

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA

**DEPARTAMENTO DE DIDACTICA DE LA MATEMÁTICA Y DE
LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES**

TESIS DOCTORAL

**EL USO DE EXPERIMENTOS EN TIEMPO REAL: ESTUDIOS
DE CASOS DE PROFESORES DE FÍSICA DE SECUNDARIA**

OMAYRA JANETH PÉREZ CASTRO

**BELLATERRA
Julio de 2001**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA

TESIS DOCTORAL

**EL USO DE EXPERIMENTOS EN TIEMPO REAL: ESTUDIOS
DE CASOS DE PROFESORES DE FÍSICA DE SECUNDARIA**

**INVESTIGACIÓN REALIZADA DENTRO DEL MARCO DEL
DEPARTAMENTO DE DIDACTICA DE LA MATEMÁTICA Y DE
LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES POR**

OMAYRA JANETH PÉREZ CASTRO

BAJO LA DIRECCIÓN DE LA

DRA. ROSER PINTÓ

BELLATERRA

Julio de 2001

AGRADECIMIENTOS

En la vida de cada persona siempre existen objetivos y tareas que cumplir, lugares que conocer, infinidad de cosas que hacer, por tanto siempre hay un inicio y una finalidad en este sentido. El día de hoy, termina una etapa de mi formación profesional que sintetizo en esta tesis. Pero como es bien sabido no podemos andar por la vida, plantearnos metas que alcanzar y luego lograrlas, sin el apoyo moral y la colaboración de otros. Por tanto, ante esta tarea cumplida, considero necesario detenerme a agradecer a aquellas personas que de una u otra forma, me han ayudado a cumplir con todo lo que ha implicado llevar a cabo esta investigación.

A la Dra. Roser Pintó por haber asumido la tarea de dirigir esta investigación con invaluable consejos y sugerencias, generosa disponibilidad académica, material y humana. Su apoyo incondicional lo he visto plasmado en las discusiones en torno a esta investigación y en sus revisiones fundamentadas de mis avances. Este trabajo no sería lo que es sin su guía y orientación, por todo esto, sinceramente, Muchas gracias Roser.

Al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, pues, fue a través del mismo que comenzó mi formación como investigadora a lo largo de los distintos cursos que recibí. En este sentido quiero agradecer de manera muy particular a quienes participaron e influyeron en mi formación, las Dras. Mercé Izquierdo, Neus Sanmartí, Mariona Espinet, Pilar García, Rufina Gutiérrez y el Dr. Jordi Deulofeu.

A todos los profesores que se prestaron voluntariamente a formar parte de esta investigación: Carmen, Julian, Dunia, Eduardo, Sergi, Salvador y Josep. A todos ustedes muchas gracias, pues es importante señalar y justo hacerlo, que por una parte el grado de implicación que tuvieron en este trabajo conllevó horas de su valioso tiempo y por otra parte, que mientras trabajamos juntos siempre me sentí acogida en sus aulas. Sin la abierta colaboración que cada uno de ustedes me brindó no habría sido posible realizar esta investigación. Muchas gracias.

A Benjamín Daza, Secretario del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales por su asistencia valiosa y acertada en los trámites administrativos a los cuales todos los estudiantes de este Departamento nos vemos sometidos.

A mis padres, Eduardo y Tilcia, pues, la posibilidad de salir de mi país y llegar hasta aquí no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional que me han brindaron en todo momento. Estas dos personas han representado en mi vida los pilares en los cuales me he apoyado en los buenos y malos momentos. El esfuerzo y trabajo de ustedes dos, siempre ha estado dirigido a dejar a sus hijos, una buena herencia que no es otra cosa que una sólida educación y formación profesional. Alcanzar esta meta es mi modo de agradecerles.

A cinco estupendas personas de mucha valía y que siempre están en mi corazón: mis hermanos y hermanas, pues, siempre han sabido estar a mi lado en todo momento. Desde aquí muchas gracias, por apoyarme y quererme.

A mi amiga Fanny Angulo, por haber compartido conmigo una buena parte del día a día de mi estancia en este hermoso país. De los amigos se aprenden cosas valiosas, como por ejemplo el valor de la sinceridad, la comprensión, el apoyo incondicional y el respeto a la individualidad de otros. Ello ha caracterizado nuestra amistad. En estos momentos recuerdo, las conversaciones sobre nuestras respectivas investigaciones o sobre temas específicos de la Didáctica. A estas últimas las llamamos *nuestros seminarios*, los cuales espero continúen. No puedo terminar este párrafo dedicado a la amistad, sin mencionar a mis entrañables amigos: Jaume Ametller (Un catalán siempre con un consejo muy político a la mano), Digna Cousa (Una catalana - gallega con un inmenso corazón, siempre dispuesta a discutir sobre didáctica), Irina Kostina (Una rusa con un increíble romanticismo), Mercedes (Una fiesta sin Mercedes no es fiesta: la sección de chiste es necesaria) y Oscar Tamayo (Una persona muy paciente, siempre con un buen consejo). Siempre he recibido frases de aliento y de aprecio hacia mi persona de todos ustedes, por todo eso, muchas gracias.

A mis compañeros y amigos del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, por su amistad y apoyo.

