro sistemático de resultados

II-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actividad-1

¿ Por qué crees tú que tiene importancia el estudio de la caída de los cuerpos?

Lo esencial es crearles interés por la situación planteada, no se trata de conseguir que den abundantes argumentos, sino evitar que se vean inmersos en una tarea cuya finalidad y sentido se les escapa, y que aparezca como un simple ejercicio escolar.

Actividad-2

Revisa en algún texto de Física general, el tratamiento teórico que en él se da al estudio de los movimientos, desde el punto de vista de: sistema de referencia, trayectoria, y de las magnitudes cinemáticas que definen el movimiento (vector de posición, aceleración, velocidad)

Se trata de que el alumno consiga una visión clara y precisa de cada uno de estos conceptos para no quedarles sin observar y estudiar de forma segura en su experimentación

Actividad-3

Sabes que no puede estudiarse un movimiento si no se ha establecido un sistema de referencia inercial respecto del cual se determinan las posiciones del móvil. Debes tratar de elegir siempre el sistema de referencia más cómodo.

Plantéate de forma reflexiva y comentada la necesidad de establecer un sistema de referencia en este caso que sea útil en el estudio.

Actividad-4

Dibujar las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, en la caída libre, considera fricción nula con el aire.

Es importante que el alumno se sitúe en la atracción terrestre, o Ley de Newton de la gravitación Universal como fuerza causante del movimiento

III-EMISIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis-1

Asesórate de lo que un libro de Física General dice acerca de la caída libre, y enumera, a título de hipótesis, las posibles causas que tú crees que podrían influir en dicha caída.

Se trata de que el alumno analice todas aquellas magnitudes que a primera impresión podrían considerarse causas posibles a influir en la caída, tales como: Masa del cuerpo, tamaño de éste, forma externa, naturaleza de la superficie externa, (desde el punto de vista del rozamiento con el aire), altura de la que cae, influencia externa en el momento de iniciarse la caída, lugar en el que se realiza, u otras posibles causas accidentales en el estudio.

Hipótesis-2

Los grandes físicos han sido escépticos frente a lo que ya se conocía de la Física en su época, y gracias a esa incertidumbre y excitación algunos como Einstein demostraron que lo que era un camino llano y ya andado era un camino erróneo. Con esto lo que se te quiere decir, es que tengas siempre un espíritu investigador, tratando de comprobar lo que afirmes.

Estudia y expresa, a título de hipótesis, las relaciones de dependencia cuantitativas que creas se van a establecer en el cálculo de la aceleración de caída, de la velocidad y de la posición en cualquier instante. ¿Se tratará de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado ?

El estudio de esta dependencia es muy importante, ya que guiará su diseño experimental que le permita contrastar las dependencias previstas.

IV-DISEÑO EXPERIMENTAL

Actividad-5

Proponer algún diseño experimental con el fin de verificar las hipótesis formuladas.

Tus diseños deberías contrastarles con los recomendados por personas con más conocimientos en experimentación, por ello deberías buscar en bibliografía de Trabajos de Laboratorio, formas recomendadas o propuestas. También en libros de física de bachillerato se dan al final de cada tema diseños experimentales que te podrían servir.

Disponiendo de una lámpara estroboscópica junto con una cámara fotográfica, pueden obtenerse las fotografías sucesivas correspondientes a las posiciones que adquiere un cuerpo en la caída libre. Esta fotografía la encontrarás en numerosos libros de física y puede servirte de referencia en tu trabajo.

Es útil el manejo de cintas registradoras que arrastran los cuerpos en su movimiento, y que pasan a través de cronovibradores ó marcadores de tiempo, en ellas también quedan impresas las posiciones para sucesivos tiempos. A través de estas cintas puede estudiarse la dependencia posición tiempo.

También puede tomarse un tiro horizontal para el estudio de la caída libre, teniendo en cuenta el principio de independencia de las fuerzas y de los movimientos.

Actividad-6

Haz un estudio de los aparatos de medida de que deberías disponer de acuerdo con tú diseño, para tomar los valores de aquellas magnitudes entre las que quiere buscarse la relación.

No olvides establecer un sistema de referencia, desde el cual te resulte sencillo medir las posiciones del móvil sucesivamente. Ten en cuenta el carácter vectorial y por tanto el signo positivo o negativo de las magnitudes vectoriales cinemáticas

En el caso de que utilizaras fotocélulas para medir los tiempos entre dos posiciones de la caída, no olvides que aunque vas a experimentar en una caída libre, cuando el cuerpo pasa por la primera fotocélula ya lleva velocidad.

Es importante que el profesor analice cada paso de lo que el alumno prevé realizar, para estar sobre las dificultades que puede encontrar, o más bien que no encuentra pero que si fuesen conceptos incorrectos harían que la experiencia fuese inservible.

V-REALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS DISEÑADOS

Actividad-7

Proceder a la realización de los experimentos diseñados registrando los valores en tablas.

Los estudiantes tienen ya la concepción general de los experimentos, no obstante, a la hora de llevarlos a cabo surgen siempre cuestiones a resolver, como puede ser:

- *La forma de soltar los objetos para que realmente pueda tomarse como caída libre. En este caso sujetar el cuerpo con una pinza de bureta y abrirla suavemente puede ser una forma sencilla y buena solución. Si se trata de una bola de acero, ésta puede sostenerse en la parte superior por la acción de un electroimán, cuando el interruptor se pulsa, se corta la corriente al imán, que hace que se suelte la esfera partiendo del reposo, el interruptor simultáneamente puede prepararse de forma que deje pasar corriente para accionar el reloj. Después de caer una determinada distancia la esfera choca contra un interruptor que se abre interrumpiendo la corriente al reloj y por consiguiente detiene su marcha .*
- *La verticalidad del movimiento puede comprobarse con una plomada.*

- *En el caso de establecer como sistema de referencia el suelo, a veces el alumno no entiende que la medida del vector de posición pueda ir disminuyendo con el tiempo.*
- *Qué objetos tomar para variar la forma, la masa, la superficie externa...etc. En este caso pueden tomarse perdigones metidos dentro de una bolsa, también manejar cuerpos con distintos tamaños, formas, masas y materiales.*

En todos estos aspectos el profesor juega un papel importante, que debe ser el de asesor en el momento oportuno, actuando como guía que abre caminos, pero que no les establece, dado que es al alumno al que se le debe dejar que piense y tome en consecuencia las decisiones en su trabajo.

Si utilizas cintas registradoras ten cuidado de que estén en ellas perfectamente marcados los puntos, que estén alineados y que no haya una doble marca que anularía el servicio de la cinta y también el del cronovibrador.

Si trabajas con un tiro horizontal, y te sirves de los impactos marcados en la caída, deben estar los que corresponden a una misma situación muy próximos, de lo contrario la experimentación no ha sido bien hecha; además tomar bien el sistema de referencia desde el que se estudia el movimiento, para que la relación entre camino recorrido horizontalmente y verticalmente resulte correcta.

VI- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Actividad-8

Proceder al análisis e interpretación de los resultados obtenidos, sirviéndote siempre que sea posible de representaciones gráficas, en las que puedas evidenciar las dependencias previstas en el estudio teórico previo entre las magnitudes involucradas.

Si se obtiene una ordenación de puntos en el espacio en forma de parábola, debes hacer el estudio matemático adecuado para la obtención de las constantes de la ecuación de 2º grado, que te darán información acerca del valor de las magnitudes que intervienen. Y si es una línea recta interpreta el significado físico de la pendiente.

Ten en cuenta que las magnitudes cinemática (aceleración y velocidad), son vectores con componente vectorial negativa.

La gráfica posición tiempo, habiendo establecido el sistema de referencia en el suelo, es una clara parábola que abre hacia abajo, dado que la aceleración de caída es negativa, y que corta al eje de ordenadas en la posición inicial. Debe procederse a obtener la ecuación de esta parábola para conseguir el valor de la aceleración.

VII-CONCLUSIONES

Actividad-9

Emitir las correspondientes afirmaciones acerca de si los resultados obtenidos confirman o no, si el movimiento es uniformemente acelerado, con la justificación de las ecuaciones previstas para este tipo de movimientos.

Actividad-10

Enumera las dependencias entre variables que has obtenido en esta investigación.

Lógicamente como el alumno ha trabajado con pequeñas alturas, comprobará la independencia de la masa, de la forma, del volumen, y explicará que la relación obtenida de $r = f(t)$ es una ecuación de segundo grado donde el coeficiente de t^2 es una constante negativa, que se corresponde de forma aproximada con la mitad del valor de la aceleración de la gravedad. también es posible que aparezca un coeficiente de t negativo, que correspondería a la velocidad que lleva el cuerpo al pasar en su caída por el primer punto estudio del movimiento.

VIII-ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Actividad-11

Elaborar y presentar un informe que recoja el trabajo realizado en esta investigación, y en donde se destaquen cada una de sus fases: Planteamiento del problema, Emisión de hipótesis, Tratamiento de datos, Obtención de resultados, etc. ...

Actividad-12

Busca en libros de Física General cómo es el movimiento de caída de paracaídas y cuerpos en el espacio, cuando lo hacen desde grandes alturas, donde la fuerza de rozamiento con el aire y el empuje no son despreciables. Concretamente busca la Ley de Stokes y su trascendencia. ¿Qué sucede con la velocidad de caída cuando ya lleva un determinado tiempo cayendo? ¿Sabes explicarlo?

Se trata de situar al alumno en la realidad de la física práctica, para que no se limite únicamente a situaciones ideales que si son base de su estudio, pero que tienen que ser completadas con las correcciones correspondientes en cada caso real.

Actividad-13

Busca, también en bibliografía, la resistencia que oponen los fluidos al movimiento de una lámina, y explica someramente por qué la caída de una hoja de papel o de una pelota de badminton no sigue de forma satisfactoria las leyes de la caída libre de los cuerpos aún para pequeñas alturas.

Es importante que el alumno, aunque no profundice en determinados campos de la física, se documente sobre las situaciones que no obedecen enteramente a la idealidad, y que sepa explicar someramente a qué es debido.

Actividad-14

Considera las perspectivas abiertas por la investigación, susceptibles de originar nuevos estudios

Debemos terminar, llamando la atención a los alumnos sobre el hecho de que el planteamiento y la solución de problemas como los anteriores, han de proporcionar resultados coherentes entre si. Ello contribuye a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, propiciando así, una vez más, la superación de los tratamientos puntuales que representan las prácticas de laboratorio habituales y familiarizando a los estudiantes con aspectos claves de la naturaleza del trabajo científico.

IX-BIBLIOGRAFÍA

- TIPLER, P.A., 1978, Física. ,(Reverté : Barcelona)
- EDWARD GETTYS, W., KELLER, F.J., MALCOLM, J.S., 1992. Física Clásica y Moderna (Mc Graw Hill : Madrid)
- OLARTE, M. , LOWY, E. , HIDALGO, M. SEGURA, M. , 1987. Física y Química - Bup 3 (S.M. : Madrid)
- DEL BARRIO,J.I. et al., 1991, Física y Química. Energía 3 .BUP-3 , (S.M. : Madrid)
- FIDALGO, J.A., 1990, Física y Química 3º BUP, (Everest: León)
- BURBANO DE ERCILLA, S. , 1974, Física General, (Librería General: Madrid)
- EISBERG,R.M. , LERNER, L.S. , 1988, Física: Fundamentos y Aplicaciones, (Mc Graw Hill: México)
- PLUMED,F., 1982, Prácticas de Laboratorio BUP 3º. Editorial Edelvives
- Guía de Experimentos de Mecánica, 1984, (ENOSA : Madrid)
- Experiencias para Laboratorio de Mecánica. 1984, (PHYWE: Madrid)

ANEXO - I**OPINION DE LOS PROFESORES ACERCA DE LOS TRABAJOS PRACTICOS**

(N° de Profesores encuestados 50)

1.- ¿Dispone el centro de laboratorio de Física y Química por separado?.

SI (38)... 76 % NO (11)... 22 % No tiene laboratorio (1)..... 2 %

2.- ¿Tiene el Centro alguna dependencia auxiliar que pueda utilizar en caso de montajes especiales que deben permanecer un tiempo?

SI..... (7)..... 14 % NO (41)... 82 % No responde (2).... 4 %

3.- ¿Tiene el laboratorio el material ordinario de funcionamiento en un Centro de Secundaria y Bachillerato?.

SI (44) .. 88 % NO (6).... 12 %

4.- ¿Realiza T.P. con los alumnos?

Habitualmente....(29)....58 % Esporádicamente...(20)...40 %
Nunca...(1)...2 %

5.- Si lo hace, ¿Con qué cursos lo hace ?. (especificar cursos)

2° BUP..(30)	3° BUP..(24)	COU - FIS...(22)	COU - QUIM...(24)	ESO..(6)
EATP..(6)				
26,8 %	21,4 %	19,6 %	21,4%	5,3 %
				5,4 %

6.- ¿De qué tiempo dispone para cada sesión de laboratorio?.

Un Período lectivo normal(45).....90 %
Un tiempo superior, (indicar cuanto) 1h. 30 min. . (2) 4 %
No responde..... (3)..... 6 %

7.- ¿Qué número de T.P. suele realizar en el año académico con cada curso?

Media.....6-7 trabajos

8.- ¿Cuántas sesiones suele utilizar con los alumnos de cada grupo para llevar a cabo los T.P. programados para cada curso?

Media8 sesiones

9.- ¿Cuántas de estas sesiones serían necesarias al año para llevar a cabo la programación como Vd. cree conveniente realizarla?

Media.....17

10.- ¿Qué distribución temporal aplica para los T.P. con los distintos grupos?

Período de prácticas continuado (4)..... 8 %
 " parcial de prácticas al trimestre(12).....24 %
 Utilización cíclica de laboratorio por niveles(19).....38 %
 Otros sistemas, (especificar cual): variados.....(15) 30 %

11.- ¿Considera positivo en el aprendizaje de los alumnos la realización de trabajos prácticos (T.P.)?.

Nulo..(0)..0 % Poco..(6)..12 % Bastante..(29)..58 % Mucho..(15)..30 %
 Excesivo.(0)..0 %

12.- ¿Para qué considera importante los T.P.?

1- Para conseguir conocimientos (7)..... 2,5 %
 2- Para afianzar conceptos fundamentales (46)..... 16,7 %
 3- Para conseguir habilidades y destrezas manipulativas 44..... 16 %
 4- Para que se familiaricen con las técnicas habituales del Trab. Exper.46 17,7 %
 5- Para que aprendan a tabular y hacer gráficas 42..... 15,3 %
 6- Para que aprendan a diseñar experimentos 4..... 1,45 %
 7- Para que aprendan a formular hipótesis 17..... 6,2 %
 8- Para que aprendan a seguir la metodología científica 30..... 10,9 %
 9- Para que aprendan el manejo de la bibliografía 5..... 1,8 %
 10- Para que aprendan a redactar un informe a la usanza científica. ..33..... 12 %
 11- Otros 1..... 0,4 %

13.- ¿Recibe el alumno algún tipo de exposición ó explicación teórico-práctica acerca del T.P., días antes de que entre al laboratorio a realizarlo?

SI (47)... 94 % NO (1) 2 % No responde (2)..... 4 %

14.- ¿Realiza con anterioridad al día asignado para el T.P. un pre-laboratorio con los alumnos donde se les explica, aparte del fundamento teórico-práctico, el proceso global del desarrollo de la práctica, es decir, preparación de bibliografía, cuestionarios, evaluación, modelo de informe, etc.?

SI (16)... 32 % NO ...(27) ...54 % A veces ..(1)2 % No Responde. (6)...12 %

15.- ¿Les da guión para seguir la práctica?

SI..... (41)... 82 % NO(5).....10 % A veces ..(1)2 % No Responde. (3)... 6 %

16.- ¿Este guión indica los pasos a seguir desde el principio al fin del desarrollo?

SI (36)... 72 % NO(9).....18 % A veces ..(1)2 % No responde . (4)...8 %

17.- O bien ¿Tiene aspectos abiertos en los que el alumno debe especular con sus conocimientos para llegar hasta el final del desarrollo del T.P.?

SI..... (8)..... 16 % NO ... (22) ...44% A veces ..(2)4 % No Responde. (18).36 %

18.- Cuando revisa los informes de prácticas, ¿le hace pensar que la experiencia ha sido aprovechada ?.

Poco(23) 46 %.... Bastante (22)..... 44% Mucho (0)...0 % A veces (3) 6 % No Responde(2)...4 %

19.- Indique por orden de mayor a menor, qué aspectos de los indicados en el apartado 12, consigue habitualmente en sus T.P. (Ejemplo 1 > 2 > 3 etc.)

3 > 4 > 2 > 5 > 1 > 8 > 10 > 6 > 7 > 9 > 11

20.- Los informes de los trabajos prácticos que le entregan los alumnos, ¿Son la mayoría una repetición del guión de prácticas que les ha proporcionado, completado con tablas y gráficas ?.

SI..... (37)... 74 % NO(9).....18 % A veces ..(1)2 % No responde .. (3)...6 %

21.- En su opinión, a la mayoría de los alumnos les gusta ir al laboratorio por:

1- Evadirse de una clase teórica (22) 33,8 %
 2- Porque completa su aprendizaje con la clase práctica (5) 7,7 %
 3- Porque les resulta estimulante y divertido (38) 58,5 %

22.- Cuando a los alumnos les pide algo más de lo que tiene como habitual en los T.P. ¿Cómo responden?. Lo hacen debidamente:

Pocos.(43)... 86 % Bastantes (3)..... 6 % Muchos (0)...0 % No responde (4)...8 %

23.- Cuando trabajan por grupos en los T.P., ¿observa Vd. que sus alumnos aúnan sus esfuerzos y conocimiento?

SI (28)... 56 % NO ... (18) ...36 % A veces ..(2)4 % No Responde (2)...4 %

24.- ¿Qué inconvenientes más importantes encuentra a la hora de llevar a cabo los TP?

1- De organización del centro (horario rígido de clases)	(41)	38,3 %
2- Falta de coordinación y cooperación en el seminario (4)	4	3,7 %
3- Programas teóricos excesivamente densos	(41)	38,3 %
4- Laboratorios insuficientes	(7)	6,5 %
5- Dotación de material insuficiente	(10)	9,4 %
6- Falta de motivación profesional	(5)	4,7 %
7- Otros: Excesivo número de alumnos	(1)	0,9 %
Falta de motivación del alumno	(3)	2,8 %
Falta de profesorado con horas disponibles	(1)	0,9 %
Bajo rendimiento en relación con el esfuerzo .	(1)	0,9 %

ANEXO -II

**EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO QUE TIENEN LOS ALUMNOS DE LA
METODOLOGÍA CIENTÍFICA, ANTES DE INICIAR EL TRABAJO
EXPERIMENTAL
(ALUMNOS 1º DE UNIVERSIDAD)**

Total de alumnos encuestados : 161

Se está llevando a cabo un estudio sobre los trabajos experimentales de laboratorio. Para ayudarnos, nos gustaría conocer lo que recuerdas sobre ellos, lo que supone que deis respuesta a las siguientes preguntas :

1.- ¿ Has estado antes en un laboratorio de Física ?

SI..... 112 ...69,6 %
NO..... 49 ... 30,4 %

2.- Si has estado antes en un Laboratorio, tu anterior experiencia práctica, Ha sido :

Individual En pequeños grupos Demostración Profesor

Individual 2 1,8 %
En pequeños grupos 93 83 %
Demostración Profesor 17 15,2 %

3.-¿ Conoces el camino ó forma de trabajo seguida por los científicos cuando realizan una investigación ?.....SI..... NO.....

<u>SI han pasado laboratorio</u>		<u>NO han pasado laboratorio</u>	
SI.....	7062,5 %	33.....	67,3 %
NO.....	4237,5 %	16.....	32,7 %

4.-Dá el nombre de cómo se conoce comúnmente a esa forma de trabajo seguida

<u>SI han pasado laboratorio</u>		<u>NO han pasado laboratorio</u>	
Correcto	7062,5 %	33.....	67,3 %
Incorrecto o no sabe.....	4237,5 %	16.....	32,7 %

5.-Enumera, en orden lógico de realización, los pasos de los que crees que consta todo trabajo de investigación :

	<u>SI han pasado laboratorio</u>	<u>NO han pasado laboratorio</u>
Perfectamente	10 8,9 %	12.....24,5 %
Tiene idea.....	9181,3 %	34.....69,4 %
Es incorrecto o no sabe	11 9,8 %	36,1 %

inmediatamente después de la observación. SI..... NO.....

Razona el porqué :

	<u>SI han pasado laboratorio</u>	<u>NO han pasado laboratorio</u>
Justifica correctamente el porqué.....	3127,7 %	17.....34,7 %
Tiene idea.....	3228,6 %	4.....8,2 %
Justifica incorrecta o no justifica	4943,7 %	28.....57,1 %

7.-¿ Qué normas recuerdas que sean importantes a tener en cuenta, a la hora de desarrollar el trabajo experimental en el laboratorio, en prácticas de Física ?

	<u>SI han pasado laboratorio</u>	<u>NO han pasado laboratorio</u>
Se acuerda de todo	1 0,8 %	0.....0 %
Se acuerda de parte	5246,4 %	6.....12,2 %
No se acuerda o no es correcto	5851,8 %	43.....87,8 %

8.-Si has estado antes en un Laboratorio, de tu experiencia anterior ¿ Recuerdas las prácticas de física realizadas ?...SI..... NO.....

9.-¿ Podrías enumerarlas ?

Se acuerda de todo	1 0,8 %
Se acuerda de parte	5650 %
No se acuerda o no es correcto	5549,2 %

10.-¿ Puedes indicar la utilidad de : un calibre, un polímetro, un vaso calorimétrico ?

	<u>SI han pasado laboratorio</u>	<u>NO han pasado laboratorio</u>
Conocen alguno de los instrumentos	3632,2 %	17.....34,7 %
Tiene una idea bastante imprecisa	1311,6 %	2.....4,1 %
No les conoce	6356,2 %	30.....61,2 %

ANEXO -III**GUIÓN DE PAUTAS PARA LA CONFECCIÓN DEL PROYECTO PREVIO**

- 1 -¿Qué problema se investiga?, ¿Puede formularse en forma de pregunta?
- 2 -¿Puede formularse alguna hipótesis?, ¿Es posible avanzar alguna respuesta al problema?
- 3 -¿Es posible, a partir de la hipótesis, hacer una deducción que facilite el diseño del experimento?, ¿Se puede relacionar la hipótesis con el experimento?
- 4 - ¿Qué factor/es modificarás a lo largo del experimento?, ¿Cuál es la variable independiente ?
- 5 - ¿Qué resultado prevés observar?, ¿Cuál es la variable dependiente?, ¿Cómo lo observarás?
- 6 - ¿Cómo te aseguras de que los resultados dependen de las modificaciones que has introducido?
- 7 - ¿Qué aparatos o instrumentos necesitarás?
- 8 - Elabora por escrito una planificación de la investigación. Divide el proceso en varias etapas y explica qué harás y por qué.
Una vez elaborada la planificación discútela, con el profesor o profesora, puede ser necesario introducir alguna modificación.

ANEXO -IV

CUESTIONARIO DE CORRECCIÓN DE LOS INFORMES DE LOS TRABAJOS PRÁCTICOS

Grupo: **Nombre:** **Nota :**

Curso: **Título:**

10	8	6	4	2	0
↑	↑	↑	↑	↑	↑
HECHO Perfectamente.	HECHO con: - Ligeros fallos numéricos - Cierta carencia de profundidad conceptual. - Faltan aspectos valorables en el trabajo	HECHO con: -Fallos de cierta importancia. -Apreciable escasez de conocimientos -Apreciable escasez de trabajo	HECHO, pero: -Sin fundamentación básica sólida. -Muy poco trabajo -Las conclusiones no son referidas a las hipótesis	MAL HECHO: -Muy mala fundamentación teórica. -No saben interpretar los resultados	NO REALIZADO.

(Esquema de valoración de cada una de las preguntas del Cuestionario y que se corresponden de izquierda a derecha con cada uno de los 6 casillas que se marcan al final de cada línea de revisión)

1- Formula pregunta/s coherente /s al hilo del problema objeto de la investigación.....

2-Fundamenta en base a las teorías científicas el problema motivo de estudio

3-Formula hipótesis de acuerdo con las predicciones fundamentales.....

4-Realiza diseño experimental satisfactorio.....

5-Tabula medidas y unidades acordes a los apartados y a las necesidades del diseño.....

6-Realiza transformaciones para la interpretación de los datos.....

7-Emite conclusiones justificadas de contrastación de las hipótesis.....

8-El informe que presenta sigue las líneas que corresponden a un informe científico.....

9-Discute críticamente el global del trabajo realizado.....

10-Formula nuevas preguntas que sean objeto de nuevas investigaciones.....

OBSERVACIONES

ANEXO - V

**EVALUACIÓN DIRECTA POR PARTE DEL PROFESOR, DE CÓMO SE ESTÁ
LLEVANDO A CABO LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL**

1-El trabajo práctico en su conjunto es llevado correctamente a la práctica, necesitando sólo simples aclaraciones de encauzamiento por parte del profesor para la realización

.....