A esa persona muy especial, mi compañero. Sólo puedo decir que todos buscamos alguien a quien amar, alguien que nos apoye y escuche en los momentos difíciles, que sea un amigo, que comparta contigo sus gustos, afinidades y aspiraciones. Y sobre todo, buscamos alguien que crea en nuestras capacidades y que nos incite a seguir adelante y alcanzar nuestras metas. Sin

embargo, pocos hemos podido reunir todo esto en una sola persona. Yo he contado con esa suerte y eso ha sido para mi Bernardo Fernández. Muchas gracias, por todo, por estar a mi lado y por todo el apoyo que me has brindado durante estos últimos años.

Nuevamente, muchas Gracias a todos y a todas

O.J.P.C.
Barcelona, julio de 2001

INDICE

JUSTIFICACIÓN	3
INTRODUCCIÓN	7
PLANTEAMIENTO DE LA CUESTIÓN A INVESTIGAR	9

PRIMERA PARTE: REFERENTES TEÓRICOS

CAPÍTULO 1. <i>EL TRABAJO EXPERIMENTAL DE CIENCIAS EN SECUNDARIA</i>	13
1.1 Objetivos del trabajo experimental	14
1.2 El profesorado: un elemento clave al intentar conseguir los objetivos del trabajo experimental	16
1.3 Bajo rendimiento y progreso en los estudiantes: una consecuencia de la falta de eficacia de muchas estrategias basadas en el trabajo experimental	18
1.4 Algunas formas de plantear el trabajo experimental para conseguir sus objetivos	21
CAPÍTULO 2. <i>EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN SECUNDARIA: COMO UNA ACTIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE MODELOS INTERPRETATIVOS</i>	25
2.1 El papel de la interacción en la construcción y reconstrucción de modelos explicativos / interpretativos	25
2.2 El trabajo experimental como un ciclo de aprendizaje	27
2.3 Aspectos a tomar en cuenta en la selección y planificación del trabajo experimental	37
CAPÍTULO 3. <i>EXPERIMENTOS EN TIEMPO REAL CON MBL EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN SECUNDARIA</i>	41
3.1 MBL: herramienta que permite la realización de experimentos en tiempo real dentro de la actividad experimental	41
3.2 Beneficios de la realización de experimentos en tiempo real con MBL	42
3.3 Objetivos del trabajo experimental que se pueden cumplir con los experimentos en tiempo real	43

SEGUNDA PARTE: ¿CÓMO USA UN GRUPO DE PROFESORES DE FÍSICA MBL EN LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN SECUNDARIA?

CAPÍTULO 4. <i>METODOLOGÍA</i>	53
4.1 Diseño de la investigación	55
4.2 Fuentes de información	59
4.3 Análisis de los datos	66
4.4 Conclusiones	69
CAPÍTULO 5. <i>INSTRUMENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL DE ACTUACIÓN DE UN PROFESOR (A) AL USAR MBL EN LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LAS CLASES DE FÍSICA</i>	71
5.1 Instrumento para la construcción del perfil de actuación de cada profesor al usar MBL: Objetivo	71
5.2 Estructura del instrumento	72
5.3 Justificación de los ítems que estructuran el ICPAP-MBL	73
5.4 ICPAP-MBL	81

5.5 Criterios para la aplicación del ICPAP-MBL	82
--	----

RESULTADOS

CAPÍTULO 6. <i>ESTUDIOS DE CASOS</i>	85
6.1 Beneficiarse de las situaciones adversas para cumplir los objetivos propuesto: <i>Jordi</i>	87
6.2 Flexibilidad vía experiencia: <i>Marta</i>	95
6.3 Experimentos en tiempo real para promover un aprendizaje por descubrimiento: <i>Carles</i>	101
6.4 MBL como herramienta de Auto – Afirmación: <i>Joan</i>	109
6.5 Visión tradicional de la enseñanza y el uso de herramientas informáticas modernas: <i>Xavier</i>	119
6.6 Que los estudiantes aprendan si quieren: <i>Ricardo</i>	129
6.7 Aprendizaje a través de la enseñanza: <i>María</i>	139
CAPÍTULO 7. <i>PERFILES DE ACTUACIÓN DE LOS PROFESORES AL USAR MBL: APLICACIÓN DEL ICPAP-MBL</i>	161
7.1 Criterios – Acciones para la aplicación del ICPAP-MBL	161
7.2 Perfil de actuación de Jordi al usar MBL	164
7.3 Perfil de actuación de Marta al usar MBL	166
7.4 Perfil de actuación de Carles al usar MBL	168
7.5 Perfil de actuación de Joan al usar MBL	170
7.6 Perfil de actuación de Xavier al usar MBL	172
7.7 Perfil de actuación de Ricardo al usar MBL	174
7.8 Perfil de actuación de María al usar MBL	177
CAPÍTULO 8. <i>COMPARACIÓN DE LOS PERFILES DE ACTUACIÓN Y ALGUNAS SUGERENCIAS PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORADO DE FÍSICA EN EL USO DE MBL</i>	183
8.1 Información obtenida de la aplicación del ICPAP-MBL	183
8.2 Comparación del porcentaje de aceptación de las recomendaciones entre los profesores	187
8.3 Comparación por categorías del nivel de aceptación de las recomendaciones	190
8.4 Comparación del porcentaje de aceptación de cada una de las recomendaciones (items) que componen el ICPAP – MBL	200
8.5 Sugerencias	205

CONCLUSIONES

TERCERA PARTE: ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍAS

ANEXO 1: RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA OPTIMIZAR EL USO DE LA TECNOLOGÍA MBL CON ESTUDIANTES DE SECUNDARIA	222
ANEXO 2: GUIONES DE PRÁCTICAS DE LAS EXPERIENCIAS PROPUESTAS PARA EL USO DE MBL CON ESTUDIANTES DE SECUNDARIA	228
ANEXO 3: PROTOCOLO DE ENTREVISTA INICIAL	256
BIBLIOGRAFÍAS	258

JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas el nivel de exigencias y competencias de las sociedades desarrolladas ha ido cambiando y evolucionando, hacia una total informatización de las instituciones claves para su progreso y desarrollo. Una de las consecuencias de este auge, donde los avances científicos y tecnológicos tienen un papel relevante, lo vemos en el hecho de que la educación del nuevo milenio, se ve obligada a integrar el uso de *Nuevas Tecnologías* en las distintas áreas curriculares. En este sentido, la UNESCO en el informe dirigido por Jacques Delors (1996) ya destacaba que no se podrían examinar las principales decisiones que las distintas sociedades deben tomar en el ámbito educativo, sin referirse al papel de las nuevas tecnologías ya que su uso ha generado una revolución en los últimos tiempos.

Antes de continuar es necesario aclarar que el término *Nuevas Tecnologías* esta asociado a un amplio número de recursos didácticos (audiovisuales, herramientas informáticas, etc.), pero en esta investigación nos referimos, específicamente a la integración de un recurso informático, MBL, en el contexto de la actividad experimental en Física, en secundaria. La utilización de esta herramienta, dentro del desarrollo del trabajo experimental abre un mundo de posibilidades en la Enseñanza de la Física a todos los niveles (Primaria, Secundaria y Universidad). Su uso permite que los estudiantes realicen experiencias, en *Tiempo Real*, sobre fenómenos o conceptos que antes no se podían llevar a cabo por falta de herramientas adecuadas, de tiempo, etc. (Thornton y Sokoloff 1990, 1997; Redish, Saul y Steinberg, 1997, Trumper 1997; Beichner, 1994). Es decir, se puede observar y estudiar, de forma simultanea, la evolución de un fenómeno físico y su representación gráfica en la pantalla del ordenador.

Una consecuencia de todo lo precedente es que el profesorado a todos los niveles y en todas las áreas de la enseñanza se ve abocado a usar herramientas informáticas en sus clases. Y el uso de este tipo de herramientas, en el caso que nos interesa el trabajo experimental en Física, no es tan obvio como puede parecer a simple vista. Por ello, conviene detectar, entre otras cosas, las dificultades que deben ser superadas por el profesorado o los aspectos que han de ser tomados en cuenta en la formación de éstos, para obtener de esta herramienta el máximo de beneficios para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por tanto, se puede decir que el uso de MBL en el

aula debe estar fundamentado en una seria y rigurosa planificación de todos los aspectos o elementos que se ven implicados en esta acción.

Según Mir Montes (1999) la integración de cualquier tipo de herramienta informática al proceso de enseñanza - aprendizaje, pasa por superar, en primer lugar el hecho de que hay profesores que no están interesados en utilizarlas, ya sea por que desconocen e ignoran sus ventajas o por que opinan que no es rentable el esfuerzo económico y de formación que hay que invertir para usarlas, frente a unos hipotéticos resultados positivos. Pero, ¿existen otras dificultades a superar para lograr una plena integración de las herramientas informáticas al proceso de enseñanza - aprendizaje en lo que al profesorado se refiere? Hay mucho que reflexionar y analizar sobre los posibles pasos a seguir hacia la integración de cualquier tipo de herramienta informática dentro del trabajo experimental, por ejemplo, en las clases de Física. En este sentido se han detectado ya algunos obstáculos a superar en diversos países europeos como expresan los resultados del proyecto STTIS (Pintó, Pérez Castro y Gutiérrez, 1999 (b); Stylianidou et Al, 2000).

La falta de respuesta a esta cuestión se debe a que la mayoría de las investigaciones que se han realizado sobre el uso de herramientas informáticas en las clases de Ciencias en general, se centran sólo en el alumnado. Por tanto, no se tiene presente las posibles dificultades que puedan tener los profesores al momento de usar este tipo de herramientas en sus clases, ni lo que piensan y opinan de las mismas.

Debido a que no había estudios sobre el uso real que daban los profesores a las herramientas informáticas de que disponían en sus centros de secundaria, esta investigadora, en un trabajo anterior (Pérez Castro, 2000; Pintó, Pérez Castro y Gutiérrez, 1999 (a)) describió el punto de vista del profesorado del área científica de los institutos de secundaria de Cataluña, con respecto a los problemas y las oportunidades que dicen tener al momento de usar herramientas informáticas en sus cursos de Ciencias. Todo ello a partir de una encuesta realizada a una muestra significativa de profesores de la provincia de Barcelona. Por tanto, podemos señalar que los profesores justificaron el poco uso que le daban a las herramientas informáticas en sus clases de Ciencias debido a la:

- Falta de materiales.