2-El trabajo en el laboratorio ha sido llevado con corrección y creatividad, aunque ha sido necesario incluir alguna actividad más que les ayudara al entendimiento y desarrollo completo del trabajo

3-El trabajo en el laboratorio ha sido desarrollado con ayuda del profesor, necesitando explicarle cada uno de los pasos a seguir

CAPÍTULO CUARTO

Pequeñas Investigaciones Tuteladas

CAPITULO CUARTO

PEQUEÑAS INVESTIGACIONES TUTELADAS

4.1. ¿ QUÉ SON LAS P.I.T. ?

A continuación se hará una descripción detallada y crítica del método didáctico que lleva por nombre. “Pequeñas Investigaciones Tuteladas” y que en lo sucesivo, por razones de comodidad, abreviaremos con las siglas P.I.T.

Las PITs. suponen la puesta en práctica del modelo constructivista en el laboratorio, a través de la realización de un trabajo experimental continuado por un grupo de alumnos, a la usanza científica, bajo la tutela directa del profesor.

Por motivos obvios, el tema que ha de ser objeto de una PIT es monográfico, pudiendo en muchos casos no estar incluido en el currículo desarrollado en el aula. Es fundamental que suponga el desarrollo de una labor continuada por un grupo de alumnos, al igual que sucede en la verdadera investigación. Puede tratarse, bien de la reproducción de una investigación ya hecha en la que se pretende llegar a un resultado conocido de antemano, o bien un trabajo de aplicación que pretenda dar una solución aceptable a un problema científico. Como ejemplo de lo primero podríamos citar la reproducción del experimento de Foucault para demostrar la rotación terrestre, reproducir el modelo experimental de Békésy (1960) para demostrar el funcionamiento de la cóclea. Ejemplos de lo segundo podría ser el medir calores de vaporización de líquidos volátiles a través del tiempo de evaporación de una gota, estudio de los parámetros químicos del agua de un río, etc.

4.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO P.I.T.

El método PIT no está pensado para su utilización en exclusividad como sustitución de los TP tradicionales, pues aunque está diseñado para dar cumplimiento a las tendencias de la investigación en didáctica de las ciencias, adolece de diversas propiedades muy positivas que son propias de los TP habitualmente en uso, a las que en modo alguno se ha de renunciar, como son la ilustración de tópicos teóricos tratados en el aula, su eficacia en la escuela masificada, adquisición de habilidades manipulativas, etc.

Su concepción responde a una actitud muy realista, fundamentada en la evidencia de que la aplicación de los paradigmas considerados como ideales por los teóricos de la didáctica, resultan ser muchas veces inviables, máxime considerando la gran inercia que la comunidad educativa y la sociedad en general tienen para este tipo de cambios.

Como asegura Gil (1983), es bueno que en la enseñanza de las ciencias exista un perfecto equilibrio entre la adquisición significativa del conocimiento y la familiarización con la metodología científica. El actual sistema educativo se preocupa más por la adquisición significativa del conocimiento que por la enseñanza de la metodología científica. Pues bien, el método P.I.T. tiene como objetivo fundamental subsanar esta situación, favoreciendo selectivamente la familiarización con los procedimientos propios de la ciencia.

Se trata con este método de hacer simulaciones de auténticas investigaciones. Son simulaciones porque no son auténticas investigaciones de profesionales, por ello han de ser simulaciones tan logradas que nuestro joven investigador encuentre en su labor todas las variables y condiciones de trabajo con las que se encuentra un científico. Es algo así como esos Simuladores de Vuelo en lo que los aprendices de pilotos se ejercitan en unas condiciones lo más similares a la realidad. De esta manera, una vez que el piloto está a bordo del aparato real, sabe perfectamente y sin vacilación qué ha de hacer ante cualquier situación. El juego de los investigadores podría llamarse, de titular el método de una forma comparativa y breve, pues se trata -con todo el rigor posible- como de jugar a ser científico.

La P.I.T. no es una investigación científica real, como podría serlo una tesis doctoral, sino un método didáctico basado en la simulación de una investigación científica, de forma que cuanto más realista sea esta simulación, tanto mejores serán los resultados obtenidos.

Es preciso exponer :

- a) Que en una PIT bien montada y desarrollada, el alumno debe sentirse investigador que va a desentrañar algo que a priori desconoce.
- b) Que el profesor sabe a dónde va la cosa, debiendo conducir eficazmente y sin que lo perciban los alumnos, las situaciones, de modo que los alumnos no caigan en operativismos estériles, repetitivos, etc., y propiciando situaciones de aprendizaje de los procedimientos de la ciencia.

También insistiremos, con más detalle en próximos apartados, en lo esencial de la realización en grupo de este tipo de actividad, de acuerdo con el carácter eminentemente social del quehacer científico, anteriormente analizado, y de acuerdo también con los preceptos didácticos enunciados por Ausubel (1976).

4.2 LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES, OBJETIVOS DIDÁCTICOS DE LAS PITS.

Las Pequeñas Investigaciones Tuteladas son el marco ideal para conseguir muchos de los objetivos procedimentales de un currículo moderno de ciencias. Esta afirmación se basa en una serie de características de este tipo de actividad:

- a) Se ilusiona al alumno con el trabajo en el laboratorio, siendo éste consciente de que está haciendo algo nuevo, de que está comprobando las “verdades” que lee en los libros y oye en el aula.
- b) Lo que el alumno hasta ahora llama incluso peyorativamente "teoría", pasará a ser considerado fundamental para no andar a ciegas en su actividad investigadora.
- c) El alumno se familiariza con la bibliografía donde podrá acceder a puntos de vista alternativos y descripciones diversas de una misma realidad.
- d) Se aprende en toda su extensión lo que se ha dado en llamar el "método científico" referido a la elaboración de hipótesis, toma de datos, etc.
- e) El alumno se acostumbra al trabajo paciente para repetir la experiencia en casos negativos, y para idear caminos más breves para alcanzar su objetivo. Aquí la labor del que tutela las prácticas es fundamental para apoyar el esfuerzo.
- f) El alumno aprende verdaderamente a trabajar en grupo, no con el deseo frecuente de contradecirse, sino de estrecha colaboración con los demás, basada en el reparto de tareas.

El perfeccionamiento de este método es continuo, y no está cerrado ni mucho menos, pues siempre se puede desarrollar más acerca del análisis de los niveles de indagación que ofrecen las actividades propuestas, y del desarrollo completo de un sistema de evaluación específico para este tipo de actividad.

4.3 TRABAJO TUTELADO

El aprendizaje es un proceso activo en el que los estudiantes construyen y reconstruyen su propio entendimiento a la luz de sus experiencias (Osborne y Wittrock 1983 y 1985, Driver y Bell 1986, Shuell 1987). En los trabajos de laboratorio se ofrecen habitualmente escasas oportunidades a los estudiantes para poder examinar los conceptos subyacentes. Casi siempre el profesor es el que proporciona el marco conceptual, y lo hace dejando poco espacio para la construcción del significado personal. El profesor es quien controla la identificación del problema, la generación de hipótesis, el diseño experimental y los métodos para manipular e interpretar los datos obtenidos gracias a la observación, tal y como Zilbersztain y Gilbert (1981) afirman: *“La interacción con el profesor es una excusa para que el profesor presente su conocimiento”*. Peor todavía es el caso en el que los profesores presentan los experimentos sin una base teórica y sin distinguir entre *“fenómenos observados y explicaciones propuestas por el pensamiento creativo de la mente humana”* (revised Nuffield Chemistry 1975); una idea absurda que ha sido discutida detenidamente (Hodson 1986 a ,b).

El modelo de la PIT, aporta también otra manera de conducirse las relaciones entre profesor y alumno. Esta manera la quiere expresar la palabra *tuteladas*. Al igual que un tutor es el que acompaña al alumno en su tarea educativa, en el laboratorio este acompañamiento se hace más necesario. No se trata de quedarse al margen del proceso de conocimiento del alumno, pero tampoco de facilitarle en demasía las cosas, pues es el alumno el que debe ser el protagonista de su aprendizaje : no hay que darle las cosas hechas. El profesor en el laboratorio será el tutor que conoce a la perfección a cada uno de los alumnos y sabe dar a cada uno, o a cada grupo el apoyo necesario que en cada momento necesita, para superar momentos difíciles en los que la investigación parece atascarse.

Coincidimos con Hodson (1994), en que el tutor debe :

1º Procurar oportunidades enfocadas a que los estudiantes exploren la capacidad que tienen en un momento concreto de comprender y evaluar la firmeza de sus modelos y teorías para alcanzar los objetivos de la ciencia.

2º Ofrecer estímulos adecuados para el desarrollo y el cambio.

Es decir, el tutor debe dar pistas ; no debe dar la solución, aunque sea poca entidad, ante un interrogante planteado por los alumnos. Son los alumnos los que deben explorar y evaluar sus conocimientos para con ellos construir otros.

La parte anímica, o motivacional, es imprescindible para que los alumnos, a modo de juego, vayan recorriendo las pistas que se les ha dado, y vayan descubriendo con gusto las soluciones por sí mismos. Pocas cosas hay más motivadoras y generadoras de autoestima que el conocimiento alcanzado por uno mismo.

El tutor, mentalmente, podrá realizar los siguientes pasos para lograr lo que desea. En primer lugar debe identificar las ideas y los puntos de vista de los alumnos, para lo que tendrá que diseñar experiencias o preguntas a fin de explorar tales ideas y puntos de vista. Después debe ofrecer estímulos para que los alumnos desarrollen, y posiblemente modifiquen, sus ideas y puntos de vista. Continuamente apoyará los intentos de los alumnos de volver a pensar y reelaborar sus ideas.

Las indicaciones tendentes a ofrecer estímulos a los alumnos, conectan con las reflexiones que hicimos en el apartado 1.3. relativos a las actitudes científicas que debemos construir en los alumnos. Unas experiencias en la línea de ofrecer estímulos, son las tareas de predecir-observar-explicar desarrolladas por Gunstone et al. (1988) en las que se pide a los estudiantes que hagan una predicción por escrito razonando lo que creen que ocurrirá en determinadas situaciones. Durante la demostración siguiente que efectúa el profesor, los estudiantes apuntan lo que observan y a continuación se puede exponer cualquier discrepancia surgida entre las observaciones y su predicción. Tunnicliffe (1989) ha descrito actividades parecidas en una recopilación de estrategias que ella llama “ciencia basada en el desafío”. Estas técnicas pueden resultar útiles para llevar de la mano al alumno en su investigación, como proponemos en el modelo PIT.

El desafío, el reto ante la resolución o superación de un obstáculo tiene que convertirse en uno de los factores motivantes más determinantes en las PIT. En muchos otros ordenes de la actividad de un alumno, es el reto, la cuerda que se debe hacer vibrar para que esté motivado. El camino de la ciencia no deja de ser al fin y al cabo más que un reto, o un desafío para que el hombre pueda conocer y servirse de lo que le rodea.

4.4 INTERRELACIONES EN LAS ACTIVIDADES P.I.T.

Este modo de diseñar el trabajo en grupo en las PITs. es diferente en los modos en los que lo hace el estudio de **¡Error! Marcador no definido.**Roychoudhury (1996), sin embargo coincide mucho en las relaciones interpersonales de los componentes del grupo, y de estos con el profesor o tutor.

Las PITs, que suponen un estudio naturalista de las interacciones entre estudiantes en un laboratorio con ambiente constructivista nos ayuda a describir la naturaleza de las interacciones en varios grupos. Nuestra búsqueda nos condujo a desarrollar algunas ideas mirando la naturaleza de las interacciones estudiante-estudiante; la naturaleza de la interacción del pequeño grupo con el profesor; las interacciones involucradas en el manejo de la tarea; y los puntos de vista de los estudiantes hacia el trabajo en grupo.

En las observaciones de campo hemos comprobado que, primeramente, los estudiantes negocian unos con otros en un modo colaborador, en modo rivalidad, o siguiendo la decisión de la mayoría. Cuando los miembros de un grupo dividen una labor, pueden construir el significado de un concepto de un modo colaborador. Cuando los estudiantes no pueden conseguir comprender cada uno de los otros puntos de vista, ellos exigen ideas expresas y piden justificación y apoyos al tutor, como los adultos en las conferencias profesionales. Se llegaba al consenso a través de la regla de la mayoría cuando un grupo tiene que decidir entre propuestas iguales de poderosas; las propuesta seleccionada era la apoyada por la mayoría.

Durante la planificación y la fase de interpretación de datos de un experimento, las interacciones son principalmente verbales y toman forma acordándose la actuación de cada participante. Dependiendo del grado de participación de los diferentes miembros del grupo, tres modelos principales de interacción resultan. En interacción simétrica los estudiantes asumen un

estatus equivalente para contribuir por igual al proceso. Esta fase está marcada por un rápido esfuerzo entre los participantes. La interacción asimétrica hace girar todo sobre el estudiante con el papel central, quien acaba en un alto estatus por sostener el principal volumen de trabajo, y la interacción con el profesor. La interacción cambiante asimétrica involucra algunos logros de ambos modelos: estudiantes concretos dominan el discurrir durante extensos periodos de tiempo. Sin embargo el papel central cambia dentro del grupo. Granott (1991) informa de modelos de interacción que son en algo similar en algunas cosas observadas en nuestro estudio. Sin embargo en el estudio en colaboración observado por Granott (1991), el estatus cognitivo de los participantes era la premisa para la identificación de los modelos de interacción. En nuestro estudio, el grado de manifiesta participación en el discurrir era la base para el análisis de interacción de grupo. Los modelos interrelacionales no terminaron exhibiendo ninguna conexión con la realización académica de los miembros del grupo. En algunos casos el de peor expediente de un grupo contribuye significativamente durante la sesión de planificación, mientras que en algunos grupos el mejor alumno adopta una actitud pasiva. El profesor no acabó interviniendo para arrastrar a los miembros pasivos dentro de la conversación. Debido a la estructura natural de los grupos, los modelos interrelacionales se desarrollan espontáneamente. Sin cerrar la mirada a cada una de las interacciones durante un largo periodo de tiempo, es imposible deshilar todas las variables que puede haber contribuido a dar forma a las interacciones en los diferentes grupos.

Parece que los estudiantes en este estudio forman una comunidad de alumnos, donde las claras operaciones de los grupos y la mayor independencia frente al profesor marca en las interacciones apreciables diferencias con respecto a estudios con aulas tradicionales realizados por otros investigadores (Gallagher an Tobin 1987; Schmuck y Schmuck 1979). Se puede afirmar que el que todas las PITs en el presente estudio, se hayan llevado a cabo en Centros de enseñanza públicos, y hayan tenido siempre un carácter opcional, no obligatorio, para los alumnos implicados, son circunstancias que pueden ser explicadas en términos de cultura de aula.

Otro logro claro del proceso de enseñanza-aprendizaje del método PIT. es la libertad con que los estudiantes se pronuncian con derecho a elegir la dirección que tomará la investigación, dividir la carga del trabajo, y mantener en orden el trabajo en el laboratorio. Ellos son dueños de su investigación y están siempre pendientes de ella, limitados sólo por el tiempo, equipo, y otros recursos. Observamos , en muchos casos, a la hora de repartir responsabilidades,

un estatus igual entre los estudiantes. La participación del estudiante en este laboratorio no acabó permitiendo alguna aparente conexión para la realización del estatus de los estudiantes. ¿Cómo se reparten las tareas?. En modelo simétrico cogen tanto las tareas de dirección como las fáciles, tal como adquirir materiales, como labores bien conocidas, tal como representaciones gráficas o de meter datos en el ordenador. Una buena explicación para este comportamiento tan responsable hacia la participación en grupo puede ser dada por la yuxtaposición de la limitación del tiempo que el estudiante tiene para las tareas del laboratorio. Es completamente probable asegurar que los estudiantes tienen una motivación intrínseca para coger un papel de actividades en el trabajo que sea designado por ellos mismos y completar los experimentos para ver la consecuencia de lo que experimentan. Además ellos trabajan con la restricción del tiempo asignado para cada tarea de la investigación, y las contingencias de las actividades están abiertas, sólo estas contingencias incrementan la demanda de tiempo.

El que los alumnos dividieran las tareas ellos mismos, pusieran tiempo límite, probablemente se convirtió en una necesidad bastante mejor que si hubiera sido por una imposición del profesor. También, sus intentos independientes por resolver los problemas que les surgen en varias etapas de las actividades de laboratorio no tienen propiedades mágicas, y es más que probable que no siempre acierten con la solución necesaria. Debido a lo limitado del tiempo, y su interés por completar la investigación, suele ser natural que recurran espontáneamente al tutor, aunque si éste no está disponible hacen esfuerzos para continuar con su investigación.

En los casos donde la participación de cada estudiante no era equivalente, por ejemplo en el caso de interacción asimétrica, la participación centralizada estaba caracterizada por la responsabilidad y la independencia. En algunos grupos, todos los miembros no son lo bastante creativos para generar ideas para nuevos experimentos. Sin embargo, en tales situaciones al menos un miembro del grupo asume la responsabilidad de diseñar un experimento con la ayuda de alguna sugerencia del profesor. Como tal, estas interacciones con el profesor parecen ser asimétricas. Si creemos que todos los estudiantes están comprometidos en el transcurrir de la PIT, entonces algunas líneas-guía del profesor pueden ser necesarias para ayudar a todos los miembros de un grupo para participar en la generación de ideas.

En la comunidad de trabajo el profesor y los estudiantes establecen más normas sociales a base de la práctica. Pero en el laboratorio, el profesor y los estudiantes no mantienen el mismo estatus y así hay una potencial diferencia para influenciar en las normas sociales. El profesor

necesariamente representa una autoridad que ellos tienen para guiar la investigación, para lograr aumentar en los alumnos el desarrollo conceptual y su inculturización dentro de las PITs. El papel del tutor en tal ambiente, particularmente durante la comunicación, involucra dos niveles. En el primer nivel los profesores y los estudiantes hablan sobre el tema principal de la PIT. El tutor en la PIT en estudio, es como un interlocutor socrático que ayuda a los estudiantes con cuestiones guía para que construyan su propio significado, o como un entrenador que provee la estructura o el andamiaje, incluso que aporta una explicación explícita en áreas que son poco familiares a los estudiantes. En el segundo nivel, un nivel metacognitivo, el tutor y los estudiantes hablan casi por hablar, sobre la PIT. A este respecto, el tutor está atento a ayudar a los estudiantes a desarrollar normas sociales que obliga a todos los miembros a participar durante la discusión (Cobb et al. 1991). Este nivel de papeles del tutor supone una intervención directa para guiar la comunicación y que siempre todos los miembros del grupo estén manifiestamente comprometidos en la interacción. El profesor adopta un papel activo al iniciar y guiar los cambios en la investigación práctica para ayudar a los estudiantes a formular el plan para su investigación, pero no intentará arrastrar a los miembros pasivos en la discusión. Tampoco debe intentar iniciar la negociación entre sistemas de organización incompatibles culturalmente si se dieran entre miembros de un grupo, como sugiere Bloome (1989).

Siguiendo las sugerencias observadas en la intervención del tutor en la PIT, y para futuras investigaciones sobre estas relaciones entre alumnos, se sugieren varias cosas. Primero, los profesores necesitan dirigir la participación de los miembros del grupo durante la discusión y animar a cada individuo a contribuir a la generación de ideas e interpretaciones. Segundo, una sesión de tormenta de ideas al comienzo de un nuevo experimento puede ayudar a engendrar nuevas ideas en los estudiantes menos creativos. Tercero, a cada estudiante se le puede asignar la tarea de generar, al menos una cuestión focal antes de llegar a la sesión de planificación para un nuevo experimento. Cuarto, los tutores necesitan adoptar el establecimiento de normas con preguntas a los estudiantes para pedir de cada uno otra elaboración, justificación y apoyo de las ideas individuales. En orden a ayudar a los estudiantes a desarrollar estos conocimientos prácticos, los profesores pueden necesitar modelar la PIT durante la investigación cuando se ve que son pocas las ideas que genera el grupo.

El grupo de interacciones, en sí mismo, tiene muchas facetas y se convierte inherentemente en tanto más complejo cuanto más abierto es el trabajo de laboratorio, es decir, la propia PIT que tiene muy pocas restricciones estructurales. Los estudios detallados en las interacciones de grupo

nos van dando experiencia en la captación dentro de la dinámica de grupo, particularmente sobre cómo los grupos evolucionan y se convierten en unidos y estables, y el desarrollo de normas culturales que subyacen por debajo de claras interacciones en un grupo. También sobre el por qué de que los mejores estudiantes puedan alguna vez quedarse pasivos en el grupo. Estaba poco claro, por tanto, cómo estos estudiantes construyen el significado desde las actividades de grupo. Además, los estudios requerían explorar cómo esta pasividad de los miembros del grupo construye el significado desde la negociación y el consenso.

4.5 PREPARACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PIT

Desde que se comenzó a hablar de los trabajos prácticos como pequeñas investigaciones, se suele criticar, como hace Pontes (1989) que necesitan de mucho tiempo, en contraste con la extensión de los programas. Por supuesto, el problema del tiempo no es una cuestión sin importancia. Un aprendizaje significativo exige unos contenidos mínimos que muestren el carácter de cuerpo coherente de los conocimientos científicos (*Hodson 1985*). Por otro lado, es cierto que los temarios enciclopédicos son una de las barreras fundamentales para el planteamiento correcto de la enseñanza/aprendizaje, y que es una fundamentada reivindicación la petición de una reducción de los currículos (Piaget 1969, Linn 1987).

Pero, no nos engañemos, con tratamientos rápidos no se pueden producir más que aprendizajes superficiales (Carrascosa y Gil 1985), y a menudo confusos. Es precisamente en la medida en que una estrategia de aprendizaje exige tiempo, cuando se producen aprendizajes significativos. Por ello, es preciso conseguir un equilibrio entre dos situaciones contrapuestas que no pueden ser ignoradas; por un lado la profundización, y por otro lado la búsqueda de la coherencia entre los conocimientos mínimos establecidos en el currículo.

4.5.1. SELECCIÓN DEL TEMA

Es lo primero y más fundamental. El tema objeto de la PIT puede ser la reproducción de una investigación ya hecha, o bien tratarse de un trabajo de aplicación.

Los posibles temas de las PITs, muy bien podría concretarse en ensayos, medidas o descubrimientos realizados desde la antigüedad (Péndulo de Foucault, Atmósfera primitiva de Urey Muller, determinaciones astronómicas, etc.). En estos casos, la mayor parte de las veces, no

se tratará de descubrir o investigar nada nuevo, pero sí el reproducir lo ya hecho, y hacerse a la idea de los pasos que recorrieron investigadores anteriores.

Es una idea aceptada hoy, el que la inclusión de puntos históricos en las clases de ciencias, y por lo tanto también en el laboratorio, constituye una ayuda pedagógica importante, además de una fuente de enriquecimiento cultural. De este modo la historia sirve para reforzar la física o química que enseñamos, y analizar todos los contextos relacionados.

Este tipo de temas sirven como ayuda pedagógica por varias razones :

- Despierta la curiosidad y el interés del estudiante.
- Permite mostrar cómo surge y se desarrolla una idea, un concepto o una teoría ; facilitando además que el estudiante pueda corregir un preconceito erróneo. El orden deductivo deja subsistir a menudo concepciones y representaciones erróneas, demasiado próximas a nuestra experiencia diaria, para cuyo desarraigo no hay posiblemente un método más eficaz que el estudio crítico de la historia de dicho error, y su refutación.
- Enseña a formular hipótesis, ejercitando el pensamiento imaginativo

También, estos posibles temas PIT, supondrán una fuente de enriquecimiento cultural porque introduce las ciencias en la Sociedad (origen, consecuencias, aplicaciones), y muestra cómo las ciencias son una aventura humana. También, permite explicar la evolución de las ideas científicas y su inclusión en un contexto más amplio como es el de la historia de la Humanidad.

Con estos temas PIT, pondrá de manifiesto ante el estudiante como el que descubre está condicionado no sólo por los hechos en sí, sino también por la cultura del momento. En cuanto a la realización de la investigación, la práctica indica que cuanto más rudimentaria sea la experiencia histórica ligada al tópico que se quiere demostrar, más se pondrá en evidencia el fenómeno a estudiar. Por lo que siempre que resulte posible, es preferible un montaje elemental y sencillo a un aparato sofisticado y moderno.

Las fuentes bibliográficas y de información para la elección de los temas PIT son de lo más disperso y variopinto. No obstante podemos citar algunas publicaciones de carácter más representativo que constituyen un potencial para la elección de la PIT. :

Bulletin de L'Union des Physiciens
Journal of the Chemical Education
Investigación y Ciencia
Mundo Científico
American Journal of Physics
School Science Review
The Physics Teacher
Physics Educations
Revista Española de Física
Education in Chemistry

La Base de Datos Silver-Platter Information Inc, está disponible mediante el programa SPIRS

Los siguientes libros pueden ser una muy buena referencia de temas PIT, por ofrecer muchas ideas: Ainley y Ellis (1992) ; Jennings (1987).