- Falta de una aula donde usar estas herramientas. *“El aula de informática siempre esta ocupada”*. Es muy difícil coordinar el horario de dicha aula para usarla en la clase de Ciencia.
- La ratio *“número de ordenadores – número de estudiantes”* es demasiado pequeña, es decir pocos ordenadores para muchos estudiantes.
- Falta de información sobre las herramientas informáticas que posee el centro.
- Falta de formación que tienen en el uso de herramientas informáticas y de su intencionalidad didáctica para las clases de Ciencias

La interrelación de todas las dificultades anteriormente señaladas lleva a que algunos profesores:

- Declaren que las técnicas tradicionales de enseñanza son mejores que las que se basan en el uso de herramientas informáticas en el aula.
- Afirman que el uso de herramientas informáticas toma mucho más tiempo que los métodos tradicionales.

El trabajo de investigación citado muestra que los profesores justificaron el poco uso que hacen de las herramientas informáticas a través de razones externas (contenido de los cursos demasiado extensos, el uso de nuevas tecnología no está incluido en los programas oficiales, que los estudiantes no tienen la preparación necesaria para trabajar con nuevas tecnologías en el aula, etc.) y no a través de las razones asociadas a las dificultades relacionadas con el uso didáctico de la herramienta dentro de un aula de Ciencias. Este último aspecto debe ser analizado y estudiado, por sus repercusiones dentro del proceso de aprendizaje ya que el profesorado es el principal agente de cambio. Son ellos los encargados reales de que el uso de herramientas informáticas como MBL rinda sus máximos frutos en los cursos de Física.

Lo anterior nos lleva a afirmar, a su vez que el uso de cualquier tipo de herramienta informática ha de ser vista como una innovación, pues la misma abarca diferentes aspectos relacionados con el contexto escolar (aspectos administrativos, material didáctico apropiado, disponibilidad de equipo informático, una infraestructura apropiada, un enfoque didáctico determinado, etc.), que debe ser adaptada al proceso de enseñanza habitual. Y en los procesos de adaptación de cualquier tipo de innovación, con frecuencia se presentan dificultades que hay que superar.

En consecuencia se hace indispensable dar respuesta a preguntas como las siguientes: ¿Cuáles son las dificultades didácticas reales de los profesores al usar una herramienta informática como MBL en Experimentos en Tiempo Real en el trabajo experimental en Física? ¿Qué parámetros o elementos han de ser tomados en cuenta en la formación del profesorado para que usen de manera adecuada este tipo de herramientas en sus clases? Ante estas preguntas es evidente que se hace necesario observar como los profesores utilizan MBL en sus clases. Ello permitirá conocer las dificultades didácticas que tienen y como les hacen frente. Por otro lado, nos permitiría conocer de primera mano los aspectos que se deben atender en la formación permanente de los profesores de Física de secundaria para que lleguen a utilizar esta herramienta de forma apropiada. Con ello se podrían elaborar sugerencias para la formación de profesores de Física en el uso de MBL, en el trabajo experimental. A este fin va encaminado, el trabajo de investigación que presentamos y el cual formó parte, en una primera fase, del proyecto de investigación STTIS (Science Teachers Training in an Information Society), financiado por la Comisión Europea.

INTRODUCCIÓN

La investigación aquí presentada está estructurada por una:

1. Primera parte: Referentes teóricos.
2. Segunda Parte: ¿Cómo usa un grupo de profesores de Física de Secundaria los *Experimentos en Tiempo Real* en el Trabajo Experimental?
3. Tercera Parte: Anexos y Bibliografía

Los *referentes teóricos* de esta investigación, *Primera Parte*, giran en torno a tres ejes fundamentales: el Marco Socio - Constructivista de los Aprendizajes; las Características y Ventajas de MBL como una herramienta informática para el aprendizaje de las Ciencias; y las Características y Objetivos del *Trabajo Experimental*.

El enfoque de la investigación viene mediatizado por la visión del trabajo experimental que consideramos útil. El *capítulo 1* va dirigido a hacer una revisión sobre el *Trabajo Experimental* señalando sus objetivos y su eficacia, según algunos investigadores, al momento de acercar a los estudiantes los conocimientos científicos.

El *modelo socio – constructivista* orienta el enfoque didáctico dentro del cual se propone a un grupo de profesores usar MBL con estudiantes de secundaria dentro del trabajo experimental. Esta parte es desarrollada en el *Capítulo 2*.

La herramienta que permite realizar *Experimentos en Tiempo Real*, MBL, tiene un gran potencial educativo para realizar el trabajo experimental en el laboratorio de modo que el tiempo de toma de datos sea corto y la precisión de las medidas sea alta. A su vez, permite enfoques didácticos diversos a elección del usuario. Se ha demostrado su eficacia al ser utilizada dentro de un enfoque didáctico orientado a hacer observaciones, predicciones, cuestionar los resultados y compararlos con las predicciones, etc. A analizar la práctica en el aula en estos aspectos va dirigido el *Capítulo 3*.

¿Cómo usa un grupo de profesores de Física de Secundaria los Experimentos en Tiempo Real en el Trabajo Experimental? En esta parte se presenta el diseño metodológico de la investigación y los resultados (Estudios de Casos, Instrumento de Análisis elaborado: ICPAP – MBL, Perfiles de actuación de los profesores de la muestra al usar MBL y Sugerencias sobre los aspectos que requieren más formación en el profesorado). Todo ello es presentado en los Capítulos 4, 5, 6, 7 y 8. Por último, se presentan las *Conclusiones* de esta investigación).

Se espera que esta investigación contribuya a mejorar la formación de los profesores del área Científica en general.

PLANTEAMIENTO DE LA CUESTIÓN A INVESTIGAR

La finalidad de esta investigación es la de arrojar luz sobre la implantación de *Experimentos en Tiempo Real* con MBL, en cursos de Física de secundaria. Para ello, estudiaremos y analizaremos:

- La forma en que un grupo de profesores de física de secundaria usa los *Experimentos en Tiempo Real*, dentro de la actividad experimental.
- Las dificultades más inmediatas, que este grupo de profesores experimenta al momento de usar MBL y que obstaculizan la adecuada integración al proceso de enseñanza-aprendizaje de esta herramienta.

Todo lo anterior tiene como finalidad dar respuesta a las siguientes cuestiones de investigación:

- *¿De qué forma profesores de secundaria utilizan la tecnología MBL?*
- *¿Qué aspectos didácticos de unas orientaciones propuestas para el uso de MBL en tres vertientes (herramienta informática, enfoque didáctico del trabajo experimental y lectura de gráficos) tienen más probabilidades de ser aceptados?*

Todo ello nos permitirá detectar/identificar los elementos que han de ser tomados en cuenta en la formación de los profesores de Física, para que usen MBL de manera adecuada.

Es indispensable, hacer hincapié en que somos conscientes de que son muchos los posibles parámetros o aspectos que pueden llegar a intervenir/obstaculizar el uso adecuado de MBL, dentro del Trabajo Experimental en Física, en secundaria. Es claro, además, que no todas las variables que influyan en el adecuado desarrollo del proceso de enseñanza/aprendizaje que analizaremos harán referencia, necesariamente, al profesorado. Ante esta realidad, quiero dejar sentado que en esta investigación no pretendemos y/o no podemos dar respuesta a todas las posibles dificultades que impiden el uso adecuado de esta herramienta. Por tanto, limitamos nuestro ámbito de actuación al uso que haga este grupo de profesores de MBL.

PRIMERA PARTE

REFERENTES TEÓRICOS

CAPÍTULO 1

EL TRABAJO EXPERIMENTAL DE CIENCIAS EN SECUNDARIA

Los científicos a lo largo de la historia contribuyeron a construir un conjunto de modelos teóricos a través de los cuales han podido explicar muchos de los fenómenos físicos, químicos y biológicos del mundo.

Esta incesante construcción de modelos *explicativos/interpretativos* sobre los fenómenos naturales es consecuencia de la necesidad imperante que tenemos de *comprender, interpretar y controlar* la naturaleza, para asegurar nuestra supervivencia y mejorar nuestra calidad de vida. Por tanto, el saber científico construido ha de proporcionar a los hombres y mujeres de la sociedad actual y de las venideras los conocimientos necesarios para que:

- Puedan construir nuevos modelos *explicativos/interpretativos* sobre los fenómenos naturales que les rodean y, a la vez utilizar y aplicar los ya existentes.
- Puedan actuar de forma responsable y con criterios científicos para promover el avance de la Ciencia y la Tecnología.
- Puedan elaborar normas o criterios bajos los cuales evaluar las ventajas o desventajas de los avances de la Ciencia y la Tecnología, con el objetivo de poder controlar las posibles consecuencias de su aplicación (Claxton, 1994).

Los más directos responsables de promover el acercamiento de la Ciencia a toda la sociedad, somos los profesores del área científica. Nuestra labor consiste en proporcionar a los estudiantes los *Contenidos conceptuales o marcos teóricos* de la Ciencia (los modelos *explicativos/interpretativos* elaborados sobre los fenómenos naturales) y los *procesos científicos* (procedimientos de investigación) con el objetivo de que los acerquen e integren al saber que ya

poseen. Todo esto con el ingrediente indispensable de intentar promover, a cada instante, una *actitud* positiva hacia las Ciencias. Para cumplir con esta compleja tarea, los profesores de Ciencias hacemos uso de distintas *Actividades de Enseñanza*.

El *Trabajo Experimental* que se promueve en los laboratorios de Ciencias es una de las *Actividades de Enseñanza* más propias del ámbito de la Enseñanza de las Ciencias. Es considerado, habitualmente, muy útil y adecuado para promover que los estudiantes acerquen e integren el conocimiento científico, que los profesores intentan proporcionarles, a los conocimientos que ya poseen.

En este capítulo presentaremos los objetivos que se le adjudican al trabajo experimental (lo que se pretende conseguir), el papel clave que juega el profesorado de Ciencias en la consecución de los objetivos del trabajo experimental; la consecuencia más directa de la falta de eficacia del trabajo experimental; y por último algunas formas de plantear el trabajo experimental con la finalidad de lograr los objetivos que se le adjudican.