Pero en realidad es el propio profesor el principal y más decisivo artífice de la idea medular de un tema PIT. Ello supone por parte de éste una actitud permanentemente receptiva y abierta a todas las posibles ideas. Así en cualquier libro o publicación puede surgir la ocasión de idear un trabajo de esta naturaleza.

La elección del tema será una de las tareas que requieran más detenimiento y precisión. Primero por que hay que adaptarse, y la temática debe ser accesible a los alumnos a los que se les va a ofrecer ; y segundo, por que el tutor debe haber recorrido con anterioridad buena parte del camino. Es decir, el tutor habrá valorado, e incluso desarrollado en la práctica la PIT por adelantado, de forma que conoce bien buena parte del camino.

No se trata de tenerlo todo perfectamente programado y organizado, para que se sepa en su totalidad los objetivos didácticos que se van a conseguir, como lo exigen los programas-guía de Payá (1991). Las PIT tienen el elemento improvisador, común a toda investigación, que de que en principio no se sabe qué te vas a encontrar.

Unos temas PIT mejor que otros, cumplirán una serie de virtudes en base a los conocimientos o procedimientos que deseamos transmitir a los alumnos con el trabajo de laboratorio. Por lo tanto, se recogen ahora una serie de virtudes básicas, que vendrá a ser como el cedazo por el que debamos hacer pasar cualquier idea sobre tema que deseemos convertir en PIT.

Para que un tema pueda dar lugar con éxito a una P.I.T. ha de cumplir una serie de condiciones muy concretas :

- a) Ha de ser realizable con material experimental disponible en el laboratorio, o en caso contrario, su coste ha de ser razonable. Aquí, en ocasiones, será necesario del ingenio de tutor y alumnos para que con medios de normal uso en cualquier laboratorio escolar, pueda sacarse a éste el máximo partido, y no sea necesario disponer de materiales especiales. Este saber sacar todo el partido a los medios tradicionales, no deja de ser un objetivo más que estaremos transmitiendo a los alumnos
- b) Ha de ser realizable en un periodo de tiempo nunca superior al de un curso académico. Es decir, la complejidad del tema no debe hacer interminable la tarea. Resulta apropiado señalar como tiempo promedio de duración el de un trimestre, dependiendo del número de días y horas diarias que se trabaje, y dependiendo también del tema elegido como PIT.
- c) No ha de ser rutinario. Aunque la verdadera investigación es casi siempre muy rutinaria, esta situación se ha de evitar en una PIT como primera medida para evitar la desmoralización de los alumnos. Hay que comprender que los alumnos jóvenes suelen carecer de la paciencia necesaria que hizo, por ejemplo a Pasteur separar a mano isómero cristalinos. La constancia debe dejarse para que la vayan adquiriendo sin sobresaltos.
- d) No debe implicar la utilización de conceptos inasequibles para los alumnos. Sería absurdo, por tanto, buscar un tema PIT en el campo de la Mecánica Cuántica, por ejemplo. No debe olvidarse que los alumnos a los que va dirigido este método distan aun bastante por sus conocimientos, de los postgraduados universitarios. Podrían ser ideas asequibles las siguientes : el seguimiento de una magnitud a través del control de otra, existiendo una relación causa-efecto simple ; temas en los que se den procesos inductivos, que se vaya de lo concreto a lo abstracto, por ejemplo midiendo el tiempo y la disminución de masa de un

líquido volátil podremos calcular incrementos de entalpía ; seguimiento y control de diversas concentraciones de reactivos, etc.

- e) El tema elegido debe poner en juego todas las fases del método científico: emisión de hipótesis, diseño experimental, realización de experimentos, y análisis-discusión de los resultados. Cuanto más posibilidades aporte la PIT a los pasos anteriores del método científico, tanto más se estarán cumpliendo los objetivos.
- f) El tema conlleva a un uso amplio de bibliografía. Si uno de los propósitos de la Logse es que los alumnos sepan entender términos y lecturas científicas, qué mejor medio que acostumbrarle a utilizar las revistas -no sólo de divulgación- en las que se narran investigaciones semejantes a las que él pretende hacer, y en la que ,sobre todo, va a encontrar atajos a su labor, o evitar recorrer senderos que otros ya han recorrido.
- g) Siempre que los medios y conocimientos lo permitan podrá basarse la PIT en la aplicación del principio de integración de materias. Una forma práctica de decidir si un tema puede dar asiento al desarrollo de un tema PIT es aplicar el siguiente test de Tamir (1992b). Originariamente ese análisis se diseñó para las prácticas que proponen los libros de texto para realización en el laboratorio, pero nos parece también perfectamente aplicable a los posibles temas PIT.

The Laboratory Dimensions Inventory (LDI)

Inventario de dimensiones para evaluar el TP diseñado por Tamir. Consiste en ocho dimensiones a las que hay que contestar con Si o No.

- a) *Dimensión social.* ¿Los estudiantes han de trabajar individualmente o en pequeños grupos ? Han de realizar todos la misma investigación o, por el contrario, cada grupo investiga un aspecto diferente y luego se ponen los resultados en común ? ¿Se les pide una discusión después de la práctica ?.
- b) *Conocimientos previos* ¿Qué conocimientos previos se necesitan para poder realizar adecuadamente el trabajo de laboratorio ? ¿Han adquirido los estudiantes las habilidades técnicas para su realización ?
- c) *Relación con la teoría* ¿Se considera que la teoría es básica para la investigación ? ¿Es necesario encontrar una explicación a las hipótesis mediante el soporte teórico

pertinente ? ¿Se pide a los estudiantes que relacionen sus resultados y conclusiones con la teoría ?

- d) *Obtención de los datos ¿Cómo se obtienen los datos ? ¿Gracias a observaciones directas, mediante indicadores (ejemplo cambio de color), utilizando aparatos de registro automático, o bien, mediante ordenador ?.*
- e) *Complejidad de los instrumentos ¿La complejidad de los instrumentos es adecuada a la finalidad que se persigue ?*
- f) *Análisis de datos ¿Qué tipo de análisis piden en el texto ? ¿Son adecuados ? ¿Existe una alternativa mejor ? ¿Se ayuda a los estudiantes a encontrar la forma más idónea de expresar, presentar y comunicar los datos ?.*
- g) *Tiempo ¿Sugiere el texto la duración que debería tener la investigación ? Si se tiene en cuenta el tiempo dedicado a la investigación, ¿se considera que vale la pena realizarla ?. El tiempo necesario para su realización, ¿es compatible con la distribución del horario escolar ?*
- h) *Aprendizaje de conceptos ¿Está pensado el trabajo de laboratorio para enseñar un concepto importante ? ¿Las actividades sugeridas, ¿ayudan a abandonar las “ideas previas” y adoptar conceptos científicos adecuados ?.*

Uno de los objetivos principales de la reforma española de la enseñanza es presentar a los alumnos una visión integrada de la ciencia ; las PITs. pueden contribuir a ello. En España, el nuevo currículo para los primeros cursos de la enseñanza secundaria estipula una sola asignatura de ciencias -Ciencias Naturales- para todos los alumnos, integrando en ella temas de biología, geología, física y química. También ha aparecido la asignatura de Tecnología para dejar aún más clara las repercusiones de la ciencia.

Esta tendencia hacia la integración tiene otras raíces, aparte de las asociadas al deseo de hacer la ciencia más práctica para los estudiantes. Los propios científicos mismos -sobre todo los de la industria aunque también los de universidades- encuentran cada vez más necesario cruzar los límites disciplinares para llevar a cabo sus propias investigaciones. Resulta evidente constatar que los campos transdisciplinares están proliferando a una velocidad impresionante, y tienen un demostrado éxito: geofísica, bioestadística, investigación de materiales, biomecánica y muchos más. En consecuencia, para hacer que en las escuelas la ciencia sea más auténtica, para hacer que se corresponda más estrechamente con la naturaleza de la ciencia en el mundo real, el contenido de lo que estudian los alumnos debe hacerse más interdisciplinar (Atkin 1995).

Como por otro lado, existe una meta adicional en la reforma de la educación española: enseñar a los alumnos sobre procesos científicos, se debe implicar a los alumnos en actividades que les ayudan a utilizar y entender las formas científicas de conocer. Las experiencias de primera mano son más cautivadoras y motivadoras. Este desarrollo se percibe como particularmente importante para llegar a toda la gama de alumnos. El objetivo de englobar a una población estudiantil mucho más inclusiva ha llevado, a menudo, al desarrollo de experiencias más concretas para los alumnos, lo que frecuentemente significa incorporar estilos de enseñanza que ayuden a los alumnos a entender el proceso científico mediante su participación de primera mano en las “investigaciones científicas”, como las PITs.

Desde que en 1989 la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) impulsara una investigación exhaustiva sobre la enseñanza de las ciencias en sus países miembros, se ha puesto de manifiesto que los países participantes no estaban satisfechos con sus programas. Aunque como en Japón, los conocimientos de los alumnos fuesen altos, preocupaba que en creatividad los niveles fueran muy bajos, por ello se hizo hincapié en adelante, en la resolución de problemas y pequeñas investigaciones originales

Actualmente, las cuestiones medioambientales preocupan más, y esto se deja notar en los currículos. En nuestras PITs, es lógico que puedan ser los temas medioambientales objeto de investigación. Por ejemplo, los alumnos pueden investigar los efectos de la lluvia ácida en su comunidad, qué lo produce, y cómo puede mitigarse. Los temas por tanto, que redunden en investigar problemas prácticos y comentarios serán buenos temas

Este nuevo énfasis en las cuestiones prácticas, diarias, trae otras consecuencias. Se está haciendo hincapié en las conexiones entre varias disciplinas científicas. Ya no estará tan clara la separación de materias. Al estudiar los efectos medioambientales de la lluvia ácida, ninguna disciplina aislada es adecuada para comprender estos efectos o mitigar las consecuencias. Intervendrá la química que explica el efecto de los niveles de pH sobre el hormigón y otras materias. Tenemos la biología, que ayuda al alumno a entender cómo se ve afectada la vida en un entorno de lluvia ácida. Están las ciencias de la tierra, que ayudan a explicar cómo los patrones meteorológicos producen efectos distintos con relación a la lluvia ácida en lugares diferentes. Luego existen otros aspectos sociales sobre juzgar la calidad medioambiental que deseamos, los grupos de interés, las normativas industriales, etc. Si se pretende que los alumnos

estudien la lluvia ácida de manera que comprendan el fenómeno y hagan algo al respecto, es necesario relacionar las ciencias unas con otras : “integrarlas”.

Desearíamos que el tema elegido como PIT tenga unos componentes abundantes de indagación, para que sean ellos los que verdaderamente conviertan a un alumno en investigador. Por eso, no estaría mal que acudiéramos a un test ya clásico para analizar los niveles de indagación que ofrecen las actividades experimentales, se trata de la escala de Herron (1971) . Esta escala permite clasificar las actividades prácticas en función de la forma en que plantean el problema (abierta o cerrada), la autonomía que tiene el alumno para diseñar su trabajo (abierto o cerrado) y el tipo de respuesta que pretenden (abierta o cerrada). Así, se clasifican los trabajos prácticos en cuatro niveles de indagación según combinaciones.

Si se trata de introducir en un centro escolar la técnica de las PITs., y los alumnos nunca han realizado nada semejante, será bueno que al principio sean investigaciones sencillas, escogida tal vez de una lista comprobada de investigaciones que hayan dado resultados positivos previamente, diseñadas y desarrolladas por el tutor, pero al fin y al cabo, investigaciones completas,. Hay algunos datos que apuntan a que puede ser más productivo empezar por los problemas de “tipo ingeniería” (cuyo objetivo es optimizar resultados deseados o interesantes), y luego hacer una transición a los problemas de “tipo científico” (cuyo objetivo es identificar y comprender las relaciones casuales entre variables), porque tal como argumentan los autores, los primeros se adaptan mucho mejor a las estrategias intuitivas que los alumnos emplean para resolver problemas y su habitual forma de pensar (Hodson 1994).

En cambio, Lock (1987) y Fensham (1990) han abogado por la utilización de problemas tipo consumidor como una manera de iniciar a los estudiantes en investigaciones personales. Con el tiempo, se pueden actuar independientemente, escogiendo sus propios temas y enfrentándose con ellos a su manera. Así, experimentan el proceso completo, desde la identificación inicial del problema a la evaluación final, incluyendo “la emoción del éxito y la angustia que provoca la planificación inadecuada o las decisiones erróneas” (Brusic 1992). Con estas actividades, el alumno se acerca lo máximo a lo que es hacer auténtica ciencia.

4.5.2. SELECCIÓN DE LOS ALUMNOS

El método PIT está concebido para grupos de unos 6 alumnos. Un profesor podrá tutelar uno, dos, o tres grupos a lo sumo, y a no ser que los grupos académicos sean reducidos, o el tema central de la PIT sea común para alguno de esos grupos.

De entrada, se hace preciso hacer una selección atendiendo a criterios de calidad académica y a la motivación por la asignatura. Sin no existen estas dos condiciones en al menos la mayoría de los componentes del grupo, será muy difícil echar a rodar una PIT.

Por regla general, los alumnos que estudian los nuevos bachilleratos son los más idóneos para este fin, de acuerdo con los principios de madurez intelectual expuestos por Piaget (1970). También se tiene un mejor conocimiento de estos alumnos, de cara a su selección. No obstante añadiremos algunas experiencias realizadas con alumnos que cursaban 4º de ESO, y otros que cursaban 1º curso en una facultad universitaria. Para los casos anteriores también se puede aplicar la PIT, siempre que adaptemos los contenidos de la investigación a los niveles accesibles a los conocimientos de los alumnos.

Puede ocurrir que al proponer a ciertos alumnos trabajar en una investigación no deseen realizar el esfuerzo necesario que supone trabajar investigando y prefieran escuchar del profesor lo que hay que aprender y hacer: como siempre. Pueden decir que esta forma de trabajo les desorienta y les conduce a aprendizaje faltos de orden, por lo que prefieren el orden de una explicación y el seguimiento de unas instrucciones precisas. O bien, dicen que se aburren y no desean implicarse en las tareas que se les proponen, encontrando menos molesto escuchar o aparentar que escuchan (White y Gunstone 1989). Todos ellos son peligros muy reales: trabajar con PIT no es una garantía para conseguir el entusiasmo de los alumnos, y las actividades pueden carecer, efectivamente de interés o el profesor puede no llegar a transmitir su pasión por aquello que se está estudiando.

Es tarea del tutor, por lo tanto, saber motivar hacia la investigación a aquellos alumnos en los que aunque no tengan aparentes deseos, sin embargo, tengan condiciones de investigadores. No se puede renunciar a que haya que vencer ciertas inercias para poner al alumno en condiciones de descubrir nuevos mediterráneos.

4.5.3. LUGAR, MATERIAL Y HORARIO

Dada la naturaleza de estas actividades, lo ideal sería disponer no ya del laboratorio tradicional, de 30 o 40 puestos, sino otra dependencia con los medios tradicionales, pero con menos puestos de trabajo. Los centros de reciente creación afortunadamente se están adaptando a las modernas necesidades pedagógicas y ya, la instalación del laboratorio suele tener únicamente de 24 puestos de trabajo. Este es un buen lugar para trabajar, pero siempre que se destinara como uso exclusivo de los grupos PIT, pues la escasez de espacios, lleva a la saturación de los laboratorios por los que distintos grupos y profesores que trabajan allí en los mismos días, generándose problemas por ello. De darse estas circunstancias se dificultarían seriamente las PIT pues requieren un laboratorio aparte..

El material necesario viene determinado por la PIT elegida. La dotación material de los laboratorios aportará los medios suficientes, pero en otras ocasiones habrá que adquirir material, sin prescindir de una buena dosis de ingenio para conseguir otros medios a bajo coste.

El horario, convendrá que sea fuera de las horas de clase convencionales, ya que por propia condición, las actividades PIT han de quedar enmarcadas para alumnos de la enseñanza secundaria entre las actividades extraescolares, dentro del sistema educativo vigente. En la enseñanza universitaria concurren otras circunstancias de horarios y composiciones de grupos que pueden aportar sus propias características.

Se ha de procurar que las sesiones de trabajo no sean demasiado largas, que sean numerosas y distribuidas con regularidad, siempre sin estorbar las actividades del aula.

4.6 MODELO EVALUATIVO EN LAS PITS

Normalmente para juzgar la validez de un método, se suele recoger una muestra suficientemente grande con objeto de poder generalizar. Sin embargo, no siempre esto debe ser así, pues no hay que confundir la investigación didáctica con los trabajos de tipo sociológico. A pesar de haber dedicado varios años a la aplicación de las PITs, en distintos niveles de alumnos, nunca el número total de ellos ha sido grande, y no se ha obtenido resultados representativos de una

población. Por el contrario, hemos pretendido abordar el tema concreto de trabajar investigando (PIT) en profundidad, sin recurrir necesariamente a muestras muy amplias.

Por otra parte, en educación interesan en general, las grandes diferencias, lo que evidentemente reduce las exigencias de tamaño de las muestras para poder considerar que dichas diferencias son estadísticamente significativas (Wilson et al. 1986, Hayman 1981). Este es el caso, por ejemplo, de la tesis doctoral de M. Hewson, basada en el trabajo realizado con unos 40 alumnos (Hewson y Hewson 1984). Por supuesto ello plantea el problema de la generabilidad de los resultados, generabilidad que, como es lógico, hay que buscar fundamentalmente en la replicación de las investigaciones realizadas por otros autores.

Por otro lado, la generalización de conclusiones podría verse afectada, pues durante estos pasados años se ha estado trabajando al modo PIT con ciertos alumnos, y simultáneamente otros compañeros seguían los métodos tradicionales de trabajo de laboratorio. Este hecho hay que tenerle en cuenta, pues conduce al denominado *efecto Hawthorn*, que consiste en que los resultados que se obtienen de los grupos experimentales con los que se ensaya cualquier innovación, son sistemáticamente mejores que los del grupo de control. Dicho efecto se interpreta a menudo como una causa de error en los resultados de las investigaciones aduciendo que tanto los profesores como los alumnos que son conscientes de estar participando en algo innovador, ponen más interés en que las cosas salgan bien, que el resto de los compañeros (Hayman 1981). Con objeto de que esto no pueda interpretarse como una ventaja que no tienen los denominados grupos de control, haremos que siempre que sea posible éstos se sientan como si fuesen grupos experimentales. Es decir: aunque pueda tratarse de un grupo control, se le plantearán todas las propuestas (a alumnos y profesores) como si fueran realmente innovadoras (Gené 1986)

El concepto de “evaluación holística” ha guiado nuestro pensamiento a la hora de diseñar el modo de evaluar las actividades PIT. El holismo es la tendencia del universo a crear espontáneamente unidades de complejidad creciente. El trabajo de laboratorio concebido como realización de una investigación aporta un grado de complejidad en cuanto a las variables que sería necesario controlar minuto a minuto, para evaluar el aprovechamiento del alumno, que se utiliza el holismo o actividad holista.

Este enfoque holista del quehacer científico obliga a que la evaluación de su enseñanza, y consecuentemente la del denominado trabajo práctico, se lleve a cabo también de una manera holista, sin intentar aislar ni medir el tipo de conocimiento tácito, teórico o las destrezas que se supone que están siendo empleadas. Los profesores deberán utilizar su capacidad de expertos para juzgar la calidad de la investigación realizada por los alumnos (Barberá y Valdés 1996). Una evaluación adecuada de cómo se hace ciencia debe contemplar la naturaleza personal de la investigación y los cambios de dirección que realizan los estudiantes en cualquier momento del proceso, así como los motivos empleados para decidir el cambio de dirección (Toh y Woolnought 1990). Si para poder evaluar imponemos un orden a este proceso, que es de naturaleza interactiva y desordenada, a la vez estamos imponiendo un grado de rigidez que destruye su esencia creativa (Kimbell, 1991).

Por lo tanto, la evaluación holista se presenta no sólo como conveniente, sino necesaria para llevar a cabo en la enseñanza un tipo de trabajo práctico que refleje auténticamente el espíritu del quehacer científico, y naturalmente este tipo de enfoque sólo podrá funcionar con profesores que tengan experiencia, y que tengan experiencia personal en haber realizado investigaciones científicas.

Esta manera de entender la enseñanza de las ciencias y su evaluación es liberadora para los profesores y puede producir en ellos un poderoso estímulo para su desarrollo profesional. La evaluación referida a criterios del tipo cuestionarios de procesos repercute muy negativamente en la clase de trabajo práctico que se realiza, además de suponer para los profesores una carga de trabajo adicional e inútil el intentar comprobar el proceso de todos y cada uno de los puntos detallados en las largas listas de objetivos de objetivos predeterminados. Una forma de evaluación holista amplía la capacidad del profesor para realizar juicios, y cuando se nos da la responsabilidad y la necesaria formación inicial y permanente, los profesores somos perfectamente capaces de reconocer los aspectos relativos al quehacer científico en los que el estudiante precisa consejo, guía específica, oportunidades para repensar y replantear su tarea o sencillamente mayor cantidad de experiencia. El hecho de que todo esto no pueda ser cuantificado y clasificado en estados secuenciales de progreso es absolutamente irrelevante (Hodson, 1992).

La evaluación es uno de los objetivos principales de esta investigación, ya que se trata de comprobar que esta forma de trabajar en el laboratorio, con Pequeñas Investigaciones Tuteladas, resulta positivo de cara al aprendizaje de procedimientos de la ciencia : Trabajo en equipo, manejo

de bibliografía, emisión de hipótesis, diseño experimental, orden y metodismo en la recogida de datos y registros, análisis de resultados, extracción de conclusiones, etc.

Otros objetivos que se consiguen con las PIT como son el interés progresivo por la práctica, y en general el buen uso de método científico, se van descubriendo con ellos día a día en el laboratorio.

La evaluación de las PITs. se efectuó por cuatro vías :

- a) Evaluación cualitativa durante el desarrollo de la PIT y a su término.
- b) Empleo de mapas conceptuales y diagramas "V" hechos por los alumnos (Novak y Gowin, (1988) y calificaciones de los mismos
- c) Análisis y calificación de las memorias redactadas por los alumnos.
- d) Entrevistas y cuestionarios a los alumnos.

4.6.1 LOS MÉTODOS CUALITATIVOS EN EVALUACIÓN

La observación directa del trabajo práctico es la técnica que ofrece una información más completa de los progresos que realiza el estudiante en el laboratorio, siempre que sea posible trabajar con grupos reducidos de alumnos, como se hace en las PITs. Los datos recogidos pueden quedar reflejados en una plantilla de observaciones o en un informe final, a modo de diario, que el tutor elabora. Esta información puede completarse con la evaluación de la memoria elaborada por el estudiante al finalizar su investigación, y con otras aportaciones.

Para confeccionar la plantilla de observaciones, y quedarnos con lo más significativo, hay que identificar las distintas tareas que exige un determinado trabajo práctico, y diseñar una escala de valoración de cada tarea. El trabajo de Tamir, Nussinovitz y Friedler (1982) fue la elaboración el PTAI (Process Test Assessment Inventory) con el propósito de definir las distintas tareas que hay que considerar en un test para valorar la habilidad de una investigación. Consta de 21 categorías, abiertas a la incorporación de otras o a ser modificadas en función de las actividades que se propongan. Cada categoría dispone de una escala de valoración definida.

Los métodos surgidos en la investigación didáctica basados en la observación surgieron en los años 60 y 70 en países anglosajones, y se han dado en llamar métodos etnográficos, cualitativos, estudios de caso, fenomenológicos, constructivistas, u observacionales interpretativos.

Desde el siglo XIX, la técnica de recabar datos que se usa en la descripción narrativa, se ha usado en la investigación social y de comportamiento. La técnica fue usada primeramente por psicólogos en el estudio de niños y por antropólogos y sociólogos que hacen estudios de grupos.

Hay que enfatizar que el uso de la descripción narrativa que en alguna ocasión se ha dado en llamar “escribir como locos” no significa necesariamente que la investigación esté siendo interpretativa o cualitativa, simplemente es una técnica de investigación, no un método de investigación. Esta técnica de continua descripción narrativa suele ser usada por investigadores con una orientación positivista y behaviorista, que deliberadamente excluye la investigación, y se interesa por los significados inmediatos de las acciones desde el punto de vista de los actores

Después de la observación viene la narración, y después la evaluación. La observación interpretativa como método cualitativo de evaluación se usó ya en ciencias sociales en los años setenta. La observación interpretativa en el laboratorio, como es nuestro caso, involucra:

- a) La participación intensiva a largo plazo en el laboratorio.
- b) Descripción narrativa, es decir, grabación cuidadosa de qué es lo que está sucediendo en el laboratorio, escribiendo auténticas notas de campo, y cobrando otros tipos de evidencia documental (por ej. grabaciones de vídeo o audio).
- c) Investigación interpretativa : Análisis subsiguiente de los registros obtenidos en el laboratorio, e informar por medio de descripciones detalladas, usando viñetas narrativas, entrevistas directas, así como una descripción más general.

La investigación interpretativa del trabajo de laboratorio obliga a que sea extraordinariamente completa y reflexiva al anotar y describir sucesos cotidianos en el laboratorio, y en intentar identificar la importancia de las acciones.