1.1 Objetivos del Trabajo Experimental

No hay consenso sobre los objetivos que se pueden llegar a lograr con el trabajo experimental, en los laboratorios de Ciencias, en los distintos niveles de formación, a pesar de la existencia de un número considerable de estudios sobre este tema. Por tanto, no entraremos en esta controversia y nos limitaremos a presentar como Albaladejo, Caamaño y Jiménez (1995), etiquetan o clasifican, desde su punto de vista, dichos objetivos:

- *Objetivos de tipo motivacional.* El trabajo experimental como una actividad de enseñanza puede promover en los estudiantes entre otras cosas:
 - El interés por la Ciencia, de forma tal que disfruten de las distintas tareas o actividades que se desarrollan dentro de su enseñanza.
 - El desarrollo de habilidades generales de comunicación e interacción mediante el trabajo en equipo.

- *Objetivos relacionados con el conocimiento vivencial de los fenómenos en estudio.* El trabajo experimental como una actividad de enseñanza puede promover en los estudiantes, un

conocimiento vivencial debido a que les permite experimentar, conocer el contenido de la Ciencia, sus formas de investigar y hacer Ciencia.

- *Objetivos relativos a una mejor comprensión de los conceptos y teorías.* El trabajo experimental como una actividad de enseñanza, dentro de un enfoque didáctico adecuado, puede promover que los estudiantes acerquen sus conocimientos, sus modelos o representaciones *explicativas/interpretativas* de los fenómenos naturales del mundo físico que les rodea, a los modelos o marcos teóricos que utiliza la Ciencia para interpretar y explicar esos mismos fenómenos.

- *Objetivos relacionados con el desarrollo de habilidades prácticas.* El trabajo experimental como una actividad de enseñanza puede promover en los estudiantes el aprendizaje de técnicas y destrezas experimentales a través de la práctica: observar cuidadosamente, medir, manipular aparatos, recopilar y tabular datos, construir representaciones gráficas, manejar adecuadamente los datos y los errores experimentales, etc. Habría que enfatizar que el mayor o menor manejo, de cualquier tipo de técnica o destreza por parte del estudiante va unido necesariamente a la comprensión que tenga del por qué se usa determinada técnica y qué se espera que logre (los objetivos) con el uso de la misma dentro de la actividad que desarrolla.

- *Objetivos relacionados con las habilidades intelectuales propias de la metodología científica.* El trabajo experimental como una actividad de enseñanza puede promover que los estudiantes adquieran habilidades en formular preguntas, predecir resultados, formular hipótesis, diseñar procesos y experiencias. Todo esto les facilitaría tomar decisiones y controlar la aplicación de las técnicas o destrezas para adaptarlas a las necesidades específicas de la tarea a realizar. Por ejemplo, después de haber construido una gráfica analizarla implica saber hacer inferencias, establecer relaciones, hacer generalizaciones, explicar las relaciones establecidas y formular nuevas hipótesis.

- *Objetivos de tipo actitudinal.* El trabajo experimental como una actividad de enseñanza puede promover en los estudiantes la objetividad, la perseverancia, el espíritu de

colaboración, la confianza en la propia capacidad para resolver problemas, la necesidad de apoyarse en un equipo de trabajo y de participar en él, etc.

De acuerdo con todo lo anterior, el trabajo experimental debería contribuir a la solución de muchas de las dificultades que enfrentamos diariamente los profesores de las asignaturas científicas. Sin embargo, dicha solución no es tan sencilla, pues, se han identificado muchas dificultades al ponerlo en práctica, que ponen en duda su eficacia dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias.

1.2 El profesorado: un elemento clave al intentar conseguir los objetivos del Trabajo Experimental

El profesorado de Ciencias es clave para la consecución de los objetivos del trabajo experimental, pues, son los encargados de planificar las distintas tareas que lo constituyen y a su vez integrarlas, de forma adecuada, al proceso de *enseñanza-aprendizaje*. Realizar con éxito esta tarea implica tener consciencia y comprender las metas, potencialidades, ventajas y dificultades que conlleva la utilización de la actividad experimental para promover el aprendizaje de las Ciencias. Pero, desafortunadamente gran parte del profesorado de Ciencias está mal preparado para utilizar esta actividad de enseñanza de forma adecuada y efectiva (Hofstein y Lunetta, 1982; Woolnough y Allsop, 1985; y Tamir, 1991). Presento a continuación, algunos de los argumentos más conocidos en este sentido.

Hofstein y Lunetta (1982), señalaron que la forma en que comúnmente se llevaba a cabo el trabajo experimental en Ciencias, no favorecía el cumplimiento de los objetivos que se le atribuían. Lo que a nuestro parecer, no dista mucho de lo que sucede hoy en día. De acuerdo a estos investigadores, la eficacia del trabajo experimental:

- *Depende de la competencia del profesorado al usar esta actividad de enseñanza. Pero, ¿qué se entiende por un docente competente? Al reflexionar sobre esta afirmación llegamos a la conclusión que entendemos la competencia o idoneidad del docente, en términos de la eficacia del enfoque didáctico que utiliza al momento de promover el aprendizaje en sus estudiantes. Es decir, los adjetivos de “competente” o “poco competente” no los aplicaríamos directamente al profesorado sino al enfoque didáctico que estos utilizan.*

- *Depende de fijar, con base en la reflexión, unos objetivos adecuados.* A veces, lo trivial o nada sobresaliente de la actividad experimental, puede ser consecuencia de la poca reflexión del docente sobre los objetivos a lograr y, sobre la planificación de las distintas actividades a realizar para lograr dichos objetivos. Según Hodson (1990), muchos docentes usan el trabajo experimental de forma irreflexiva, es decir, como la panacea que resuelve todos los problemas de la Enseñanza de las Ciencias.
- *Depende de tener presente las capacidades e intereses de los estudiantes.* El trabajo experimental y las capacidades e intereses de los estudiantes, en muchas ocasiones no van de la mano. Esto puede deberse a que muchos docentes no conciben el trabajo experimental como una actividad de enseñanza, sino como una actividad científica. Por tanto, no toman en cuenta lo que pueden realmente hacer y comprender los estudiantes.

De acuerdo a las ideas precedentes no hay ninguna duda, entonces, de que los primeros intentos para superar la falta de eficacia del trabajo experimental deben pasar por mejorar la preparación del profesorado, en el uso de esta actividad dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La necesidad de mejorar la formación del profesorado de Ciencias en el uso y manejo del trabajo experimental, ha sido objeto de cuestionamientos y sugerencias por parte de muchos autores, en función de las investigaciones que han realizado en este campo:

- Woolnough y Allsop (1985), cuestionaron la formación del profesorado de Ciencias, pues según ellos es la causa de que estos no manejen con eficacia el trabajo experimental. Estos investigadores, afirman que la mayoría de los docentes del área científica han sido formados con programas dominados por los contenidos. Y dentro de éste tipo de formación, el trabajo experimental se caracteriza por ser como un libro de cocina. En consecuencia, muchos han adquirido el hábito de propagar este estilo de enseñanza, al utilizarla en sus clases; afirmación, esta que puede estar vigente hoy en día.
- Nott (1996), sugiere que los programas de formación, inicial y continuada del profesorado de Ciencias deben incluir en su estructura, una valoración crítica del trabajo experimental que promueva que estos se sientan animados a reflexionar sobre el mismo.

- Seré y otros (1998), después de haber descrito el papel del profesorado en las distintas etapas del trabajo experimental, sugieren que estos requieren de una formación específica, inicial y continuada, que prevea:
 - Su implicación con la investigación-acción. Lo que puede motivarlos y formarlos de manera adecuada, debido a que se promovería una continua relación entre la práctica y la reflexión sobre la práctica.
 - Su implicación con los objetivos del trabajo experimental. Promoviendo que hagan críticas y sugerencias constructivas para su mejora.
 - La enseñanza de las posibles estrategias a usar durante la actividad experimental. Este aprendizaje debe a su vez proporcionar oportunidades para que se involucren personalmente en el uso de varias de esas estrategias.
 - La aclaración de la dimensión epistemológica de las actividades experimentales. Además de desarrollar, con los profesores, las formas innovadoras de promover el conocimiento epistemológico entre los estudiantes.
 - El acercamiento a algunos estudios sobre la forma en que la Ciencia profesional es reflejada a los estudiantes.

La eficacia del trabajo experimental, en Ciencias, parece depender de la actuación del profesorado dentro de esta actividad de enseñanza al utilizarla con sus estudiantes. Es necesario, entonces, brindarles una formación que les permita o facilite hacer frente a esta tarea. Por tanto, la adecuada inclusión del uso y manejo del trabajo experimental, como una actividad de *enseñanza-aprendizaje*, en la formación del profesorado de Ciencias es una necesidad urgente.

1.3 Bajo rendimiento y progreso en los estudiantes: una consecuencia de la falta de eficacia de muchas estrategias basadas en el Trabajo Experimental

La falta de eficacia del trabajo experimental es detectada o identificada en el bajo rendimiento de los estudiantes o en la poca comprensión que demuestran tener éstos de los conceptos o fenómenos que se intenta que aprendan. Por ello, algunos autores señalan que esta actividad de enseñanza es una pérdida de tiempo y recursos (Hofstein y Lunetta, 1982; Lederman, 1992).

Veamos, a continuación, algunos resultados obtenidos por algunos autores en sus investigaciones sobre este tema y que pueden dar peso a esta última afirmación.