Observar el trabajo de laboratorio es lo mejor para poder contestar a las siguientes preguntas :

- 1º ¿Qué sucede específicamente en las relaciones sociales que tienen lugar en este escenario concreto?.
- 2º ¿Qué significaban las acciones que realizaban los actores en el momento en el que ocurrían?.
- 3º ¿Hacia qué modelos de organización social se inclinan, según los principios culturales, para conducirse en la vida cotidiana?.
- 4º ¿Cómo se suceden las escenas en su totalidad, teniendo en cuenta factores familiares, escolares, o de leyes administrativas?.
- 5º ¿Cómo se organiza la vida cotidiana en el laboratorio, en comparación a otras maneras de organizarse la vida social?.

La primera pregunta, el qué sucede aquí, puede parecer una pregunta trivial a primera vista, pero no lo es debido a que la vida cotidiana es invisible para nosotros la mayor parte de las veces. No nos damos cuenta de los modelos que desempeñamos en nuestras acciones. El antropólogo Clyde Kluckhohn ilustró este punto con un aforismo : “El pescado sería la última criatura en descubrir el agua “.

El trabajo de campo en la investigación sobre la enseñanza, mediante sus reflexiones inherentes, ayuda a los investigadores y a los profesores a hacer extraño lo que era familiar, y a hacerlo nuevamente interesante (Erickson, 1984). Lo común llega a ser problemático, lo que sucede puede llegar a ser visible, y puede documentarse sistemáticamente. Contestar a la pregunta: “¿Qué sucede?” con una respuesta general, no es muy útil : “los alumnos están en el laboratorio haciendo la tarea”. Frecuentemente no nos cuentan los detalles específicos necesarios, especialmente si uno intenta comprender los puntos de vista de los alumnos. Tampoco es suficiente la siguiente respuesta muy común : “El profesor usó técnicas de modificación del comportamiento”, esto no cuenta claramente qué técnicas usó el profesor, ni qué criterio usaba para investigar la eficacia. La investigación interpretativa del trabajo de laboratorio puede contestar a tales preguntas de una manera específica adecuada.

Otra razón para hacerse estas preguntas que no carecen de importancia, está en considerar el significado local de las ocurrencias que tienen los alumnos que trabajan en el laboratorio. Las similitudes en el comportamiento superficial a veces extravían en la investigación educativa. En aulas, y grupos, sucesos que parecen claramente semejantes, pueden diferir claramente su significado local. Una pregunta de un alumno a un profesor puede verse como ruda en un escenario, y apropiada en otro. Dentro de una situación determinada, un

comportamiento claro como lo es una interrogación directa al profesor, puede ser apropiada para unos alumnos en unos momentos e impropia en otros momentos.

Otra razón para hacerse estas preguntas en la observación interpretativa, está en la necesidad de la comprensión comparativa de escenas sociales diferentes. Considerar las relaciones entre una escena y sus ambientes sociales más amplios ayuda a aclarar lo que sucede. El comportamiento en el laboratorio no solo de alumnos, si no de profesores se ve influido por lo que sucede en esferas más amplias de la organización social y cultural. Esta influencia de las esferas más amplias deben también tenerse en cuenta cuando se investigan las circunstancias mas estrechas de las escenas locales.

Otra razón más para destacar la importancia de este conjunto de preguntas concierne a la necesidad de la comprensión comparativa más allá de las circunstancias inmediatas de la escena local. Existe la tentación entre los enseñantes de que las tareas de los alumnos en todo momento deben ajustarse a una norma. Comparando la vida en las aulas en otros colegios, en otras sociedades, y la vida en otros contextos institucionales, como fábricas y hospitales, se aprende que hay otras maneras formales de organizar la educación. El alumno en el laboratorio continuamente se pregunta: “Lo que sucede aquí, ¿con qué puedo compararlo?”. Hace esto para poder dar razones prácticas inmediatas, por eso es importante una perspectiva comparativa al planificar los cambios.

El interés por la investigación interpretativa comenzó al final del siglo XVIII con la descripciones literarias de lo rural, de lo cotidiano. Otros estudios en esta línea lo constituyeron los relatos etnográficos en antropología. Lo publicado por Malinowski (1922) revolucionó el campo de la antropología social abriendo este campo de la investigación interpretativa ; Comte y Durkheim son otras dos figuras destacadas en este campo.

Otra influencia final en la investigación interpretativa observacional, fue el desarrollo de la lingüística descriptiva en EE.UU. y las estructuras idiomáticas de los diversos habitantes. Después de la segunda guerra mundial los antropólogos volvieron a tratar temas de educación, con Spindler (1955) en Stanford y Kimball (1974) en Columbia. En Chicago, la sociología en la escuela también contribuyó al trabajo etnográfico con un estudio sobre un grupo de estudiantes de medicina, bajo la dirección de Everett Hughes (Becker Geer, Hughes y Strauss 1961). En

Inglaterra , en la década de 1960 se hicieron muchos trabajos cualitativos sobre la enseñanza, bajo la dirección de Stenhouse (Stenhouse, 1978).

A pesar de todos estos antecedentes, hay que concluir que la investigación sobre método cualitativos en la enseñanza en el aula o en el laboratorio es un fenómeno muy reciente en la investigación educativa. Las preguntas claves aquí son : “¿Qué sucede aquí, concretamente?, ¿Qué significado tienen las ocurrencias de los alumnos?”. El interés por fijarse en esto, que otros enfoques descuidan, es debido a tres razones :

- 1º Son los alumnos quienes deben retener y compartir el significado y las perspectivas del significado que van produciendo. Este es el interés primordial.
- 2º Las perspectivas del significado pocas veces son expresadas en alto, y de este modo no precisan ser articuladas explícitamente.
- 3º El centro de interés en esta investigación de métodos cualitativos estará en los significados periféricos.

El objetivo del análisis sistemático es el significado subjetivo. Mas bien que pedir los profesores que los comportamientos de los alumnos se correlacionen positivamente con sus logros, el investigador interpretativo pide “ ¿Qué condicionantes creen alumnos y profesores juntos que hace que algunos estudiantes pueden aprender y otros no ? . ¿Cómo puede ser que los estudiantes aprendan en unas situaciones y en otras no?. ¿Cómo se crean los significados, y se mantienen en la interacción diaria?”. Estas preguntas son de importancia básica.

En las relaciones sociales que se dan entre alumnos y profesor, teóricamente todos los alumnos tienen la obligación de obedecer las indicaciones del profesor. Sin embargo, algunos alumnos pueden sentirse con derecho de obedecer más informalmente que otros. Estas diferencias entre alumnos es la muestra de que los papeles en un sistema social se definen de manera diferente según los modos de ver por parte de cada uno de ellos el sistema formal oficial.

Una suposición básica en la teoría interpretativa de organización social es que los sistemas sociales formales e informales operan simultáneamente, lo que significa que las personas en acciones cotidianas actúan con papeles de condición oficial y no oficial. Según esto,

los papeles desarrollados por estudiantes y profesor se rigen por normas oficiales pero también por otras no oficiales, y estas últimas son normalmente descuidadas en su estudio.

Las aulas, el laboratorio, son los lugares en los que los sistemas formales e informales continuamente se entretienen. Para analizar las interacciones en un aula o en un laboratorio hay que observar los hilos de la trama y cómo se han ido tejiendo. La cuestión de la ecología social, su proceso y la estructura, es intrínseca a la investigación social interpretativa sobre la enseñanza. El investigador busca comprender las maneras en las que los profesores y los estudiantes, en sus acciones conjuntas, constituyen ambientes el uno para el otro. El investigador en los trabajos de campo, pone mucha atención en esto cuando observa un aula o un laboratorio, y su cuaderno de notas se llena de observaciones que documentan la organización social o cultural de los sucesos que se observan, sobre la suposición de que la organización tiene un significado inmediato en el aprendizaje.

En alguna ocasión se ha comparado la tarea del profesor con las tareas agrícolas, en el sentido de que el profesor sería como la madre naturaleza que aporta nutrientes, la luz y el agua que permiten a los estudiantes, como plantas, crecer altas y fuertes, y por lo tanto conseguir una alta productividad. Sin embargo, la investigación interpretativa indica que hay algunas anomalías interesantes en el proceso de conseguir el producto deseado del trabajo. Una anomalía yace en el corpus del proceso. Aparentemente, por la experiencia del profesor a través de años escolares, la estabilidad del mismo profesor no influye tanto en los logros de los estudiantes. Otra anomalía es que a pesar de que la evidencia indica que los comportamientos seguros del profesor parecen influir positivamente sobre los estudiantes para aprender más, los profesores no perseveran en usar esos comportamientos recomendados.

Para que el resultado de la investigación interpretativa sea eficaz, el profesor usa unas categorías predeterminadas que supone uniformidad en las relaciones que hay entre la forma de un comportamiento y su significado. Imaginemos a un estudiante sentado en su puesto de trabajo mirando hacia fuera de la ventana. ¿Qué significa esto?. ¿Está el estudiante fuera, o dentro de la tarea?. Debemos nosotros saber inferir lo que significa este comportamiento observado. ¿Cuáles son las bases de tales inferencias?. El problema fundamental en la investigación interpretativa es que pocas evidencias son seguras. En el ejemplo citado podríamos concluir que el alumno muestra un comportamiento distraído, pero ¿quien me asegura que no estaba pensando precisamente en el problema central del trabajo cuando estaba

con la mirada fija en la ventana ?, o quizá ese alumno que se distrae un poco, se lo puede permitir por sus buenas dotes de comprensión o de operación, y en realidad está esperando a que el resto del grupo acabe su tarea.

Los profesores que se apoyen en la investigación interpretativa para evaluar deben preocuparse por llegar a ser mucho más específicos en la captación de las variaciones que pueda haber de una aula a otra, o de un grupo de alumnos a otro.

Algunos ejemplos de comportamientos pedagógicos recomendados para quien quiera saber minuto a minuto acerca de la comprensión de los alumnos, se encuentran en el artículo de Rosenshine (1983 p 338)

- Procede a pasos cortos, necesarios, pero a una marcha rápida.
- Haga preguntas con frecuencia sobre la práctica manifiesta de los estudiantes.
- Proporcione retroalimentación a los estudiantes, particularmente a aquellos que van bien, pero vacilan.
- Corrija para simplificar las preguntas, dando pistas, explicando o revisando pasos, o volviendo a enseñar los pasos perdidos.
- Asegure que el estudiante sigue comprometido en el trabajo.

Estas funciones pedagógicas propuestas por Rosenshine son globales, y podrán desempeñarse de miles de maneras diferentes en distintas ocasiones. Comprender qué puede ser apropiado y qué no, en casos específicos, va más allá de los límites de la investigación estándar sobre la eficacia del profesor.

Cuando en un trabajo práctico llega la etapa de la recogida de datos, el profesor debe estar atento, pues en ese momento se puede hacer mucho tanto a nivel operacional como evaluador. Se puede dar a esa tarea un enfoque más intuitivo, o tan inductivo como sea posible. La observación intensa en un determinado campo, que comienza sin expectativas conceptuales puede limitar la originalidad de la experiencia, mientras que con preguntas pertinentes de investigación puede añadirse un sentido intuitivo : ¿qué dato más o menos nos podrá salir ?, ¿conviene o compensa repetir la toma de datos ?, ¿qué errores de medida se comenten ?.

Otro enfoque que conviene añadir en la etapa de recogida de datos está en hacer el proceso tan deliberativo como sea posible. No debe convertirse en una etapa monótona o de descanso, y precisamente en profesor valorará las distintas actitudes de los componentes del grupo, en orden al aprovechamiento de esta etapa. Habrá alumnos que anotan y anotan para tenerlo todo recogido, confiando en un análisis posterior, y otros alumnos quizá ya van reflexionando sobre la verosimilitud de los datos obtenidos.

También en esta etapa de la toma de datos, será importante que el tutor esté pendiente de la total honradez de los alumnos para apuntar los datos tal y como les obtienen, y debatir con ellos si en algunos casos excepcionales podría rechazarse algunos datos “discordantes” atribuibles a defectos de medición, o a otros imponderables.

Una forma más precisa para el evaluador cualitativo, de ser lo más eficaz posible en las valoraciones de su investigación interpretativa sería la de actuar grabando las conversaciones o acciones, y luego juzgarlas con tiempo. El uso de máquinas de grabación se ha llamado microetnografía, y se ha descrito muy bien en trabajos como Erickson y Shultz (1977/81), por Erickson y Wilson (1982), y por Erickson (1982a). Este es un método que permite varios análisis como si juzgáramos los papeles de diversos actores en un película cinematográfica. Otras ventajas tienen las grabaciones. Pero, también tiene algunas limitaciones como el que si se quiere juzgar la parte grabada, en seco, muchas veces será necesario conocer los contextos, el antes y el después. También en una grabación, al grabarse todo, puede el investigador abatirse, pues habrá muchas ocasiones de nulo aprovechamiento, que tira al traste las conclusiones previstas.

Los elementos de los que se suele servir un informe de investigación de un trabajo de campo pueden muy diversas : Las afirmaciones empíricas, las viñetas analítico narrativas, las puntuación tomada desde notas de campo, la puntuación tomada desde entrevistas, el informe de datos sinópticos (mapas, figuras), el comentario interpretativo que planea una descripción particular, el comentario interpretativo que planea una descripción general, la discusión teórica, y el informe de la historia natural de examen en el estudio.

La evidencia descriptiva acerca de detalles significativos en el comportamiento de los alumnos debe ser lo más precisa posible. Se pueden tomar abundante notas de campo, respuestas a entrevistas, documentos escritos como posters, mapas, grabaciones de vídeo o de

sonido, etc. Detectar y anotar, por ejemplo, en qué medida unos alumnos tienen rechazo a cualquier manual, o sólo consultan estos o la bibliografía en casos muy imprescindibles, son detalles que deberán aparecer en las notas de campo.

El uso de la investigación interpretativa para evaluar el aprendizaje obliga a una observación intensiva a largo plazo en la escena educativa, seguida por la reflexión deliberada posterior sobre qué se vio allí.

El trabajo de investigación interpretativa requiere que el profesor posea habilidades de observación, comparación, contraste, y reflejo que todos los humanos poseemos. Los investigadores interpretativos profesionales hacen uso de las habilidades ordinarias de observación y el reflejo en maneras especialmente sistemáticas y deliberadas. Los profesores de aula pueden hacer esto también, por reflejar sobre su práctica propia. Su papel no debería ser el de un observador que participa en el evento, sino el de un observador ajeno que libre de “prejuicios” delibera sobre lo que observa. No se descarta que el profesor tutor que dirige la PIT se ayude de un compañero ajeno al trabajo, para que juzgue él lo que observa algunas horas en el laboratorio.

Se debería valorar más estos métodos cualitativos de evaluación, tan normales, por cierto, en otras profesiones. Por ejemplo, los cirujanos frecuentemente dictan una descripción narrativa de los procedimientos que usaron durante una operación. Después, estas narraciones se copian, y lo archivado puede ser revisado por colegas con propósitos evaluadores.

Paradójicamente, la utilidad principal de la investigación interpretativa para la mejora de la práctica pedagógica puede ser el desafío a la noción de que las puedan encontrarse verdades seguras a respecto de la evaluación, y en su llamada a reconstruir fundamentalmente nuestras nociones de la naturaleza de la práctica de enseñar.

Por lo que se refiere a la aplicación concreta que hicimos de la evaluación cualitativa, hay que decir que se comenzó haciendo una descripción narrativa de cada PIT, como se narra en el apdo. 4 (Aplicación del método)

No se hicieron grabaciones de vídeo ni de audio porque no fue necesario debido a que habría muchísimo material a analizar, y por otro lado, poco podría escaparse al trato continuado, codo con codo, con los alumnos.

Se tomaron notas de campo a lo largo de todo el proceso (bibliografía, experimentación, conclusiones)

Se hizo una investigación interpretativa de los registros que se iban obteniendo durante el desarrollo de la PIT.

Con lo anterior, se permitió reconducir situaciones sobre la marcha y, en general propiciar el “feed back” que no debe faltar en una evaluación continua.

Se procedió a un análisis interpretativo final, con objeto de valorar el grado de consecución de los objetivos didácticos y también con objeto de evaluar el método.

4.6.2 EL ESTUDIO DE CASO

Los estudios de caso son un enfoque común en la investigación en ciencias sociales, así como también en la evaluación (Stake, 1978). Stake (1995) indica que los investigadores que usan el estudio de caso como estrategia de investigación tienden a adoptar un buen número de papeles diferentes en el estudio que ellos emprenden.

El narrador de una evaluación con estudio de caso usará criterios específicos o una serie de interpretaciones para conseguir deducir las virtudes y los defectos del programa bajo análisis.

El evaluador cualitativo (Guba & Lincoln, 1981 ; Lincoln & Guba, 1985) subrayará la calidad de las actividades, y -en tan lejos como vea los procesos posteriores- los presentará en forma de narración descriptiva, analítico y de tipo interpretativo.

Sobre todo, el evaluador cualitativo tendrá en cuenta el contexto y trabajará con varias fuentes de información para que el lector comprenda el mérito y el valor del objeto en estudio así como también los temas y los criterios elegidos para producir esta evaluación.

Durante el trabajo de laboratorio, el profesor responde a todos los estudiantes que lo necesiten : da fuerza al equipo necesitado, supervisa las actividades, se asegura que todos los estudiantes verifica los materiales que usan, aclara cualquier duda o problema y contesta cualquier pregunta.

Como cada unidad didáctica comprende una gama amplia de experimentaciones y actividades complementarias adicionales, cada grupo efectúan todas las actividades , únicamente en orden diferente.

De esta manera, se ha hecho buen uso de los materiales empleados y que cada grupo se esfuerce en concentrar su experimentación propia. Además la tarea para los profesores no llega a ser monótona.

Esta segunda cotización contiene la definición de otro caso : el laboratorio se convierte en una clase de ciencias. Esta es una innovación que mediante el uso de grupo de jornadas simples, promocionará aprendiendo y la comprensión de conceptos científicos.

4.6.3 ¿CÓMO SE EVALÚAN LOS APRENDIZAJES DE LAS PIT?

Se consigue empleando diversos materiales. Algunos de ellos , como son la construcción de mapas conceptuales, y diagramas de “V” permiten una evaluación personalizada de cada alumno ; mientras que otros, como los informes finales de los alumnos permiten la evaluación del trabajo en grupo.

A) Mapas conceptuales

Los mapas conceptuales de Novak tienen por objeto representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones. La elaboración de mapas conceptuales es una técnica destinada a poner de manifiesto la organización del esquema conceptual de un individuo. Incluso de esta forma se desarrollan nuevas relaciones conceptuales que no se habían aún descubierto. Una enorme ventaja de los mapas conceptuales es que son instrumentos muy eficaces para descubrir las concepciones falsas, pues se dejan ver por una conexión entre dos conceptos que forman una proposición claramente falsa.

Un mapa conceptual tiene forma de árbol invertido, situándose arriba el concepto fundamental, - termocromía, por ejemplo - que da nombre al mapa. El mapa se extiende hacia abajo con otros conceptos a modo de ramificaciones. Así los conceptos quedan ordenados por niveles generales o concretos, que se representan por palabras o frases cortas y se encierran en óvalos.

Las proposiciones expresan la naturaleza de las conexiones entre los conceptos. Pueden ser simples frases, y se sitúan entre sobre las líneas que unen los conceptos y que proporcionan el esqueleto del mapa conceptual. Estas conexiones pueden ser directas, si enlazan conceptos de orden superior con otro inferior de la misma rama, o pueden ser cruzadas si enlazan dos conceptos de ramas distintas o niveles no consecutivos.

El método PIT obliga a que el alumno sólo podrá hacer las cosas si sabe lo que hace y porqué lo hace, tras reflexionar sobre el problema experimental objeto del trabajo, consultar en las variadas fuentes de información y debatir ideas, informaciones e iniciativas con su compañeros de equipo. Así las cosas, sus actividades experimentales habrán sido diseñadas o decididas por él, de acuerdo con sus compañeros, supervisadas por el tutor, y a buen seguro, tendrán una finalidad y un significado.

Todo ello comporta una continua interacción entre lo que sabe y lo que hace, es decir, entre su árbol conceptual y el conjunto de actividades que realiza. Para que esta interacción sea realmente fecunda, se requieren dos importantes condiciones

- a) que el mapa conceptual sea sólido y coherente
- b) que la interacción entre el dominio conceptual y el procedimental sea fluido y correcto

En la medida en que seamos capaces de valorar objetiva y correctamente el cumplimiento de cada una de las dos anteriores condiciones, así será la evaluación que haremos de la consecución de los objetivos específicos de los nuevos trabajos prácticos.

Así pues, si queremos utilizar el mapa conceptual para evaluar a nuestros alumnos de la PIT deberemos haber les adiestrado antes en la elaboración de mapas conceptuales utilizando otros temas a modo de ejemplo. Una vez que hayan finalizado la PIT. se les propone hacer individualmente un mapa conceptual sobre el tema investigado. No habrá prisa para que lo realicen, pero se les ruega encarecidamente que cada uno haga el suyo.

La valoración de estos mapas conceptuales, pasa por evaluar la solidez y coherencia del mapa elaborado por cada uno de ellos. Existe una serie de reglas de puntuación para los mapas conceptuales derivadas de experiencias en este campo. Los aspectos a los que hay que prestar más interés serán por este orden: las conexiones cruzadas, la jerarquización de conceptos, las proposiciones y los ejemplos. A través de nuestra propia experiencia hemos llegado a las siguientes reglas de puntuación :

1° Por cada relación correcta, que formen proposiciones válidas : 1 punto

2° Por cada nivel jerárquico válido : 6 puntos. Se aconseja contar el número de jerarquías válidas en el segmento más ramificado del mapa.

3° Por cada conexión cruzada significativa : 15 puntos. Debe tener mucho mérito descubrir o establecer nuevos vínculos conceptuales entre conjuntos relacionados de conceptos o proposiciones.

4° Por cada ejemplo concreto correcto : 0.5 puntos.

B) Diagramas en “V”

C) Informes finales de los alumnos.

Estos dos recursos fueron utilizados de la misma manera a como se hizo en la otra línea de investigación. Puesto que uno y otro ya fueron tratados adecuadamente en el Capítulo 3, se omite aquí toda referencia a los mismos.

4.7 SECUENCIACIÓN TEMPORAL DE LAS ACTIVIDADES P.I.T.

Igualmente a como se hizo en el anterior capítulo, ofrecemos a continuación un cuadro que esquematiza el desarrollo de las distintas etapas de una PIT debidamente diseñada y preparada.. quede por tanto bien claro que aquí no aparecen ni la selección del tema ni la preparación del mismo por parte del profesor. Únicamente aparecen las etapas correspondientes a las actividades de los alumnos.

Dejando claro que cada P.I.T. tendrá sus peculiaridades, y que las fases del trabajo son solapables, una secuenciación temporal trabajando 3 o 4 horas semanales es la que se resume en el siguiente cuadro :

semana

1 ^a		explicación fundamentos teóricos
a	Planteamiento de la investigación	estrategias y líneas de trabajo
2 ^a		distribución de tareas
		consulta bibliográfica
3 ^a		formación de subgrupos
a	Experimentación	trabajo experimental
10 ^a		reuniones periódicas
		relación tutor-alumno
11 ^a		redacción de memorias
a	Análisis de resultados	elaboración de diagramas "V" y mapas conceptuales
12 ^a		cuestionario a los alumnos
		conclusiones finales

En varios casos de las PITs. que hemos trabajado con los alumnos, el calendario de trabajo fue de un trimestre, a razón de dos horas diarias en horario de tarde, y un par de días a la semana. Si en alguna ocasión, por distintas razones solicitaban algún cambio, trabajábamos un sólo día en la semana, pero tres horas seguidas.

Las dos primeras semanas, como se indica en el cuadro resumen lo principal de la investigación consistía en el planteamiento de la investigación, en la puesta a punto conceptual. En otros momentos, en ratos de clases teóricas, o de pequeñas reuniones en el departamento, ya habían elegido el tema a investigar. En algunas ocasiones les ofrecía para elegir entre dos o tres, mientras que otras veces, las circunstancias obligaban a que el tutor les ofrecía el tema a investigar, que, por supuesto resultaría ser de rápida motivación. Si estos alumnos en cursos anteriores ya hubieran realizado otras PITs., seguramente se les podría ofrecer la posibilidad de que eligieran ellos totalmente el tema PIT., pues ya se contaría con que ellos manejan bibliografía y encuentran ideas, y a la vez analizan la viabilidad de cada una de ellas.

Así pues, después de tener claro el tema de investigación, los alumnos precisarán de la explicación de los fundamentos teóricos que conlleve. Se ha criticado en páginas anteriores los trabajos prácticos atóricos, y ha de hacerse comprender a los alumnos la necesidad de saber siempre lo que se está haciendo. En unas ocasiones estos conocimientos teóricos tendrán que ser más detenidamente explicados por su complejidad, pero el tutor habrá sido lo suficientemente avisado para no elegir un tema que supere a los alumnos, es decir, debe ser un salto conceptual asequible. No hay porqué explicar toda la teoría al principio, por ejemplo, puede dejarse para el momento que se precise otras partes de la teoría, y sobre todo, así se hará con la herramienta matemática, que será precisamente eso :una herramienta.

Después de los fundamentos teóricos comienzan las estrategias y líneas de trabajo : ¿Cómo podemos atacar la investigación ?.El tutor dejará hablar a los alumnos, es este uno de los mejores momentos para ir descubriendo quienes serán los líderes, y quienes tienen ya ciertas habilidades aprendidas. Si los alumnos no tienen ideas, el tutor deberá dejar caer ciertas insinuaciones, que podrán o no ser correctas, para que sea el alumno el que las juzgue. Ante cualquier idea siempre estaremos mirando a nuestro alrededor en el laboratorio para fijarnos de qué materiales disponemos, o qué materiales no harían falta. En este momento el tutor sabe casi con completa seguridad cuál será el camino seguido -a no ser que se revele para él en ese momento alguna idea novedosa procedente de los alumnos-, pero debe hacer creer a los alumnos que son ellos los que deciden.

Con varias ideas o líneas de investigación, pero sin aún habernos decidimos por ninguna, puede finalizar aquí el primer día de trabajo en el laboratorio. Los alumnos ya se han situado en la investigación, ya saben de qué medios disponen, y el profesor les habrá dado pistas para consultas

biográficas para que consulten cómo lo hicieron otros en una investigación semejante, etc. en resumen : que piensen. Esta es una manera de mandar *trabajos para casa*, sin haberlo hecho propiamente. En el alumno el profesor habrá sembrado ya la inquietud de que él o con otros compañeros sigan discutiendo, analizando, para aportar en la siguiente sesión la idea acerca del procedimiento que se discutirá, y que no tendrán más remedios todos los demás que aceptar por lo contundente de los planteamientos, por la originalidad, por lo seria, etc.

Así pues, los siguientes días de trabajo en estas dos semanas iniciales son para decidirse por la estrategia de trabajo, y entonces ya hacer una distribución de tareas que de eficacia al trabajo en grupo. Sobre la distribución de grupos o de tareas entre los componentes de la PIT, el tutor, en principio dejará con libertad que entre los alumnos lo negocien, aunque ya les habrá advertido que todos deben rotar en el transcurso de la investigación por tareas variadas, para que todos aprendan más de otras cosas, que quizá no dominan. En la formación inicial del grupo , esos 6 o 8 alumnos, el tutor no habrá tenido que participar, pues los alumnos se agrupan atendiendo a diversas afinidades.

En estos momentos finales del planteamiento de la investigación, puede ser buena ocasión también para que el tutor aporte toda la bibliografía que tenía guardada. Es decir, el tutor ha ido ya por delante en el estudio del tema que se investiga, y sabe a qué lectura remitir a los alumnos para que tengan más información, y que seguramente les será útil para posteriores encrucijadas con la que se van a encontrar.

En la ocho semanas que siguen, aproximadamente, es el cuerpo de la investigación, donde hay que *mancharse las manos*. Los alumnos han hecho el reparto de tareas formando subgrupos, y cada cual procede a su encargo : unos procediendo a un montaje de medición, otros preparando disoluciones, etc.

A no ser que en distintas fases de esta experimentación el trabajo pueda ir de forma paralela entre los subgrupos, lo normal será que el conjunto de los encargos reviertan en unos resultados finales observables por todos. Aunque uno mida la temperatura, mientras el otro apunta el dato, y otro analiza la coloración, todos saben que hay unos momentos cumbres de una investigación en la que todos esperan el fruto del trabajo, en la confianza de que cada subgrupo cumplió con responsabilidad su encargo.

Es esta fase de la PIT., la experimentación, donde más relaciones entre alumnos, y entre ellos con el tutor se producirán. Estas relaciones han sido explicadas con detalle en apartados anteriores. Será bueno que antes de finalizar cada día el trabajo fomentar entre los alumnos unos 10 o 15 minutos de reunión ; de esta forma cada subgrupo puede poner al corriente a los demás de cómo va su tarea, de si necesita refuerzos, etc. También, los alumnos por sí mismos, o si procede, alentados con alguna sugerencia del tutor, se llevarán su pequeño encargo para casa, acerca de pasar a limpio unos datos que apenas se entienden, o ir analizando los datos de la experiencia, si es que se están desarrollando dentro de la lógica. Esta misma reunión también puede fomentarse para que se produzca siempre al comienzo de cada jornada de trabajo en el laboratorio, de este modo los alumnos ponen en común ideas particulares, y se centran en lo que van a hacer ese día.

Si fuera necesario, estas reuniones periódicas de los alumnos de la PIT. También podrían realizarse a mitad de trabajo, cuando en un momento dado se puede descubrir que algo está fallando, o no se sabe por dónde vamos. Estas reuniones tendrían que tomarse con la seriedad de los que dejan todo, y se sientan alrededor de una mesa de trabajo, distinta de los puestos de laboratorio.

Las dos últimas semanas de la investigación, los alumnos no harán nada ya sobre los puestos de trabajo, sino que trabajarán sobre los informes finales, o memorias que deben presentar al profesor tutor, a modo de comunicación de resultados. El que los resultados hayan podido ser de la brillantez esperada, dependerán muchos factores, lo que siempre hará el tutor es destacar los logros conseguidos y felicitar por ellos a los alumnos.

Los alumnos podrán hacer en común una única comunicación, o varias, según lo disponga el tutor, dependiendo de la entidad e independencia de los subgrupos de trabajo que se hayan formado, en vistas a que todos los alumnos sepan a final a la perfección, el contenido y desarrollo de las tareas de los demás.

La última semana se puede dedicar a la elaboración por parte de los alumnos de los cuestionarios, mapas conceptuales, o diagramas “V”, que el tutor considere oportunos acerca de revisar él después la consecución de los objetivos didácticos y operacionales que se había marcado al comienzo de la PIT.

4.8 APLICACIÓN DEL MÉTODO PIT A CASOS REALES

A la par que hemos ido diseñando el método PIT en lo que se refiere a su aplicabilidad, a sus ventajas potenciales para transmitir procedimientos científicos, y a las posibilidades de evaluar al alumno, se ha estado haciendo realidad en la mesa de operaciones : el laboratorio.

Durante estos pasados cinco cursos, del 93-94 al 97-98, hemos estado realizando del orden de una o dos PIT cada curso, intencionadamente, en condiciones lo más diversas posibles. Es así que se ha trabajado con alumnos estudiantes de enseñanza media (ESO, y bachilleratos), y con alumnos universitarios de primer año (Facultad de Educación). Otros miembros del Departamento de la Facultad de Educación también han venido realizando PITs. con sus alumnos, y contribuyendo por lo tanto a reunir experiencias entre todos.

La estructura en la que se narrará a continuación cada una de las PITs., no es exactamente la que tienen los informes finales que los alumnos realizaron al final de su investigación; se trata más bien de ir narrando todo lo que en el laboratorio sucedía, en orden a tener suficientes elementos de juicio para poder hacer posteriormente un análisis evaluador de los aprendizajes conseguidos por los alumnos. Por lo tanto se tendrán en cuenta, además de los informes finales de los alumnos, los mapas conceptuales que realicen, los diagramas “V”, las respuestas a los cuestionarios finales, y toda una descripción narrativa hecha por el tutor en la que, como un auténtico trabajo de campo, narra la vicisitudes que ocurren en el laboratorio, las relaciones entre los alumnos, las preguntas que se hacen, etc.. Los objetivos que el tutor persigue con la PIT deben estar al principio de ella perfectamente delimitados ; aunque también pudiera ocurrir que la propia marcha de la investigación aportara nuevos aprendizajes u objetivos a alcanzar.

Para secuenciar mejor la narración hemos ideado un pequeño índice, como es el que sigue :

- 1° **Una descripción teórica** donde se explica el asunto a investigar, y se destaca la labor de preparación del tema PIT. El tutor habrá tenido una idea o línea de investigación, que habrá pasado por el filtro de análisis riguroso de ventajas e inconvenientes, e incluso habrá sido iniciada en buena parte por el tutor de forma individual.

- 2° **Objetivos didácticos**, y en su caso también operacionales, que el tutor de la PIT. quiere alcanzar como logros de sus alumnos. Entre estos objetivos didácticos pondremos especial atención en los contenidos procedimentales que con las PIT tratamos de “fabricar” en los alumnos. Estos contenidos procedimentales ya se han expuesto ampliamente en el apartado 2.4. de esta Tesis, y no sólo habrá que fijarse en las destrezas manuales o la capacidad de comunicación que consiga el alumno, sino principalmente en habilidades de investigación. Queremos que el alumno observe y mida bien, que identifique los problemas y elabore con facilidad hipótesis, que analice e interprete los datos, que elabore conclusiones, etc. Cada una de las PIT. se volcará, sin duda, en unos objetivos más que en otros ; pero un buen tema PIT., como ya se indicó, será aquel que agrupe un buen conjunto de objetivos didácticos.

- 3° **Descripción narrativa**. Esta descripción no sólo iba a ser necesaria para el perfeccionamiento continuo del propio método PIT., sino también para tener suficientes elementos de juicio para la evaluación cualitativa del alumno. Con las anotaciones que debe ir haciendo el tutor, no pasarán inadvertidos detalles que pueden ser fundamentales para reorientar o reconducir la investigación cuando el tutor lo crea necesario, y para dar los apoyos pertinentes cuando los ánimos decaen, o las rutas investigadoras parecen nublarse. También será fundamental esta observación para comprobar las relaciones simétricas o asimétricas que se producen en el grupo de trabajo, y saber -si se produce- qué alumnos destacan cómo líderes, y qué otros requerirán más apoyo.

- 4° La **investigación interpretativa**, evaluación. Como ya se ha descrito en capítulos anteriores la investigación interpretativa vendrá como resultado de la descripción narrativa anterior, y será una elemento evaluador más, junto con otros elementos más concretos como son los informes finales, mapas conceptuales, etc.

4.8.1. TERMOCROMÍA DEL CLORURO DE COBALTO EN SOLUCIÓN AGUA-ALCOHOL.

PIT. realizada por alumnos de 1º curso de Educación Primaria (1ºD) de la Facultad de Educación de Valladolid; finalizada el 1 de Junio de 1994.

INDICE :

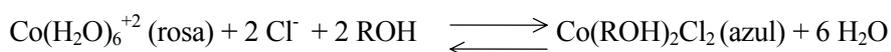
1. Descripción teórica del tema
2. Objetivos didácticos
3. Descripción narrativa.
4. Investigación interpretativa. Evaluación

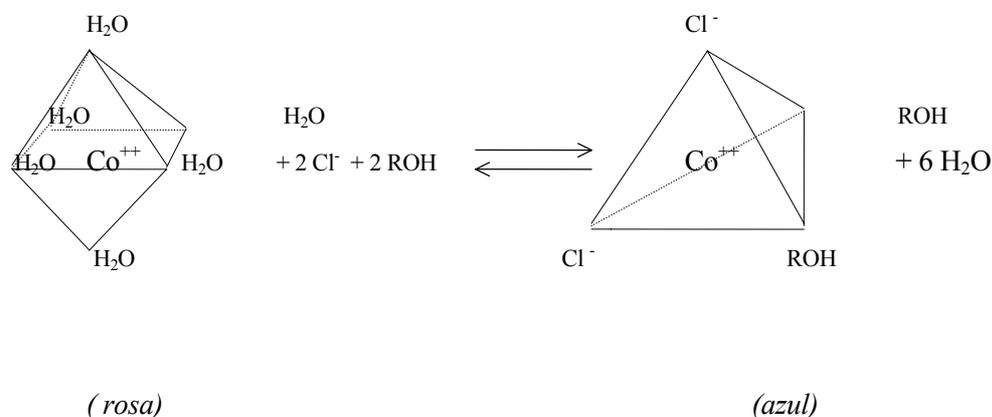
Descripción teórica del tema

La Termocromía trata una serie de fenómenos físico-químicos en los que la temperatura está relacionada con el color de un compuesto o mezcla de ellos. Más en concreto, se suele reducir el concepto de Termocromía a aquellos efectos en los que la temperatura juega un papel importante en el desplazamiento del equilibrio de una reacción, y con ello la coloración general por tener distinto color las sustancias implicadas en el equilibrio químico.

El color de una sustancia está ligado a su espectro de absorción de la luz visible : es el color complementario de las longitudes de onda absorbidas. Este aspecto depende de la estructura de la molécula.

El Cloruro de Cobalto (II) exahidratado puede formar en disolución diversos complejos de color azul y rosa, con diferentes ligandos .





Este equilibrio permite ser alterado, y por lo tanto la tonalidad final, haciendo variaciones con el tipo de alcohol empleado, con las proporciones agua-alcohol, y por último con la temperatura. Se pretendía en esta PIT que los alumnos prepararan una amplia gama de concentraciones, y de variantes, para que se pudieran construir lo que daríamos en llamar "termómetro crómico"; es decir, un sistema que aprovechando la termocromía pudiera emplearse para indirectamente medir la temperatura.

Esta investigación requería un completo estudio del equilibrio químico, ya que según los valores que tomen las variables relacionadas, la reacción indicada se desplazará hacia la derecha -prevalciendo el color azul-, o hacia la izquierda, tomando la coloración de rosa. Sin duda, habría estados intermedios, más o menos breves en los que debido a la patente coexistencia de los dos complejos, las coloraciones sean intermedias, o se adivinen la mezcla de los dos colores.

Las variables con las que se ha de trabajar son la variación de la temperatura, la proporción alcohol-agua y el tipo de alcohol.

Según el principio de Le Chatelier, aumentando la temperatura, la reacción se desplazará hacia un lado, en este caso hacia la derecha, cogiendo color azul, y si se disminuye la temperatura, la reacción se desplaza hacia la izquierda, y la solución cambia a color rosa.

También, según el principio de Le Chatelier, deberán influir las concentraciones de los reactivos. Por lo que en nuestro caso, si aumentamos la proporción de agua, el equilibrio se desplazará hacia la izquierda, tomando el color rosa ; o lo que es lo mismo, si aumenta la concentración de alcohol, la reacción camina hacia la derecha tomando coloración azul el conjunto.

Bibliografía usada :

MESTDAGH, H., (1994) "Chimie et lumiere: quelques manipulations" *Bulletin de L'Union des physiciens*. n° 764, 88(5), pp 867-866

BARE, W. y MELLON, E., (1991), *J. Chem. Ed.*, 68, p.779

LAVABRE, D., MICHEAU, J. y LEVY, G., (1988), *J. Chem. Ed.*, 65, p.274

BROWN, J., BATTINO, R. y KRAUSE, P. (1993), *J. Chem. Ed.*, 70, p.153

Buscaron las constantes dieléctricas de disolventes, en libros de Química general.

Objetivos didácticos de la PIT

Como ya se ha dicho, el Cloruro de Cobalto (II) exahidratado puede formar en disolución, diversos complejos azules o rosas, con diferentes ligandos .



El objetivo de la investigación sería construir una amplia gama de concentraciones que sirvieran de "termómetro crómico", después de establecer algunos patrones de color y temperatura.

Los alumnos se veían "obligados" a estudiar todo sobre los equilibrios químicos. Ellos profundizaban en el conocimiento de los compuestos químicos denominados complejos y su estabilidad. De igual forma deberían dominar los conocimientos sobre absorbancia para el correcto uso del colorímetro.

Los anteriores, son los principales conocimientos que como objetivos didácticos el tutor se proponía transmitir. Pero, a la vez, estaba previsto que los alumnos adquirieran una serie de procedimientos a lo largo de la marcha de su investigación :

- Destrezas manuales cuando realizaran muchos ensayos para observar el equilibrio químico con distintas temperaturas, concentraciones precisas, y con diversos disolventes.
- Manejo correctamente el colorímetro.
- Observación comparativa de coloraciones, estimación de medidas.
- Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.
- Confeccionaron tablas de absorbancia con ayuda de un colorímetro.
- Tuvieron oportunidad de aprender técnicas rutinarias de laboratorio de Química, acostumbrándose al trabajo metódico.
- Se familiarizaron con la metodología científica emitiendo hipótesis, y aprendieron a redactar una memoria.
- Realizaron gráficas de absorbancia con tres variables independientes en liza.

El uso de las propiedades termocrómicas de los complejos de cobalto facilitaba el análisis de los diversos ligandos.

El tema PIT correspondiente a la Termocromía, además de no carecer de interés para el alumno, contenía unos conocimientos con los que el alumno practica al trabajar en el laboratorio.

Otros objetivos que se consiguen con las PIT se van logrando día a día en el laboratorio, como son el interés progresivo por la práctica, y en general el buen uso de método científico.

Descripción narrativa

En base a un trabajo de H. Mestdagh, sobre fenómenos termocrómicos y solvatocrómicos, y a lo largo del último curso, se ha trabajado con 11 alumnos de la Facultad de Educación de Valladolid que estudian Física y Química en su primer año.

En un principio el profesor inició al grupo en el problema, explicándoles en líneas generales la correlación estructura molecular-color. Se les facilitó bibliografía, fundamentalmente libros de Química General, y algunas publicaciones asequibles. El trabajo lo desarrollaron a razón de un día a la semana (dos horas diarias), durante tres meses, siempre en presencia del profesor. En el transcurso del trabajo eran muy frecuentes las interacciones alumno-alumno y alumno-profesor. lo que posibilitaba la tutela del desarrollo del trabajo así como el reparto de tareas, cambio de impresiones y coordinación del grupo.

Se propuso a estos once alumnos que realizaran un cuestionario inicial sobre conocimientos del equilibrio químico, velocidad de reacción, con objeto de que ellos y el profesor tuvieran un conocimiento sincero de saber de dónde se partía. Estos conocimientos mínimos resultaron ser satisfactorios, y a continuación se les explicó la finalidad de la investigación a la que iban a proceder, y los principales conceptos de Termocromía.

Se les dijo, que el tiempo que dedicaran a esta investigación, les compensaría de hacer las prácticas tradicionales que el resto de sus compañeros realizan; lo que se les ofrecía era el mejorar su nota de evaluación en un punto, en el supuesto de que hicieran un buen trabajo, y se les ofrecía investigar, realizar un trabajo o unas prácticas con estilo innovador en el que iban a tener ocasión de progresar o investigar en la dirección que ellos marcara. Ellos serían los que deberían decidir quienes se apuntaban al grupo.

Entre los once alumnos, se hizo una división, de forma que los cinco señalados como autores de esta PIT. se dedicaron a los complejos del cloruro de cobalto, mientras que el resto dedicaría su investigación a otros compuestos termocrómicos, lo que se muestra en otra PIT. Así pues, el grupo quedó formalizado en un número de cinco alumnos para investigar con este compuesto que posee propiedades termocrómicas. No obstante, y hacia el final de la investigación, dos alumnos de estos cinco se especializaron en analizar el equilibrio utilizando el 2-propanol como alcohol complejante, mientras que los otros tres hacían sus tentativas con el etanol. Entre todos llegaron al acuerdo de que quien construyera el termómetro crómico de mejor calidad, ese sería el triunfador.

Una observación frecuente sobre todo al comienzo de trabajo en los primeros días era la actitud por parte de los componentes del grupo como de quien esperara órdenes del profesor. Evidentemente a eso están acostumbrados los alumnos en el trabajo de laboratorio. Se les sugería unas ideas, pero también se les animaba a que entre ellos hablaran, diseñaran planes de trabajo, repartieran tareas, etc. Con todo esto ya vencían la inercia del comienzo y se ponían en movimiento. En alguna ocasión, se observó que al entrar en el laboratorio se preguntaban: “¿qué hay que hacer ahora?”, en lugar de “¿qué hacemos ahora?”.

En trabajo que debían realizar después de cada sesión de trabajo en el laboratorio les costaba hacerlo. Unas veces era traducir un artículo de una cita bibliográfica, otras veces era traer elaborada por parte de un alumno del grupo una gráfica para que fuera interpretada por todos el próximo día de trabajo, etc.

El tiempo de trabajo de cada sesión de laboratorio era respetado por los alumnos del grupo, pero sin tener una memoria olvidadiza al respecto del reloj. Ya se hacían sus composiciones de lugar a ver si tal operación podrían terminarla de aquí a tal hora. Incluso había un alumno que en una o dos ocasiones salió antes de la hora -por necesidad, como dijo-, cuando la única necesidad era poder estar a la salida de clase de una compañera.

El tema de la investigación no tenía relación directa con los temas de la asignatura de Física y Química que estos alumnos, de forma paralela, recibían. No obstante, en más de una ocasión descubría en sus comentarios que recordaban las clases de teoría. Al utilizar la mezcla de hielo y sal común para obtener temperaturas inferiores a 0°C. uno decía que lo acababa de estudiar.

Las disposiciones o habilidades prácticas para el uso del material por parte de los alumnos era deficiente en varias ocasiones. Sin exagerar, una alumna no sabía cómo calentar un tubo de ensayo. Seguro que habría tenido ocasión de hacerlo en otros cursos anteriores, pero quizá esa operación se la encomendó a otro compañero, por sus miedos con el fuego.

La investigación sobre Termocromía tenía mucho de apreciar diferencias de colores, pues bien no se les ocurrió, y tuvo que ser el tutor de la investigación quien les sugiriera poner un papel blanco como fondo, o incluso la propia tela de su bata de trabajo, para así apreciar mejor las tonalidades.

De la valoración de trabajo en esta investigación que duró entre tres y cuatro meses, a razón de una sesión de dos horas por semana, sacamos la consecuencia que mejor hubiera sido dos sesiones por semana y en dos o tres meses concluir. Se les propuso así al comienzo, pero no fue posible. La razón, está clara, y es que teniendo las sesiones de trabajo tan espaciadas, cuando vuelven a la semana siguiente a retomar el trabajo, no se acuerdan muy bien.

En las anotaciones diarias que los alumnos iban tomando, de sus pruebas, sus resultados, pude observar, que con el ánimo de abreviar sólo iban añadiendo lo novedoso, y no repetían los datos anteriores que continuaban constantes. Es decir, si una reacción la hacían varias veces, cambiando en cada ocasión la cantidad de un único reactivo, no anotaban las cantidades de todos los reactivos, pues se suponía que de no indicarse, quedaría constantes. Suposición que no siempre se cumplía o se recordaba.

Proceso práctico :

Primeramente prepararon una solución de cloruro de cobalto. Para ello cogieron cloruro de cobalto Cl_2Co en estado sólido; lo trituraron bien, hasta que quedó como polvo, y lo disolvieron en los mililitros de agua destilada correspondiente para tener una disolución 1M. con la que se iba a trabajar.

1ª disolución : 2 ml. de cloruro de cobalto 1M. y añadieron con la pipeta 45 ml. de 2-propanol, todo ello bien cerrado en un erlenmeyer.

2ª disolución: Cogieron 3 ml. de cloruro de cobalto 1M y añadieron con la pipeta 45 ml. de 2-propanol, bien cerrado en el erlenmeyer.

En ese momento, con estas dos disoluciones, vieron los cambios de color (azul-rosa) dependiendo del aumento de temperatura y del aumento del agua.

Observaron a primera vista, que estas dos disoluciones a temperatura ambiente (19°C), son azules, aproximadamente las dos tenían la misma tonalidad de azul. Si lo enfriaban, metiendo los erlenmeyer en un vaso de precipitados con hielo, observaban como se vuelve de color rosa; en cambio, si lo calentaban con el mechero de gas, poco a poco, observamos que se vuelve azul mucho más intenso que lo era a 19°C.

Vistas ya las variaciones en el color cambiando la temperatura, los alumnos procedieron a observar cómo cambia el color cuando hay una variación en la cantidad de agua. Tratamos las distintas disoluciones por separado:

1ª disolución: 2ml. de cloruro de cobalto 1M con 45 ml de 2-propanol.

Tomaban 20 ml de la solución y los ponían en 5 tubos de ensayo, es decir, en cada tubo de ensayo habría 4 ml. de la solución.

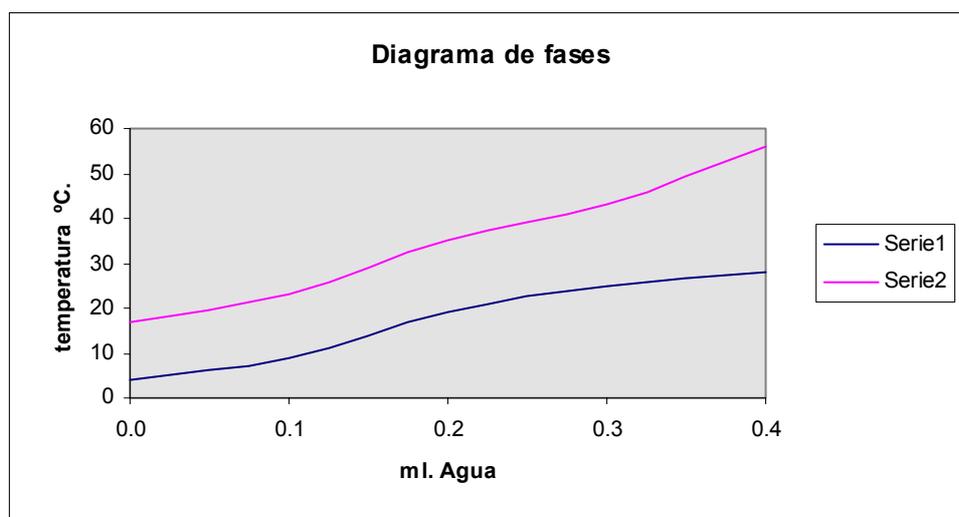
Luego, añadían distintas cantidades de agua en cada uno, siendo que en uno no añadimos y en cuatro restantes añadimos 0.1 ml, 0.2 ml., 0.3 ml., y 0.4 ml. de agua destilada respectivamente.

Enfrían después las soluciones en los tubos de ensayo, para que cojan el color rosa y así poder averiguar a qué temperatura se produce el cambio de rosa a azul, pero hay que tener en cuenta que hay un intervalo de tonalidades de rosa a azul, por ejemplo el violeta, el malva, etc..., y tomando las temperaturas de ese intervalo y la temperatura de cuando se pone azul propiamente dicho.

Obtuvieron el siguiente cuadro de datos.

H₂O ml..	Intervalo de temperaturas del cambio de color	Temperatura (azul)
0.0	4 °C / 17 °C	17 °C
0.1	9 °C / 23 °C	23 °C
0.2	19 °C / 35 °C	35 °C
0.3	25 °C / 43 °C	43 °C
0.4	28 °C / 56 °C	56 °C

Gráficamente se representaría de la siguiente forma :

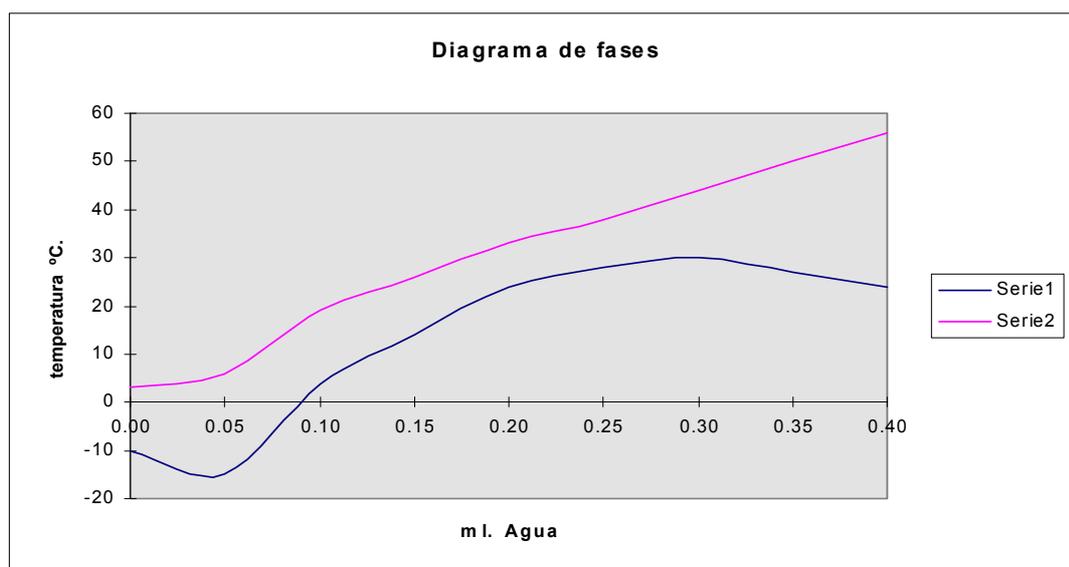


2ª Disolución : 3 ml. de cloruro de cobalto 1 M., con 45 ml. de 2-propanol.

Siguiendo los mismos pasos que en la primera disolución, obtenemos el siguiente cuadro de datos :

H ₂ O ml..	Intervalo de temperaturas del cambio de color	Temperatura (azul)
0.0	-10 °C / 3 °C	3 °C
0.05	-15 °C / 6 °C	6 °C
0.1	4 °C / 18 °C	19 °C
0.2	24 °C / 33 °C	33 °C
0.3	30 °C / 44 °C	44 °C
0.4	24 °C / 57 °C	57 °C

Gráficamente lo representaron de la siguiente forma :



En esta segunda gráfica observaron una cierta anomalía en el dato de que es necesario enfriar a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. para lograr que se ponga azul la disolución en la que se utiliza 0.05 ml de agua. Repitieron la medición dos veces más, y persistía el resultado. ¿Qué razón podría justificar esta pequeña anomalía”, o al menos, diferencia, con la primera disolución preparada?. Razonaron que un análisis más riguroso habría necesitado de mayor precisión en la medición de la temperatura, pues a esos niveles inferiores a cero hay que medir con más precisión ; y sobre todo, preparar una cantidad de disolución más grande, con las concentraciones precisas.

NIVELES DE ABSORBANCIA :

1ª Disolución (45 ml. 2-propanol + 2 ml. de cloruro de cobalto 1 M.)

TEMPERATURAS

λ (nm.)	19 °C Ambiente	5 °C	10 °C	30 °C	45 °C
350	1.4	1.45	1.4	1.4	1.4
420	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
460	1.25	1.2	1.25	1.3	1.3
490	1.65	1.6	1.6	1.65	1.7
530	1.5	1.1	1.15	1.7	2
570	1.65	0.57	0.7	2	
610	2	0.75	0.95		
660		1.6	1.85		

Gráfica de absorbancia

2ª Disolución (45 ml. 2-propanol + 3 ml. de cloruro de cobalto 1 M.)

TEMPERATURAS

λ (nm.)	19 °C Ambiente	5 °C	10 °C	30 °C	45 °C
350	1.40	1.30	1.30	1.40	1.40
420	1.40	1.30	1.35	1.40	1.40
460	1.25	1.15	1.20	1.30	1.30
490	1.60	1.60	1.60	1.65	1.70
530	1.60	1.05	1.25	1.70	2
570	1.85	0.66	0.95	2	
610		0.95	1.4		
660		1.75	2.00		

Gráfica de absorbancia

De modo paralelo, como ya se ha indicado, dos alumnos finalizaron su investigación utilizando como disolvente el etanol absoluto, y llegaron a unos resultados similares. Sus valores respecto a la absorbancia son los siguientes :

45 ml. Etanol absoluto 5 ml. 1 M Cloruro de Cobalto (II)

nm.	Tª (°C.)				
	19	5	10	30	45
350	1.3	1.3	1.2	1.35	1.4
420	1.3	1.3	1.2	1.35	1.4
460	1.3	1.35	1.3	1.4	1.45
490	1.75	1.75	1.7	1.9	1.8
530	1.3	1.2	1.25	1.5	1.75
570	0.39	0.25	0.3	0.62	1.45
610	0.37	0.19	0.65	0.67	1.8
660	1	0.82	0.9	1.55	

45 ml. Etanol absoluto 1 ml. 1 M Cloruro de Cobalto (II)

nm.	Tª (°C.)				
	19	5	10	30	45
350	0.93	0.9	0.94	0.95	0.9
420	0.93	0.92	0.93	0.95	0.95
460	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85
490	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
530	0.95	0.85	0.8	1.15	1.4
570	1	0.5	0.65	1.6	2
610	0.65	0.66	0.9	2	
660	1.9	1.55	1.9		

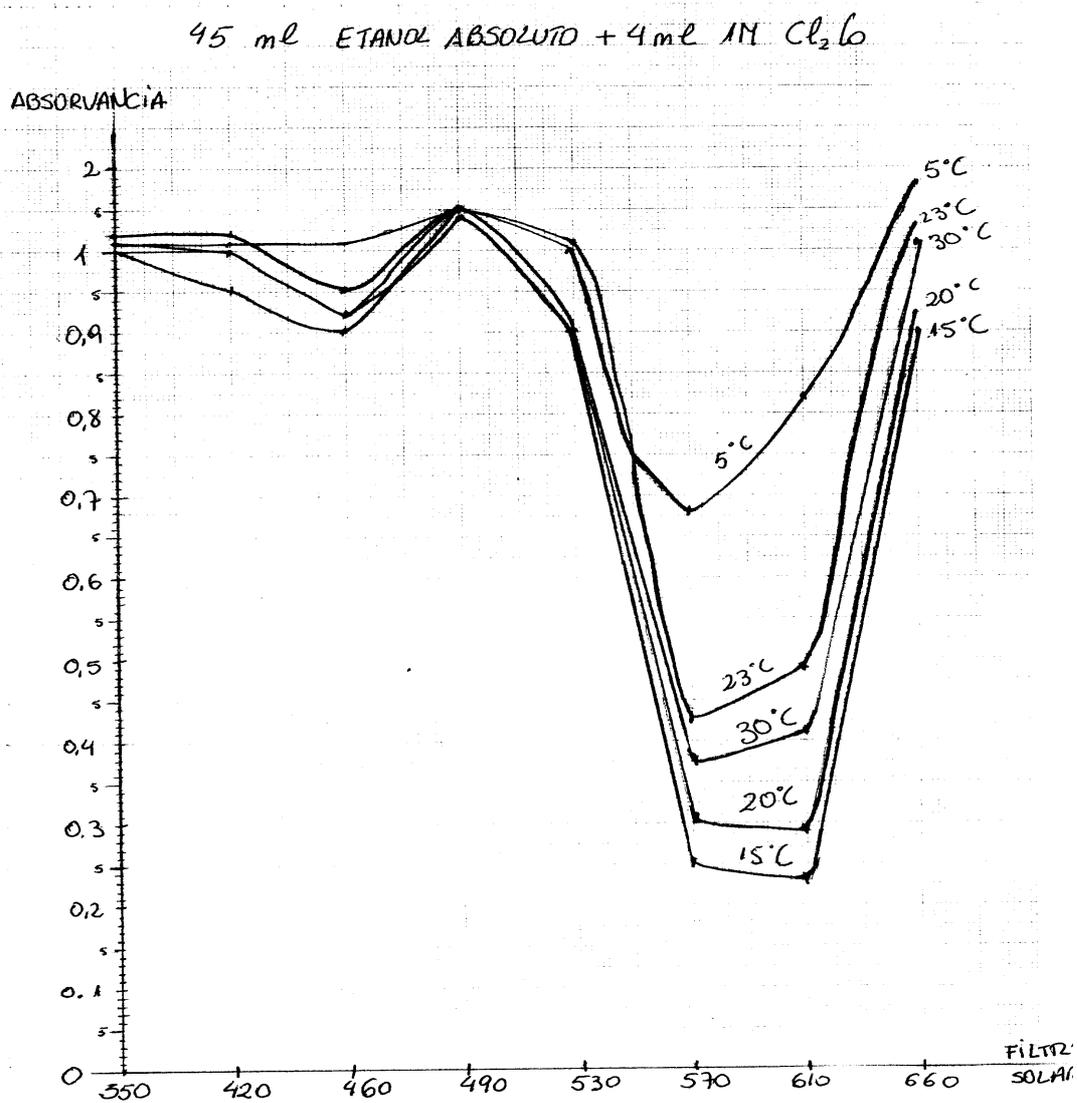
45 ml. Etanol absoluto 2 ml. 1 M Cloruro de Cobalto (II)

nm.	T ^a (°C.)				
	19	5	10	30	45
350	0.88	0.88	0.88	0.88	1
420	0,88	0.88	0.88	0.88	0.88
460	0.86	0.88	0.8	0.82	0.85
490	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4
530	0.88	0.79	0.79	0.88	1.4
570	0.45	0.19	0.2	0.6	1.7
610	0.59	0.17	0.18	0.72	2
660	1.5	0.8	0.8	1.9	

45 ml. Etanol absoluto 4 ml. 1 M Cloruro de Cobalto (II)

nm.	T ^a (°C.)				
	23	5	10	30	45
350	1.1	1.2	1	1	1.1
420	1.1	1.2	0.95	1	1
460	1.1	0.95	0.9	0.92	0.92
490	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5
530	1.1	1	0.9	0.9	0.9
570	0.43	0.68	0.25	0.3	0.3
610	0.49	0.82	0.23	0.41	0.29
660	1.3	1.8	0.9	1.1	0.92

La gráfica de absorbancia construida por estos alumnos, para esta última disolución fue la que se muestra a continuación :



45 ml. 2-propanol + 3 ml. 1 M Cloruro de Cobalto (II)

nm.	T ^a (°C.)				
	19	5	10	30	45
350	1.4	1.3	1.3	1.4	1.4
420	1.4	1.3	1.35	1.4	1.4
460	1.25	1.15	1.2	1.3	1.3
490	1.6	1.6	1.6	1.65	1.7
530	1.6	1.05	1.25	1.7	2
570	1.85	0.66	0.95		
610	0.95	1.4			
660	1.75	2			

45 ml. 2-propanol + 2 ml. 1 M Cloruro de Cobalto (II)

nm.	T ^a (°C.)				
	19	5	10	30	45
350	1.4	1.45	1.4	1.4	1.4
420	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3
460	1.25	1.2	1.25	1.3	1.7
490	1.65	1.6	1.6	1.65	2
530	1.5	1.1	1.15	1.7	
570	1.65	0.57	0.7	2	
610	2	0.75	0.95		
660	1.6	1.85			

Investigación interpretativa

Al final de esta investigación pudieron crear una especie de termómetro con los distintos tubos de ensayo, colocándoles de manera que estuvieran ordenados según la temperatura en que estuviera azul. Viendo qué tubo de ensayo es el primero que está de color azul, nos marca la temperatura ambiente a la que nos encontramos.

Esta investigación resulta de interés y capta fácilmente la atención por los resultados llamativos encontrados y la precisión que se requiere en la preparación de las disoluciones y en la medición de la temperatura.

Estos conocimientos son evaluados con la Memoria que aporta el alumno al final de las prácticas, realizando mapas conceptuales , y diagramas de Gowin sobre estas cuestiones.

Observamos en las Memorias que realizaron un aspecto mejorable como fue el hecho de que algunos copiaban demasiado literalmente las reseñas bibliográficas para exponer la introducción teórica de la Memoria. Traducían en ocasiones demasiado literalmente, y complicaban el sentido. Otros, sin embargo, hacían una fusión de las distintas reseñas e incluso se apreciaba que utilizaban su propio lenguaje, con sencillez, como si lo explicaran a otro compañero. A este respecto, hay que reseñar aquí, que en el dominio del idioma inglés, o francés, por parte de los alumnos no era muy perfecto, y de ahí sus problemas o reticencias para ponerse en movimientos y consultar toda la bibliografía. Esta carencia debería hacer recapacitar a los diseñadores de currículos de idiomas en los bachilleratos, pues no se están cumpliendo , a nuestro entender, los objetivos.

En la medida en que los alumnos tenían práctica con estos mapas conceptuales y diagramas “V”, ha sido posible la evaluación de los conocimientos, siendo valorados conforme se ha expuesto en el Apdo. 3.3.1 de esta memoria.

Entre las primeras conclusiones que se derivaban de la evaluación de esta P.I.T. destaca la sorpresa en algunos alumnos ante el hecho de que ya no tiene que seguir la receta sino que continuamente son conscientes de lo que hacen, y deciden lo que tienen que hacer. También se deduce que la calidad de cada alumno se ve inmediatamente

reflejada por sus preguntas, sus deducciones y por su interés en buscar alternativas en el proceso de la práctica.

Todos los alumnos que trabajaron en esta PIT, mantuvieron a lo largo de la investigación, el rigor necesario en la exactitud de la preparación de disoluciones, y otros aspectos, pues iban a ser fundamentales hasta el final, para llegar a conclusiones precisas. No obstante, los alumnos tendían a simplificar omitiendo pasos en las labores repetitivas, con menoscabo del rigor y el metodismo. Por ejemplo, se conformaban con repetir las pruebas sólo una vez más, cuando en algún caso, al encontrarse con resultados no tan esperados, hubiera sido necesario repetirlo muchas más veces.

Como evaluación de los cinco alumnos que realizaron la PIT, cabe comentar que todos alcanzaron una aplicación correcta de los procedimientos perseguidos desde el principio. Al comienzo se detectaba que unos tenían más facilidad por realizar las mezclas de disoluciones con precisión, hacían muy bien los cálculos necesarios, y otros se decantaban mejor por el rápido y correcto uso de colorímetro. Sin embargo, como la PIT requirió muchas mediciones, todos acabaron haciendo las tareas que en un principio habían distribuido para los otros compañeros del grupo. Los dos subgrupos en los que se dividió, al final, la PIT, rivalizaron un tanto en ver con qué alcohol daba todo mejor resultado.

Los informes finales, gráficas, y mapas conceptuales, de los que se muestran alguno en los anexos, son también satisfactorios.

4.8.2. LA RADIACIÓN AMBIENTAL EN LA LOCALIDAD DE MEDINA DEL CAMPO

PIT. realizada por un grupo de seis alumnos del Instituto de E.S. "Gómez Pereira" de Medina del Campo (Valladolid) coordinados por el profesor de Física y Química; finalizada el 15 de Junio de 1996.

INDICE :

1. Descripción teórica del tema
2. Objetivos didácticos
3. Descripción narrativa
4. Investigación interpretativa. Evaluación

Descripción teórica del tema

Llamó la atención al tutor de esta investigación las noticias aparecidas en la prensa, en aquellas fechas, acerca de que la localidad de Medina del Campo, en la provincia de Valladolid, de unos 35.000 habitantes, era la segunda localidad de España con mayor índice de radiación ambiental de España. ¿A qué podría deberse este hecho ?. El terreno de Medina del Campo no es granítico precisamente. ¿Serían verdad estos datos ?. ¿Los niveles de radiación estarían dentro de los razonables?.

La radiación ambiental puede deberse a causas naturales, o artificiales. Esta PIT tiene por objeto hacer unas mediciones de los valores ambientales de la radiación, y después interpretarlos. Antes de comenzar nos hicimos la siguiente pregunta :
¿Qué dosis reciben las personas normalmente?

Para comparar los datos que obtuviéramos con los que presentan otros estudios, hemos acudido al libro titulado "222 Cuestiones sobre la energía", editado por el Forum Atómico Español" en 1993. Allí se dice que los seres humanos están sometidos a las radiaciones procedentes del fondo natural, así como al fondo derivado de las actividades humanas.

La radiación natural se debe a tres causas:

La radiación Cósmica

Los elementos radiactivos contenidos en la corteza terrestre

Los isótopos radiactivos presentes en el propio organismo de los individuos

La dosis recibida a causa de ese fondo natural varía mucho de unos a otros puntos de la Tierra; por ejemplo, en alguna región de Brasil llega a alcanzar 76 mSv/año

De acuerdo con el informe del consejo de seguridad nuclear al Congreso y al Senado, la dosis que como promedio recibe una persona, por causas naturales, es de **2,41 mSv/año**. Esta dosis se reparte, aproximadamente, en:

0,35mSv/año a causa de la radiación cósmica
0,45mSv/año por la inhalación del radón
0,34mSv/año por los isótopos incorporados al organismo 0,01mSv/año por el peso radiactivo de los experimentos nucleares...

Hay que hacer notar que las grandes diferencias en el fondo natural entre distintas regiones de la tierra no parece que afecten a la incidencia de cáncer, defectos genéticos, etc., lo que constituye un dato significativo a la hora de estudiar los efectos de la radiación sobre las personas

La dosis recibida como consecuencia de las actividades humanas depende en gran medida de las vicisitudes por las que atraviesan las personas. Por ejemplo, una persona que hiciera viajes en avión para recorrer 25.000 Km. al año recibiría 1 mSv más que otra persona que llevara el mismo régimen de vida y que no volara nunca. Entre todas las fuentes de irradiación de este tipo la más importante es la contribución debida a las exploraciones radiológicas con fines médicos, la cual varía considerablemente entre distintas personas: en una radiografía de tórax se recibe una dosis de 0,05 mSv; en una tomografía computarizada de región lumbar la dosis es de 6 mSv.

En relación con la dosis recibida por la presencia de centrales nucleares, una persona que permaneciera todo el año a una distancia inferior a 2 Km. de la central, recibiría una dosis adicional de 0,005 mSv/año; la dosis disminuiría a medida que la persona se alejara de la central, de tal modo que si se mantuviera a una distancia superior a los 10 Km. no recibiría dosis adicional alguna. Conviene recordar aquí que la reglamentación establece zonas de acceso prohibido o restringido en el entorno de una central nuclear, por lo que puede considerarse que es nula la dosis que por esta causa recibe el público en general.

Bibliografía usada :

1. "222 cuestiones sobre la energía" Forum Atómico Español
2. "Diccionario de Ciencias" Ediciones Akal McGraw-Hill

Objetivos didácticos

Identificación de las variables en juego, distinguiendo con claridad el concepto de dosis radiactiva recibida, distinto de el de otras variables de intensidad puntual, como la actividad.

La emisión de hipótesis, estableciendo conjeturas iniciales acerca de los datos que podríamos encontrarnos, o los mejores y más fiables mecanismos de medición.

Adiestramiento en la metodología propia de los trabajos de campo : reparto de zonas, análisis de las condiciones de medición, análisis de los factores distorsionadores y los intentos de eliminarlos, estimación de valores medios, etc.

Identificación de posibles fuentes de error en la toma de datos.

Reparto organizado de tareas, sin que ningún alumno de cualquier grupo perdiera la comprensión total de lo que los demás estaban haciendo. Esta división del trabajo fue imprescindible para poder tomar una muestra abundante de muchos lugares de la localidad.

Estudios comparados de las muestras tomadas por los dos subgrupos de alumnos medidores formados.

Organización de los datos observados en tablas. Realización de ejercicios numéricos de conversión de las unidades tomadas con el medidor, a las habitualmente utilizadas (mSv/año).

Realización de mapas de campo, con la consiguiente correlación entre los datos observados y su plasmación al mapa. Iluminación de los mapas.

Interpretación de la verosimilitud de los resultados obtenidos. Juicio crítico de los resultados y del proceso de obtención.

Búsqueda de datos e información de diversas fuentes, o de estudios similares en otras poblaciones.

Elaboración de informes por parte de los alumnos sobre las experiencias y los procesos y anécdotas vividas

Elaboración clara de un informe único, con especial atención en los datos de campo, y su representación gráfica. El propósito final era conseguir un informe abierto o ensayo, digno de ser presentado al concejal de Medio Ambiente del Ayuntamiento.

Descripción narrativa

Esta PIT se desarrolló con los seis alumnos citados, que durante tres meses completos han realizado esta labor en su asignatura de Medio Ambiente. Esta asignatura es optativa para los alumnos de 4º de ESO, y en la programación se recoge todos los temas relacionados con el medio ambiente, además de las energías alternativas.

El profesor de la asignatura ofreció voluntariamente a los 30 alumnos, la posibilidad de que algunos, durante el tercer trimestre se dedicaran a elaborar un trabajo de campo sobre la radiactividad en las calles de la villa. De esta forma, estos alumnos abandonarían el temario oficial en esta tercera evaluación, y se dedicarían a este trabajo que lógicamente sería evaluado para la nota de la asignatura.

Disponíamos de un contador geiger de ALPHA COUNT MR 9515. Este medidor le habíamos encargado a comienzos del curso 94-95, pero no pudimos disponer de él hasta finales de Marzo 96, por esto, a partir de entonces se pusieron a trabajar los seis voluntarios.

Después de una reunión del profesor-tutor con los alumnos, se llegó a acuerdos en los subgrupos a formar, el proceso de medición, el estudio de los aparatos y de los fenómenos en sí. En fin, se procedió a una Pequeña Investigación Tutelada, con un tema de investigación de campo, apto a los niveles didácticos de alumnos de 4º de ESO. Se organizaban por parejas, y tomaban las mediciones en horarios diversos, incluso en horario de clase. No importaba que no asistieran a la clase de Medio Ambiente, pues ellos estaban haciendo en esos momentos su trabajo de campo, y sólo deberían aparecer por clase, cuando tuvieran todos los datos reflejados, para interpretarlos en común.

Tres alumnas se volcarían más en la labor de pasar todos los resultados, conclusiones, etc. a limpio. Harían los planos de la ciudad, pintarían las zonas de colores en los mapas, etc.

Otros dos alumnas se encargaron de tomar todos los datos sobre la radiactividad en las calles de la población, con el contador geiger ya indicado. Esta operación, como bien analizamos, la podían realizar en cualquier momento y día de la semana. Al principio comenzaron saliendo en las propias horas de clase de la asignatura Medio Ambiente, pero después vieron más eficaz utilizar de una vez hasta tres horas de una tarde para hacer un buen barrido de medidas. Como estas

alumnas eran de Nava del Rey, población distante de Medina 14 Km. decidieron venir a Medina, por su cuenta, un sábado por la mañana, para aprovechar la jornada.

El tutor de esta PIT. puso mucho cuidado en que las distintas labores de las que se encargaban dos o tres alumnos, no fueran como pequeños islotes de conocimiento de los que cada uno se sentía responsable y nada más. Se trata de una investigación realizada en grupo; y por lo tanto, en las reuniones deliberativas, de organización, o de comunicación de resultados de todos a la vez, servían para que todos siguieran la marcha de los demás. También el tutor procuró que el alguna sesión, al menos, todos acompañaran a medir los datos, todos, ayudaran a pasar los datos a gráficas, etc.

Los alumnos que medían la radiactividad de las calles tuvieron que estudiarse bien primero el manual del contador Geiger y después la propia teoría sobre el tipo de radiaciones, la evaluación media, y las medidas de la radiactividad: la diferencia entre la actividad y la dosis recibida, etc. No tuvo el profesor que dar apenas apoyo al conocimiento de estos alumnos, pues ellos fueron capaces de asimilar los conceptos por ellos mismos. El tema PIT estaba pensado para que fuera accesible a sus conocimientos, y precisamente, en la asignatura estudiaban temas directamente relacionados, al estudiar las centrales nucleares. Así pues, el tutor de la PIT, se limitó prácticamente, en este caso, a indicarles la necesidad de estos conocimientos debían ser adquiridos con precisión, y comprobar días después que los alumnos los habían adquirido.

La radiación medida en nuestro trabajo, solamente es la radiación alfa, aunque esta es la más importante, y se define así:

“cualquier radiación corpuscular emitida por cuerpos radiactivos . La partícula alfa ,o helión ,es una partícula de carga positiva ,compuesta por dos neutrones y dos protones. Puede ser emitida por elementos radiactivos naturales, o en las radiaciones nucleares. En todas sus propiedades conocidas, la partícula es idéntica al núcleo del helio”.

Los resultados obtenidos por las calles de Medina del Campo en los meses de Abril y Mayo de 1996. En algunos lugares cerrados, y de modo puntual, se dan otros valores, como es en las consultas de médicos que utilizan aparatos para hacer radiografías y emiten radiación; pero de todas formas la radiación no es elevada. En los niveles de color del mapa adjunto ,aunque el color naranja parezca que haya peligro ,no es así, es que son los valores obtenidos más elevados (entre $1,66 \times 10^{-4}$ y $2,5 \times 10^{-4}$ mSv/h). En algunas calles se ha efectuado varias medidas, en lugares separados, por ser la calle muy larga; esto está reflejado en la tabla de datos del informe poniendo las dos o tres mediciones.

El aparato utilizado:

M R 9511 ABX - ALERTA

MR 9515 CONTADOR DE RADIACIÓN ALFA

LA DOSIS DE SENSIBILIDAD :1200 Imp / min. son 0.01 mSv /h (1 mR /h)

Para pasar los resultados obtenidos en la pantalla del contador a impulsos por minuto (Imp /min) se utilizaba una regla de tres :

ejemplo:

1200 son ----- 1 mR/h

23 son ----- x mR/h

$$x = 23 \cdot 1 / 1200 = 0,019 \text{ mR/h}$$

Se utilizó 23, como un valor a modo de ejemplo que ha marcado la pantalla en una medición, y así hemos hecho con todos los valores diferentes. El resultado obtenido en la operación está en miliRem/hora (mR/h); y en el trabajo lo hemos transformado a milisievert/hora (mSv/h) , y milisievert/año (mSv/año).

mR/h para pasarlo a mSv/h

el resultado obtenido ,dividido entre 0,01, ya que 0,01 mSv/h = 1mR/h.

ejemplo:

$$0,019 \text{ mR/h} \times 0,01 = 0,00019 \text{ mSv/h} = 1,9 \times 10^{-4}$$

Con esos conocimientos de conversión claros, y después de varios días de toma de muestras, los alumnos confeccionaron la siguiente tabla, dando números de identificación a las calles para plasmar con más precisión los datos en los mapas. Los resultados son los que siguen.

CALLE -----	Dosis.10⁻⁴ mSv/h -----	Dosis mSv/año -----
1 Cáceres	1,5 - 1,4	1,3 -1.2
2 Madrid	1,5 - 1,8	1,3 - 1,5
3 Murcia	1,5	1,3
4 Palencia	1,5 - 1,8	1,3 - 1,5

5 Plaza del Pilar	1,5	1,3
6 Del Hospital	1,5	1,3
7 Plaza de San Agustín	1,7	1,4
8 De Doña Beatriz de Bobadilla	2,1	1,8
9 De Peralta	1,6	1,4
10 De San Martín	1,5	1,3
11 Plaza de las Reales	1,9	1,6
12 De Moregón	1,7	1,5
13 De las Tudas	1,5	1,3
14 Travesía de las Tudas	1,6	1,4
15 De Don Alvar Fáñez Minaya	1,4 - 1,5	1,2 - 1,3
16 De Gómez Pereira	1,2 - 1,3	1 - 1,1
17 De Don Andrés Yoca	1,4	1,2
19 De Carretas	1,8 - 2,1	1,6 - 1,8
20 De Cesteros	1,8 - 1,9	1,6
21 De Don Juan de Tolosa	1,5	1,3
22 Del Padre Hoyos	1,3 - 1,5	1,1 - 1,3
23 Del Abad Polanco	1,3 - 1,5	1,1 - 1,3
24 Instituto Gómez Pereira	1,5 - 1,6	1,3 - 1,4
25 De Don Félix M ^a Calleja	1,6	1,4
26 De Don Fernando de Antequera	1,7 - 1,5	1,5 - 1,3
27 De Prior Ayllón	1,3 - 1,4	1,1 - 1,5
28 De Don Juan de Pireda	1,5	1,3
29 De Don Gregorio de Valencia	1,5 - 1,7	1,3 - 1,5
30 De Don José Acosta	1,5 - 1,3	1,3 - 1,5
31 De Don Juan II de Aragón	1,4 - 1,3 - 1,5	1,2 - 1,1 - 1,3
32 De Don Alvaro de Lugo	1,4 - 1,3	1,5 - 1,16
33 De D. Juan Gutiérrez de Garbay	1,5	1,3
34 De Don Cristóbal de Olea	1,4	1,5
35 De Troncoso	1,4 - 1,5	1,2 - 1,3
36 De Don Luis de Vélez	1,3 - 1	1,1 - 0,8
37 Travesía de Rave	1,3 - 1,5	1,1 - 1,3
38 De las Angustias	1,5 - 1,6	1,3 - 1,4
39 De Lobato	1,5 - 1,4	1,3 - 1,2
40 De Lagares	1,3 - 1,6	1,1 - 1,4
41 De Don Francisco del Canto	1,7 - 1,5	1,5 - 1,3

CALLE	Dosis.10⁻⁴ mSv/h	Dosis mSv/año
-----	-----	-----
42 De Carreras	1,8 - 2,2	1,6 - 1,9
43 De Artillería	2,2 - 2,1	1,9 - 1,8
44 Plaza del Carmen	1,5	1,3
45 Ronda de S ^a Ana	1,7 - 1,6	1,5 - 1,4
46 Portillo de S. Juan de la Cruz	1,7	1,5
47 Plaza de Segovia	1	0,8
48 De Zamora	2 - 2,3	1,7 - 2,04
49 Nueva del Amparo	1,5 - 2	1,3 - 1,7
50 De Don Andrés López	1,5	1,3
51 De Malena	1,5	1,3
52 De Guadalajara	1,4 - 1,8	1,2 - 1,6
53 De Salamanca	1,3 - 1,4	1,1 - 1,2
54 De Orense	1,2	1
55 Del Abad García del Ribón	1,5 - 1,7	1,3 - 1,5
56 Badajoz	1,4 - 1,5	1,2 - 1,3
57 De Don Ildefonso Rodríguez	1,5 - 2,4	1,3 - 2,1
58 De Logroño	1,7 - 1,2	1,5 - 1
59 De Santander	1,3 - 1,7	1,1 - 1,5
60 De León	1,9 - 2,1	1,6 - 1,8
61 De Ciudad Real	1,7 - 2,2	1,5 - 1,9
62 De Soria	1,8	1,6
63 De Avila	1,3 - 2	1,1 - 1,7
64 De Burgos	1,8 - 2,3	1,6 - 2
65 Avenida de Portugal	1,5	1,3
66 De Doña Mariana de Paz	1,9 - 2,3	1,6 - 2
67 De Don Santo Viña	1,5 - 1,8	1,3 - 1,6
68 Ronda de Gracia	1,8	1,6
69 Plaza de San Agustín	1,7	1,5
70 De Don Carlos Velasco	2 - 2,4	1,7 - 2,1
71 De Doña Leonor de Aragón	2,4	2,1
72 De Chalamandrín	1,5 - 1,7	1,3 - 1,5
73 De Don Alonso Fayardo	2 - 2,3	1,7 - 2
74 De Las Damas	1,7 - 2	1,5 - 1,7
75 Costado del Hospital	1,4 - 1,7	1,2 - 1,5
76 Plaza de toros	1 - 1,5	0,8 - 1,3
77 De José Zorrilla	1,7 - 2,2	1,5 - 1,9
78 Plaza de Segovia	1	0,8

79 De Rafael Giraldo	1,4	1,2
80 De San Juan Brazo	1,3 - 2,2	1,1 - 1,9
81 De Don Matías Montero	1,4 - 1,7	1,2 - 1,5

CALLE	Dosis.10⁻⁴ mSv/h	Dosis mSv/año
-----	-----	-----
82 De Don Simón Ruiz Envilla	3 - 1,5	1,1 - 1,3
83 De López Flores	1,2	1
84 Plaza del Mercado	1,7 - 1,9	1,5 - 1,7
85 De Maldonado	1,4 - 1,7	1,2 - 1,5
86 De Padilla	1,2 - 1,3	1 - 1,1
87 De San Francisco	1,1	0,9
88 De San Lázaro	1,5 - 1,7	1,3 - 1,5
89 De Cuenca	1,5 - 1,6	1,3 - 1,4
90 Plaza del Marqués de la Ensenada	1,4	1,2
91 Plaza del Teatro	1,4	1,2
92 De Don Bernal Díaz del Castillo	1,2 - 1,4	1 - 1,2
93 Plaza del Pan	1,5	1,3
94 Del Almirante	2,1	1,8
95 Plaza Mayor	2,2 - 2,3	1,9 - 2
96 De Don Onésimo Redondo	1,7 - 1,8	1,5 - 1,6
97 De Ramón y Cajal	1,2 - 1,4	1 - 1,2
98 Plaza de Don Federico	1,8	1,6
99 De Don Juan de Alamos	1,5 - 2,1	1,3 - 1,8
100 De Don Rodrigo de Dueñas	1,4 - 1,5	1,2 - 1,3
101 De Mondragón	1,3 - 1,5	1,1 - 1,3
102 De Don Juan Alonso	1,4 - 1,5	1,2 - 1,3
103 De Don Gerardo Moraleja	1,2	1
104 Corralillo de los Sogueros	1,4	1,2
105 De Gamazo	1,4 - 1,5	1,2 - 1,3
106 De Cerradilla	1,5 - 1,9	1,3 - 1,7
107 Obispo Barrientos	1,4	1,2
108 De Colón	1,3 - 1,5	1,1 - 1,3
109 De San Miguel	1,2 - 1,4	1 - 1,2
110 Plaza de San Miguel	1,5	1,3

111 Plaza de Santiago	1,4	1,2
112 Ronda del Apóstol Santiago	1,8 - 1,2	1,6 - 1
113 Corral del Mercado	1,8	1,6
114 De Nueva Apertura	1,4 - 1,5	1,2 - 1,3
115 De Santa Teresa de Jesús	1,5 - 1,7	1,3 - 1,5
116 Estación de ferrocarril	2,2 - 1,9	1,9 - 1,7

Investigación interpretativa. Evaluación

La descripción narrativa fue abundante durante la marcha de la investigación. Conforme a las anotaciones de las primeras sesiones, pude ir comprobando qué grado de conocimientos procedimentales tenía cada alumno al principio de la investigación. Así pude comprobar y anotar que unos manipulaban con mayor destreza el contador geiger de radiactividad, mientras que otros tenían una habilidad innata para hacer croquis de la ciudad. Según esto, el tutor iba anotando la base que tenía cada alumno con respecto a los objetivos didácticos que esta PIT perseguía, y los progresos que hacía en esos objetivos didácticos a lo largo del trabajo de la PIT.

De la observación narrativa se sacaron ya bastantes conclusiones respecto a la evaluación de los alumnos. Otros elementos evaluadores fueron los siguientes :

Los dos informes finales que hicieron, los dos subgrupos principales, junto al informe conjunto o ensayo para ser presentado en el Ayuntamiento y en el Concurso del Colegio de Físicos de España, que por esas fechas estaba convocado.

Los mapas conceptuales sobre la radiactividad que elaboraron algunos alumnos.

Los cuestionarios respondidos por cada alumno.

Todo lo anterior dio como resultado final una evaluación muy positiva de todos los alumnos. Si bien, uno de ellos, continuó con sus preferencias de labores manipulativas, de recogida de datos, de acción, más que de reflexión o interpretación de resultados ; etapas estas en las que era apoyado por los demás compañeros.

4.9 ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La principal ventaja de este modelo es que sigue al pie de la letra las líneas marcadas por la moderna Didáctica de las Ciencias. Gracias a ello es posible poner a los alumnos en situación de aprendizaje de un gran número de contenidos procedimentales del tipo *habilidades de investigación*.

Por propia concepción, las PIT permiten la familiarización con la metodología científica en mucho mayor medida que con los métodos habituales y permite adquirir hábitos de trabajo propios del quehacer científico ordinario, que no están explicitados habitualmente en los libros de texto. Además, favorece la evolución de la mente hacia nuevos y mejores esquemas conceptuales, aspecto esencial de la maduración intelectual. La PIT despierta en gran medida no solo el interés por la ciencia, sino también por la investigación científica en general. En resumen, da una visión muy acertada de la ciencia y de cómo se construye esta.

El método PIT es un complemento indispensable a la tradicional práctica, de concepción recetística y rutinaria, donde el alumno se suele limitar a llegar, no importa a qué precio, hasta un resultado ya preestablecido. No se trata por lo tanto de una alternativa propiamente dicha, sino de un indispensable complemento de los TP actuales, que permite aprender muchos de los contenidos procedimentales presentes en todo currículo moderno de ciencias. Decimos que es un indispensable complemento porque, si bien los TP habituales son el método que mejor se adapta a la situación organizativa de un centro, adolece de muchas virtudes (ya tratadas en el cap. 3 de esta memoria) y es precisamente en estas carencias donde el método PIT ofrece sus mejores posibilidades.

Las PITs propician una intensa relación humana profesor-alumno y alumno-alumno que luego se pone de manifiesto en el aula, e incluso fuera de ella, con todo lo positivo que de ello se deriva.

·El número ideal de estudiantes para un grupo PIT es de cinco, si bien es cierto que esta circunstancia depende del tema elegido, del nivel académico de los alumnos, etc. Nuestra experiencia es que han funcionado bien, tanto grupos pequeños (de tres alumnos) como grandes (de siete alumnos).

Pero no solo los contenidos procedimentales son adecuadamente tratados, sino que también, y apoyándose sobre todo en esas positivas relaciones profesor-alumno y alumno-alumnos, es posible alcanzar un buen número de los objetivos de tipo actitudinal del currículo.

Las PITs se adaptan bien al moderno Bachillerato, con todo lo que lleva implícito de preocupación por las interacciones CTS y en especial, gracias a la frecuente existencia de grupos reducidos en determinadas materias optativas. Evidentemente, se llevan mejor veinte alumnos que cuarenta y pueden realizarse con ellos más actividades de carácter no reglado. Igualmente, las PITs pueden ser aplicadas en otras etapas de la enseñanza: ESO y universitaria, lo cual hemos podido comprobar. Para ello, es preciso diseñar adecuadamente el tema y adaptar la dinámica de actividades al caso concreto.

Entre los métodos para evaluar los aprendizajes de los alumnos tras la realización de las PIT, los diagramas “V” se perfilan como la mejor forma de valorar la interacción entre lo que el alumno hace y lo que sabe y piensa. Los diagramas conceptuales ofrecen la posibilidad de valorar la calidad del esquema conceptual que el alumno ha adquirido acerca del tema. Uno y otro recursos ofrecen por añadidura la posibilidad de organizar más y mejor las ideas, y en definitiva, que el aprendizaje sea más significativo.

Como contrapartida a las ventajas que acabamos de enunciar, se ha de señalar que este método trae consigo un importante aumento de trabajo, dedicación y responsabilidad, tanto a los alumnos como al profesor. Para el profesor, diseñar y preparar temas PIT, proporcionar la bibliografía, tutelar correctamente las actividades de los alumnos, proporcionar el instrumental adecuado, etc supone un incremento de trabajo importante añadido al que ya tiene. Para los alumnos, preocuparse día tras día de una empresa que se prolonga más de dos meses y someterse a la disciplina del trabajo en grupo supone también una cuota de esfuerzos notable. Ahora bien, por uno y por otro lado, se ven compensados por los logros, que no son posibles a través de las actividades académicas habituales.

El desarrollo de las PIT tiene problemas de encaje en la organización de un centro de Secundaria, habitualmente con demasiados alumnos, en la que prima por encima de todo la enseñanza de aula con grupos convencionales de cuarenta estudiantes. En estas condiciones, la participación activa de los alumnos y la atención personalizada del profesor están seriamente

menoscabadas. En este estado de cosas, las PITs quedan relegadas a la categoría de complemento, en el marco de las actividades “extraescolares”.

Por otro lado, los sistemas de evaluación actuales, atienden primordialmente a la tasación de conocimientos conceptuales declarativos con detrimento de los procedimientos, actitudes, estrategias, habilidades experimentales, trabajo en equipo, etc. En las PITs no se les califica a los alumnos exclusivamente por los resultados de sus trabajos, sino también por la “manera” de llegar a esos resultados. La ausencia de un clásico exámen hace que los estudiantes se desorienten, recelen y no se decidan a participar en las PITs, si bien este hecho se convierte en un sistema automático de selección de los mejores y más motivados alumnos.

CAPÍTULO QUINTO

Conclusiones generales

CAPITULO QUINTO

CONCLUSIONES GENERALES

A lo largo de los años que ha durado la presente investigación, hemos podido comprobar reiteradamente que el profesorado, tanto de Universidad como de Enseñanza Secundaria, tiene una idea difusa acerca de los contenidos procedimentales. En el mejor de los casos son capaces de enumerar los más importantes en virtud del conocimiento que tienen de las disciplinas que enseñan y no como resultado de una formación específica en este tema. Es idea generalizada que el conocimiento de los procedimientos de la ciencia es algo a lo que se accede a través de un estudio adecuado de los contenidos conceptuales, o dicho en otros términos, que el aprendizaje de los contenidos conceptuales trae “de regalo” el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Esta idea está aún más arraigada desde que el modelo constructivista va implantándose en el aula.

De las encuestas pasadas a los profesores, hemos podido apreciar que ellos piensan que las prácticas de laboratorio sirven fundamentalmente para afianzar conceptos fundamentales, conseguir destrezas manipulativas y, en general, para familiarizarse con las técnicas rutinarias del trabajo experimental (preparación de disoluciones, representación gráfica, tabulado, etc.) y para que se familiaricen con la metodología científica. Contrasta esto último con el hecho de que habilidades intelectuales y de investigación no están consideradas explícitamente como objetivos del laboratorio; esto sólo es comprensible si se hace desde una visión reducida y parcial de la metodología científica.

El uso que actualmente se está dando a los laboratorios en las dos etapas en que hemos trabajado, es manifiestamente obsoleto, más propio de un modelo de enseñanza por transmisión de conocimientos previamente elaborados que de un planteamiento constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En Enseñanza Secundaria esta situación cobra particular significado, dado que tanto las actividades de aula como los libros de texto, han adoptado muchas de las reglas propias del modelo constructivista (participación activa de los alumnos, discusión en grupo, enjuiciamiento crítico de los hechos, etc.) y en este contexto, las prácticas de laboratorio basadas en el

tradicional gui3n-receta, siguen teniendo un fuerte car3cter conductista. El alumno sigue ciegamente la receta del gui3n, cae en un operativismo carente de significado, no aventura hip3tesis alguna y la 3ntima convicci3n de que el seguimiento escrupuloso de la receta le llevar3 indefectiblemente a un buen final, y por consiguiente, a una buena nota, aborta todo intento de analizar y enjuiciar sus resultados. Por ello, los alumnos no obtienen una imagen acertada de la ciencia y mucho menos, de c3mo se construye esta.

Del estudio realizado sobre los alumnos, sacamos como conclusiones que las actuales pr3cticas de laboratorio son poco motivadoras, para ellos resultan un puro tr3mite. Para los de secundaria se trata de un rato agradable y distendido, en cuanto que sustituye a la clase te3rica, m3s disciplinada y esforzada. Por su parte, los alumnos de universidad ven el laboratorio como una sobrecarga de horario, puesto que se hace aparte de las clases te3ricas. Para unos y para otros, la confecci3n de la memoria constituye una enojosa obligaci3n que resuelven de la mejor manera posible maquillando adecuadamente el gui3n de la pr3ctica. Nuestras apreciaciones coinciden con las hechas ya por otros investigadores y apuntan a que las pr3cticas tradicionales no contribuyen ni a mejorar el conocimiento de los alumnos acerca de lo que es hacer ciencia ni a favorecer la construcci3n significativa de sus conocimientos.

Si bien el profesorado en general, intuye que el laboratorio puede ser la m3s poderosa herramienta para el aprendizaje de los contenidos procedimentales, pr3cticamente ning3n profesor se decide a realizar cambios en profundidad en su modo de emplear el laboratorio. Ello se debe a un conjunto de razones, la primera y m3s importante de todas es que no existe un modelo definido y pr3ctico de emplear el laboratorio escolar dentro del paradigma del constructivismo. Ciertamente, existen algunos estudios en este sentido (Pay3, 1991), pero en ellos no aparecen propuestas concretas para poner en pr3ctica los planteamientos que en ellos se hace.

Otra importante raz3n emana de la organizaci3n r3gida de los centros de secundaria, que encorseta las actividades del laboratorio en el per3odo de una clase te3rica. Esto, unido a la elevada densidad de los contenidos te3ricos y la escasez de plantilla de profesores y de instalaciones y material en muchos casos, determina como 3nica forma de salir del paso la adopci3n de la pr3ctica receta tradicional como la soluci3n menos mala.

Como resultado de esta investigación, hemos propuesto dos modelos de uso del laboratorio escolar de Física y Química, ambos basados en el modelo constructivista de la enseñanza. Uno de ellos, es de aplicación a la etapa universitaria y sustituye a las actuales prácticas receta. El otro es aplicable a la etapa de Enseñanza Secundaria y supone un complemento a las prácticas que actualmente se hacen y está pensado para asegurar el aprendizaje de los contenidos procedimentales presentes en el DCB, tanto de la ESO como del Bachillerato. Uno y otro modelos podrían ser aplicados en el otro contexto para el que fueron diseñados, si bien requerirían determinadas modificaciones. Concretamente, pensamos que los TP de enfoque constructivista tratados en el Capítulo 3, podrían realizarse en ESO y Bachillerato reduciendo su complejidad, muy en particular, en Química. Por su parte, las Pequeñas Investigaciones Tuteladas pueden ser aplicadas sin modificación alguna en Universidad.

Tanto en uno como en otro casos, es inevitable un importante aumento del trabajo y dedicación por parte del profesor, toda vez que se alejan del esquema del “trabajo en serie” y “café para todos”, característico de las prácticas receta. Por el contrario, los enfoques constructivistas en el trabajo de laboratorio comportan una atención particular a todos y cada uno de los alumnos y grupos de alumnos. Por otro lado, dado el carácter abierto y problemático de estas actividades, no es posible confiar el mismo tema a todos o varios grupos de alumnos. Además, y por este mismo motivo, se precisa renovar todos los años la temática de los TP, ya que de otro modo, los alumnos del año anterior pasarían sus “experiencias” a los del año en curso, lo que anularía todo lo que de positivo tienen este tipo de trabajos.

También los alumnos se ven más cargados de trabajo en este tipo de TP, en el que en ningún momento se les dice qué tienen que hacer. No olvidemos que el documento guía es un texto que dirige las actividades indagativas del alumno y es él quien ha de buscar la información teórica sobre el tema, ha de plantear el problema, formular junto con sus compañeros de equipo las hipótesis más razonables posible, elegir o diseñar los experimentos tendentes a verificar la hipótesis, analizar sus resultados experimentales, extraer las correspondientes conclusiones, etc. Todo ello supone un esfuerzo y una madurez que en los TP tradicionales no se precisan.

La parte preexperimental (bibliográfica, emisión de hipótesis y diseño experimental) ocupa en ambos modelos una importante parte del tiempo, que grosso modo podría establecerse en las dos terceras partes del total. Creemos que este período, lejos de ser meramente

preparatorio, es extraordinariamente fecundo desde el punto de vista didáctico, ya que a lo largo del mismo, se dan todo tipo de situaciones en las que el alumno aprende todo un conjunto de contenidos procedimentales del grupo de las *habilidades de investigación* (Identificación de problemas y de las variables que en ellos intervienen, formulación de hipótesis a partir de un marco teórico, establecimiento de dependencias entre variables, establecimiento de procesos de control y exclusión de variables, diseños experimentales, estrategias de resolución de problemas, etc.). Por su parte, la fase experimental se diferencia poco del trabajo propio de un TP tradicional, siendo su principal faceta didáctica el aprendizaje de destrezas manuales y rutinas del trabajo experimental. Pese a todo existe una importante diferencia, y es que aquí el alumno no hace cosas a ciegas, sino que sus manipulaciones y observaciones obedecen a su propio criterio.

Como contrapartida a este incremento de esfuerzos, los modelos de TP que en este trabajo proponemos, motivan en gran manera a los alumnos, que en muchos momentos del desarrollo, se sienten verdaderos investigadores. En este sentido, afirmamos que, si los TP están bien diseñados y su desarrollo tiene lugar correctamente, se convierten auténticamente en “el juego de los investigadores”. En ellos los alumnos sienten que van a descubrir lo desconocido (aunque el profesor sabe con certeza a dónde van), tienen ocasión de saborear el fracaso, que debidamente dosificado resulta altamente aleccionador y también pueden sentirse orgullosos y satisfechos de sus propios logros. Todo ello comporta la adopción por parte del alumno de todo un conjunto de actitudes positivas hacia la ciencia que constituyen buena parte de los objetivos didácticos de tipo actitudinal, presentes en el DCB de Ciencias de la Naturaleza en la etapa de Secundaria. Finalmente, y esto es importante, el desarrollo de un TP constructivista puede resultar tortuoso y deslucido si se juzga desde la óptica del modelo tradicional, pero hemos de asumir que es así precisamente como se avanza en la construcción de la ciencia, y es eso precisamente lo que se pretende que el alumno conozca.

Hemos podido comprobar la eficacia de los proyectos previos a la experimentación, que aparecen explicados en el Capítulo 3. Este tipo de trabajo exige una responsabilidad y autonomía a los alumnos que no siempre acreditan suficientemente. Por ello, la obligatoriedad de presentar un proyecto del trabajo experimental que se va a hacer, supone asegurar que los equipos de alumnos van a ponerse a funcionar desde los primeros días. Es una forma de forzar a que estos plasmen en el papel sus estudios teóricos e indagaciones sobre el tema que se preocupen de teorizar y pronosticar, de decidir qué experimentos realizarán y cómo lo harán,

etc. Además ello asegura que en algún momento, el profesor tendrá conocimiento exacto del grado de avance del trabajo de sus alumnos y de detectar enfoques equivocados, situaciones viciadas, hipótesis absurdas o falta de verdaderas hipótesis, etc. En consecuencia, este podrá ejercer eficazmente su labor tutorial y reconducir todas aquellas situaciones que no apunten hacia los fines didácticos que se persiguen.

El modelo de evaluación propuesto, basado en el empleo de test de observación, diagramas conceptuales, diagramas “V” y test de valoración de los informes finales, ha sido contrastado por nosotros a lo largo de la investigación y se revela como el más idóneo, operativo y completo en orden a evaluar los diferentes aprendizajes característicos de estos TP.

Los diagramas “V” de Gowin se han revelado como la mejor herramienta para valorar la intensidad y calidad de interacciones entre lo que el alumno sabe y piensa y lo que hace. Este es un aspecto de crucial importancia en este tipo de trabajos. Así, hemos podido comprobar que en los grupos en los que se dio una fuerte situación de liderazgo, en la que un alumno pensaba y decidía y los demás le seguían sin criterio propio, el primero obtuvo mejor calificación en dicho diagrama que sus compañeros. Por otro lado, la confección de este diagrama constituye en sí misma una muy buena forma de ordenar y vertebrar el conjunto de conocimientos acerca del problema trabajado, tanto en el dominio conceptual (conceptos-esquemas conceptuales-leyes-teorías) como en el metodológico (observaciones/registros-transformaciones-análisis de resultados-conclusiones- juicios de valor).

En cuanto a los informes finales, destacamos la eficacia del empleo del test de corrección, que permite valorar sobre el mismo un importante conjunto de aspectos relacionados una vez más con el aprendizaje de contenidos procedimentales. De este modo, el profesor califica sobre el informe todos y cada uno de estos aspectos (estudio teórico, planteamiento del problema, hipótesis emitidas, experimentación, transformaciones sobre los registros, análisis de resultados y conclusiones). De este modo, la calificación del informe es altamente objetiva.

En resumen, pueden resumirse en cinco puntos concretos las conclusiones de nuestra investigación:

- 1. Los TP que actualmente se realizan no concuerdan con la metodología constructivista, no permiten el aprendizaje de contenidos procedimentales, no dan una visión realista de la ciencia ni de cómo se construye esta y no generan actitudes positivas hacia la ciencia y su estudio. Por todo ello, deben ser replanteados en profundidad y transformados bajo el paradigma del constructivismo.**
- 2. En aquellos contextos escolares donde sea posible, los TP tradicionales deberían ser sustituidos por los TP de enfoque constructivista, cuyo modelo de aplicación práctica hemos propuesto. Esta forma de uso del laboratorio permite alcanzar muchos de los objetivos didácticos, propios de todo currículo moderno de ciencias, que no pueden alcanzarse por el uso tradicional del laboratorio.**
- 3. Otra forma de asegurar el aprendizaje de los contenidos procedimentales es la realización de las Pequeñas Investigaciones Tuteladas. Estas actividades pueden coexistir con las prácticas receta tradicionales y permiten la adquisición de aquellos conocimientos relativos a las habilidades de investigación, que no pueden lograrse con las prácticas de laboratorio clásicas.**
- 4. La evaluación de los aprendizajes sobre contenidos procedimentales ha de resultar forzosamente específica. El modelo evaluativo que presentamos permite valorar de forma simple, objetiva y eficaz tales aprendizajes y puede aplicarse sin grandes modificaciones en las dos etapas (Secundaria y universitaria) aquí consideradas.**
- 5. La introducción del modelo constructivista en las actividades de los alumnos en el laboratorio convierte las prácticas clásicas, consideradas por ellos como un mero trámite, en una actividad motivadora y enriquecedora, capaz de generar un buen número de actitudes positivas hacia la ciencia y su estudio.**

CONSIDERACIONES FINALES

Desde hace ya algún tiempo, el panorama de la enseñanza está cambiando. En nuestro país, la implantación del nuevo Sistema Educativo para la Enseñanza Secundaria así como la política de cambio en los planes de estudio de la Universidad, evidencian la materialización de dicho cambio en nuestra sociedad. En este estado de cosas, es preciso que las autoridades y el profesorado hagan un importante esfuerzo en modernizar los métodos de enseñanza empleados, modernización que ya se empieza a notar en los libros de texto y las actividades de aula. Consecuentemente, se hace preciso armonizar las actividades de laboratorio con los cambios experimentados por las actividades de aula.

Es preciso abandonar el viejo concepto de “no hay más prácticas que las realizadas en el laboratorio” y asumir que, si pretendemos que los TP se asemejen a los procesos por los que se construyen las ciencias experimentales, estos se realizan también en la biblioteca, en una sala de reuniones, en casa y en general, en cualquier espacio donde los alumnos puedan leer, estudiar, reunirse, pensar, imaginar, etc. y, por supuesto, también en el laboratorio.

Es preciso abandonar también la idea de que las prácticas están vinculadas cronológicamente a una determinada fecha y una determinada hora. Bajo estos nuevos puntos de vista, el TP comienza desde que el grupo de alumnos recibe el documento guía y termina cuando presentan el informe final, bastantes semanas más tarde.

Ciertamente, todo ello comporta importantes complicaciones en la gestión del laboratorio y en la dedicación del profesor. Por ello se requiere una buena dosis de entrega y dedicación por parte de este y un esfuerzo económico por parte de la Administración que emana de la necesaria ampliación de plantilla y mejora del equipamiento de los laboratorios en cantidad, calidad y variedad.

Actualmente estamos trabajando en el diseño de un modelo de TP concebido como “resolución de problemas experimentales”, específico para el laboratorio de Química, que creemos que puede ser aplicado sin ningún género de dificultades en la Enseñanza Secundaria. En consecuencia, pensamos que puede llegar a ser la alternativa definitiva a los TP que actualmente se están realizando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS (1970), *Science, a process approach commentary for teachers*. AAAS: Xerox Corporation
- ABELL, S. y SMITH, D. (1994). What is science?: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *Int. Jour. Science Education*, 16 (4), pp. 475-487.
- AINLEY, D., y ELLIS, G. (1992). *Problemas de ciencias. Cosas a investigar*. Madrid: Akal, Colección "Biblioteca de aula
- AUSUBEL, D. P (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*. México. Trillas. 1976.
- BARBERÁ, O. y VALDÉS, P. (1996). *El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias : una revisión*. Enseñanza de las Ciencias, 1996, 14(3), pp. 365-379
- BASTIDA, M.F., RAMOS, F. y SOTO, J., (1990), Prácticas de laboratorio: ¿una inversión poco rentable? *Investigación en la Escuela*, 11, p.77-91
- BÉKÉSY, G., (1960) "Experiments in Hearing" Mc Graw Hill, p 552.
- BLOOME, D. (1989) Locating the learning, reading and writing in classrooms : beyond deficit, difference, and effectiveness models. In C. Emihovich (de.), *Locating Learning : Ethnografic Perpectives on Classroom Research* (Norwood : Ablex), 87-114
- BRUSIC, S.A., (1992). Achieving STS goals through experiential learning, *Theory into Practice*, 31, pp. 367-380.
- BUCHAN, A.S. y JENKINS, E. W. (1992) The internal assessment of practical skills in science in England and Wales 1960-1991 : Some issues in historical perspective. *International Journal of Science Education*, 14, pp. 367-378.
- CARRASCOSA, J. Y GIL, D. (1985). "La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (1985), 113-121 .
- CHANG, H & LEDERMAN, N., (1994) The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement, *Jour. Res. Sci. Teach.*, 31, 2, p.167-181
- COBB, P. YACKEL, E., WOOD, T., WHEATLEY, G. y MERKEL, G. (1988) From research to practice : creating a problem solving atmosphere, *Arithmetic Teacher*, 36 (1), 46-47
- DILLON, D.R., O'BRIEN, D.G., MOJE, E.B. y STEWART, R.A., (1994). Literacy learning in secondary school science classrooms. Acros-case analysis of three qualitative studies. *Journal of research in science teaching*, 31 (4), pp. 345-362.
- DISEÑO CURRICULAR BASE (1989). Libro Blanco para la reforma del Sistema Educativo. Eds. M.E.C. Madrid, España.
- DORAN, R., BOORMAN, J., CHAN, F. y HEJAILY, N., (1993) Alternative assessment of High School laboratory, *Jour. Res. Sci. Teach.*, 30, 9, p.1121-1131
- DORAN, R., FRASER, B. y GIDDINGS, G., (1995), Science laboratory skills among grade 9students in Western Australia, *Int. Jour. Sci. Ed.*, 17, 1, p.27-44
- DRIVER, R. y BELL, B., (1986). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view, *School Science Review*, 67, pp. 443-456.

- DRIVER, R. y OLDHAM, V., (1986).** A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Science Education*, 13, pp. 105-122
- DUGGAN, S. y GOTT, R., (1995),** The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science, *Int. Jour. Sci. Ed.*, 17, 2, p.137-147.
- ERIKSON, G., ERIKSON, L., (1984)** Females and science achievement : evidence, explanations and implications. *Science Education*, Vol 68, pp. 63-89
- FENSHAM. P.J., (1990)** .Practical work and the laboratory in Science for All, en *The student laboratory and the science curriculum*, editado por Elizabeth Hegarty-Hazel. Londres: Routledge.)
- FURIÓ, C., ITURBE, J. y REYES, J., (1994),** Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias, *Investigación en la Escuela*, 24, p.89-99
- GALBRAITH. P., CARSS, M., GRICE, R., ENDEAN, L. y WARRY, M. (1997).** Towards scientific literacy for the third millennium: a view from Australia. *Int. Jour. Science Education*, 19(4), pp. 447-467.
- GALLAGHER, J. J. and TOBIN, K. G. (1987)** Teacher management and student engagement in high school science. *Science Education*, 71 (4), 535-555.
- GANGOLI, S. y GURUMURTHY, C., (1995),** A study of the effectiveness of a guided open-ended approach to physics experiments, *Int. Jour. Sci. Ed.*, 17, 2, p.233-241
- GENÉ, A., (1986).** *Transformació dels treballs pràctics de Biologia. Una proposta teòricament fonamentada.* Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- GIL, D. (1983)** "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1983), 26-34.
- GIL, D., (1993).** Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza / aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 11(2)* , pp.197-212 , Univ. de Valencia .
- GIL D. y PAYÁ J. (1982)** “Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química. Un análisis crítico”. Jornadas de Ens. De Fís. Y Quí., Valencia (1982)
- GIL, D., y PAYÁ, J., (1988).** Los trabajos prácticos de Física y Química y la Metodología Científica. *Enseñanza de las Ciencias, Vol 2 (2)* pp. 73-79.
- GIL PÉREZ, D. y VALDÉS CASTRO, P., (1995).** Un ejemplo de práctica de Laboratorio como actividad investigadora : Segundo Principio de la Dinámica. *Rev. Alambique, n° 6* , pp 93-102.
- GIL PÉREZ, D. y VALDÉS CASTRO, P., (1996).** La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: Un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las ciencias Vol 14 (2)*, 155-163.
- GONZALEZ EDUARDO M., (1991).** Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de Física. (*Tesis de maestrado: Universidad de Valencia.*)
- GONZALEZ EDUARDO, M.,(1992).** ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos?. *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 12 (2)*, pp. 206-211.
- GOTT, R. y DUGGAN, S., (1996),** Practical work: its role in the understanding of evidence in science, *Int. Jour. Sci. Ed.*, 18, 7, p.791-806
- GRAU, R., (1994).** ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Rev. Alambique n°2*, pp.27-35.
- GUILBERT, L. y MELOCHE, D., (1993).** L'idée de Science chez des enseignants en formation: Un lien entre L'histoire des sciences et L'hétérogénéité des visions?. *Didascalía, 2*, pp. 7-30. *Resumen: Enseñanza de las Ciencias, Vol. 12(3)*, pp. 434-435.
- GUNSTONE, R.F., MITCHELL, I.J. y THE MONASH CHILDREN'S SCIENCE GROUP, (1988).** Two teaching strategies for considering children's science.

- ICASE Yearbook No.2, *What Research Says to the Science Teacher*, pp. 1-12.
- HANEY, J., CZERNIAK, C. y LUMPE. A. (1996).** Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of Science Education reform strands. *Jour. Res. Science Teaching*, 33(9), pp. 971-993.
- HAYMAN, J.L., (1981).** *Investigación y educación* (Paidós : Barcelona).
- HERRON, M.D. (1971):** The nature of the scientific inquiry. *School Review*, 79, 171-212
- HEWSON, P.W. And HEWSON, M.G.A., (1984)** The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction, *Instructional Science*, 13, 1-13.
- HEWSON, M.G. and HEWSON, P.W., (1984).** Effects of instruction using student prior knowledge and conceptual strategies on science learning. *European Journal of Science Education*, Vol, 6(1), pp. 1-6.
- HODSON, D. 1985** Philosophy of Science. *Science and Education* vol, 73(2) pp. 153-186
- HODSON, D., (1986a).** The nature of scientific observation, *School Science Review*, 68, pp. 17-29.
- HODSON, D., (1986b).** Rethinking the role and status of observation in science education, *Journal of Curriculum Studies*, 18. pp. 381-396.
- HODSON, D. (1992).** Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of science. *Science and Education*, 1, pp. 115-144.)
- HODSON, D., (1992a).** Assessment of Practical Work. Some Considerations in Philosophy of Science. *Science & Education*, 1, pp. 115-144.
- HODSON, D., (1992b).** In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education. Vol. 14(5), pp.541-562.*
- HODSON, D., (1994).** Hacia un enfoque más crítico del Trabajo de Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias, Vol 12 (3), pp. 299-313*
- JENNINGS, T. (1987).** Colección EL JOVEN INVESTIGADOR Madrid: S.M.
- JIMENEZ-ALEXANDRE, P. and SAMARTI PUIG, N., (1995).** The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change. *Ins. J. Sci. Educ., Vol. 17 No. 4, pp. 425-439.*
- JOHNSON, R.T., BROOKER, C., STUTZMAN. J., HULTMAN, D., AND JOHNSON, D.W., (1985)** The effects of controversy, concurrence seeking, and individualistic learning on achievement and attitude change. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(3), 197-205.
- JOHNSON, R.T., JOHNSON, D.W., SCOTT, L.E. AND RAMOLAE, B.A. (1985).** Effects of single-sex and mixed-sex cooperative interaction on science achievement and attitudes and cross-handicap and cross-sex relationships. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (3), 207-220.
- KIMBELL, R. (1991)** Tackling technological task, en *Practical science. The role and reality of practical work in school science*, editado por Brian E. Woolnough. Milton Keynes: Open University Press.).
- KIRSCHNER, P., MEESTER, M., MIDDELBEEK, E. y HERMANS, H., (1993),** Agreement between student expectations, experiences and actual objectives of practicals in the Natural Sciences of the Open University of the Netherlands, *Int. Jour. Sci. Ed.*, 15, 2, p.175-197
- LAKIN, S. y WELLINGTON, J., (1994).** Who will teach the <<nature of science>> : teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16, pp. 175-190.

- LANGLOIS, F., GRÉA, J., y VIARD, J., (1995)** Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos en la resolución de problemas, *Ens. Cien.* 13, 2, p.179-191
- LAWSON, A., (1994)**, Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales, *Ens. Cien.*, 12, 2, p.165-187
- LEE, K. y FENSHAM, P., (1996)**, A general strategy for solving High School electrochemistry problems., *Int. Jour. Sci. Ed.* 18, 5, p.543-555
- LEE, K., GOH, N., CHIA, L. y CHIN, C., (1996)**, Cognitive variables in problem solving in Chemistry: a revisited study, *Sci. Ed.*, 80, 6, p.691-710
- LINN, M., (1987)**. Establishing a research base for science education : challengers, trends and recommendations. *J. Res. Sci. Teaching.* 24(3), pp. 191-296.
- LOCK, R., (1992)**, Gender and practical skill performance in Science *Jour. Res. Sci. Teach.* 29, 3, p.227-241
- LOCK, R., (1987)**. Practical work, en Lock, R. y Foster, D. (eds), *Teaching Science*, pp. 11-13. (Croom Helm: Londres).
- LUCAS, A. M. y GARCÍA-RODEJA , (1990)**. Contra las interpretaciones simplistas de los experimentos realizados en el aula. *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 8(1)*, pp. 11-16.
- MARÍN, N., JIMÉNEZ GÓMEZ, E. y BENARROCH, A., (1997)**. Delimitación de <Lo que el alumno sabe > a partir de Objetivos y Modelos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias, 15(2)*, pp. 215-224.
- MARTÍNEZ, M. y VARELA, P., (1996)**, De la resolución de problemas al cambio conceptual, *Investigación en la Escuela*, 28, p.59-68
- M.E.C. (1989)** Secundaria Obligatoria. Ciencias de la Naturaleza. (Madrid)
- MELLADO JIMÉNEZ, V., (1996)**. Concepciones y prácticas de aula de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 14(3)*, pp. 289-302.
- MONEREO, C., (1995)** De los procedimientos a las estrategias: implicaciones para el Proyecto Curricular Investigación y Renovación Escolar (IRES) *Investigación en la Escuela*, 27, p.21-38
- NADEU, R. y DESAUTELS, J., (1984)**. Epistemology and the teaching of Science. (*Science Council of Canadá: Ottawa*).
- NJOO, M. y JONG, T., (1993)** Exploratory learning with a computer simulation for control theory: learning processes and instructional support. *Jour. Res. Sci. Teach.*, 30, 8, p.821-844
- NOTT, M. y WELLINGTON, J. (1996)**. When the black box springs open: practical work in schools and nature of Science. *Int. Jour. Science Education*, 18(7). pp. 807-818.
- NOVAK, J.D y GOWIN, D. B., (1988)**. Aprendiendo a aprender, *Trad. Campanario, J. y Campanario, E., Ed. Martínez Roca, Barcelona*
- OKEBUKOLA, P.A., (1985)**. The relative effectiveness of cooperative and competitive interaction techniques in strengthening students' performance in science classes. *Science Education*, 69 (4), 501-509.
- OSBORNE, R.J. y WITTROCK, M.C., (1983)**. Learning science a generative process. *Science Education*, 67, pp. 489-508.
- OSBORNE, R. y WITTROCK, M. (1985)**. The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, pp. 69-87.

- PAYA PERIS, J., (1991)** Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química : un análisis crítico y una propuesta fundamentada. *Tesis Doctoral : Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia*
- PAYA PERIS, J., (1991)** Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química : un análisis crítico y una propuesta fundamentada. Resumen de Tesis Doctoral. *Enseñanza de las ciencias, Vol. 9 (3), pp.300-301*
- PIAGET, J. (1969)** , “Psicología y Pedagogía”. De. Ariel. Barcelona (1969).
- PIAGET, J (1970)**. *la epistemología genética*. Barcelona. Redondo. 1970.
- PERALES, J., (1993)**, La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Ens. Cie.*, 11, 2, p.170-178
- PONTES, A., (1989)**. La renovación didáctica en la enseñanza experimental. Cuadernos de Pedagogía, VOL. 176, pp. 45-47.
- PRAIA, J. y CACHAPUZ, F., (1994)**. Un análisis de las concepciones acerca de la Naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 12(3), pp.350-354.
- PRO, A., (1998)** ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en clase de Ciencias?, *Ens. Cien.*, 16, 1, p.21-42
- ROBERTS, D. (1995)**. Junior high school science transformed: analyzing a science curriculum policy change. *Int. Jour. Science Education*. 17(4), pp. 493-504.
- ROYCHOUDHURY A., (1996)** Interactions in an open-inquiry physics laboratory J. *SCI. EDUC.* 1996 vol 18 NG.4, 423-445
- SALINAS DE SANDOVAL, J., (1992)**. Las prácticas de Física básica en laboratorios universitarios. Tesis doctoral de 3º Ciclo: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, *Universidad de Valencia*.
- SCHMUCK, R.A. y SCHMUCK. P.A. (1979)**. *Group Processes in the Classroom* (Dubuque : Brown).
- SÉRÉ, M., JOURNEAUX, R et WINTER, J. (1997)**, Enquête sur les objectifs des travaux pratiques, *Bull. Union Phys.*, 796, 6, p.1377-1389
- SEVILLA, C., (1994)**, Los procedimientos en el aprendizaje de la Física. *Ens. Cien.*, 12, 3, p.400-405
- SHUELL, T., (1987)**. Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science, *Science Education* 71, pp. 239-240.
- TAMIR, P. (1992a)** : La singularitat d'aprendre y ensenyar al laboratori. En: Geli y Tarradellas (de.) *Reflexions sobre l'ensenyament de les Ciències Naturals*. Vic: Eumo.
- TAMIR, P. (1992b)** *Enseñanza de las Ciencias 10 (2) 1992*
- TAMIR, P. y LUNETTA, V. I., (1978)**. An analysis of laboratory activities in the BSCS. Yellow Version. *The American Biology Teacher*, 40, pp. 353-357.
- TAMIR, P. y GARCÍA, M.P., (1992)** Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain) *Int. Jour. Sci. Ed.*, 14, 4, p.381-392
- TAMIR, P.; NUSSINOVITZ, R.; FRIEDLER, Y. (1982)** : The Development and use Of a Practical Test Assessment Inventory. *Journal of Biological education*, 16, 42-50
- TAMIR, P., y GARCÍA ROVIRA, M., (1992)**. Características de los ejercicios de Prácticas de lo laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. School of education Israel. Hebrew univ.. Jerusalem y Univ. auton. de Barcelona. *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 10 (1), pp. 3-12.*

- THOMAZ, M.F., CRUZ, M.N., MARTINS, I.P. y CACHAPUZ, A. F., (1996).** Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia. Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 14 (39), pp.315-322.*
- TOH,K.A. y WOOLNOUGHT,B.E. (1990)** Assessing, through reporting, the outcomes of scientific investigations. *Educational Research, 32, pp.59-65.*
- TUNNICLIFFE, S.D., (1989).** Challenge based science, en Honeyman, B.N. (ed.) *Science Education and the Quality of Life*, 1989. ICASE Yearbook, Australian Science Teachers Association/International Council of Associations for Science Education.
- WATSON, S.B. (1991)** Cooperative learning and group educational modules : effects on cognitive achievement of high school biology students. *Journal of Research in Science Teaching, 28 (2), 141-146.*
- WATSON, J., (1994),** Student's engagement in practical problem solving: a case study. *Int. Jour. Sci. Ed., 16, 1, p.27-43*
- WHITE, R., (1996)** The link between the laboratory and learning. *Int. Jour. Sci. Ed., 18, 7, p.761-774*
- WHITE, T.R., GUSNTONE, F.R. (1989).** Metalearning and conceptual change. *International. Journal of Science Education, Vol 11, pp. 577-586*
- WILSON, et al., (1986)** *Research methods in education and the social sciences.* Colección de 8 volúmenes. (Open University Press : UK.).
- WOOLNOUGH, B.E. y ALLSOP, T., (1985).** Practical work in science. (CUP: Cambridge University Press).
- ZILBERSZTAIN, A y GILBERT, J. (1981).** Does practice in the laboratory fit the spirit?, *Australian Science Teachers Journal, 27, pp. 39-44.*