- Klopfer (1990), observó durante cierto tiempo, el trabajo de una profesora, al llevar a cabo actividades experimentales. Pudo constatar que sus estudiantes desarrollaron capacidades para recoger información científica y para organizar, comunicar e interpretar las observaciones y los datos obtenidos producto de la práctica experimental. Sin embargo, no logró en estos un aprendizaje significativo respecto al desarrollo de capacidades para hacer preguntas científicas y reconocer lo que aportan los datos y para sacar conclusiones o hacer inferencias de los datos obtenidos vía observaciones o experimentación.
- Clackon y Wright (1992), elaboraron un informe donde señalan que los efectos a largo plazo que produce del trabajo experimental no es alentador, según señalan los resultados que obtuvieron. En dicho informe se pone de manifiesto que los estudiantes de la licenciatura en Física, no recordaban en absoluto más de la mitad de las experiencias de laboratorio que realizaron durante la secundaria.
- Seré, Journeaux y Larcher (1993), esperaban promover en un grupo de estudiantes, a través de actividades experimentales, el aprendizaje de ciertos conceptos como: valor verdadero, precisión, exactitud, dispersión, error e incertidumbre. Y el manejo de ciertas herramientas matemáticas como: valor promedio, desviación estándar, distribución gaussiana, intervalos de confianza y error. Sin embargo, constataron que la actividad tuvo poca incidencia en la comprensión de los estudiantes, respecto a los conceptos que se intentaban comprendieran y respecto al manejo de las herramientas.
- Watson, Prieto y Dillon (1995), realizaron un estudio comparativo sobre el diferente comportamiento de estudiantes de secundaria de Inglaterra y España, en el laboratorio de Química al estudiar el fenómeno de la combustión. Los resultados obtenidos por estos investigadores señalan que si bien los estudiantes ingleses estuvieron sujetos a muchas experiencias de laboratorio sobre este tema, esta experiencia tuvo poco impacto sobre la comprensión del fenómeno de la combustión. Es decir, el conocimiento que adquirieron, a través de esta actividad, no promovió que modificaran sus explicaciones sobre el fenómeno

de la combustión, por tanto, la comprensión que adquirieron sobre este concepto fue absolutamente similar a la que mostraron los estudiantes españoles.

- Lubben y Millar (1996), analizaron la comprensión de un grupo de estudiantes sobre el tratamiento que se da a un conjunto de datos para mejorar su fiabilidad, dentro de una serie de sesiones de trabajo experimental. Los resultados señalaron la poca efectividad que tuvo esta actividad de enseñanza para promover que los estudiantes comprendieran los argumentos científicos, con respecto a: hacer repeticiones de una medición, cómo manejar los datos anómalos; al significado de la dispersión de los resultados.

Como vemos, cada uno de los casos enunciados arriba, relacionados con el aprendizaje de procedimientos y de conceptos, usando como herramienta el trabajo experimental, representan ejemplos puntuales de la falta de eficacia a la que conducen ciertas formas de utilización de esta actividad de aprendizaje para lograr los objetivos.

Las investigaciones sobre distintos aspectos relacionados con el aprendizaje de los estudiantes, dentro del trabajo experimental, son muchas. Por ejemplo, De Pro (1998), revisó un amplio número de trabajos de diversas temáticas (Identificación de problemas; Predicciones e hipótesis; Relación entre variables; Diseños experimentales; Observación; Medición; Organización e interpretación de datos; Análisis de datos; Utilización de modelos; Elaboración de conclusiones; Manejo de material y realización de montajes; Análisis y utilización de material; Comunicación) relacionadas con el aprendizaje de procedimientos. A pesar de las diferencias existentes entre cada producción, consiguió identificar líneas y objetivos comunes de investigación:

- Necesidad de clarificar el significado de algunos contenidos procedimentales.
- Reconocimiento del papel y aporte de estos contenidos al denominado "concepto de evidencia" o a la resolución de problemas.
- Identificación de dificultades y establecimiento de niveles y exigencias jerárquicas en cada uno.
- Justificación de la inclusión de los contenidos procedimentales en la enseñanza obligatoria.
- Estudio de las influencias de factores cognitivos, cognoscitivos, sociales,... en su aprendizaje.

- Diseño y aplicación de instrumentos que permiten evaluar el aprendizaje de los mismos; con relación a la evaluación de las habilidades integradas, aparece de forma relevante el uso del ordenador.
- Búsqueda de situaciones de clase que favorecen la adquisición de estos conocimientos.
- En menor medida, estudio de la relación con los contenidos conceptuales y actitudinales.

Todos los trabajos revisados por De Pro, buscan de una forma u otra, mostrar los beneficios del trabajo experimental dentro de la enseñanza-aprendizaje de la Ciencia y proponer formas que mejoren la eficacia de esta actividad de enseñanza y por tanto, el rendimiento de los estudiantes.

1.4 Algunas formas de plantear el Trabajo Experimental para conseguir sus Objetivos

La idoneidad del enfoque didáctico, es fundamental al momento de promover el acercamiento del conocimiento científico a los estudiantes, dentro de la actividad experimental y en consecuencia algunos investigadores han señalado la necesidad de revisarlo (Hodson, 1993; Gott y Duggan, 1995 y 1996; White, 1996). Esta insistencia es debido a que los objetivos y actividades que se han de realizar para promover el aprendizaje cambian en función del enfoque didáctico que se utiliza. Por ejemplo, y tal como señala Caamaño (1992), el *paradigma de enseñanza por transmisión* tenía como objetivo ejemplificar la teoría y en el *paradigma del descubrimiento orientado* el objetivo era que los estudiantes *aprendieran* Ciencia *haciendo* Ciencia. En consecuencia, existen diversos *modos de hacer* o enfocar el trabajo experimental. A continuación presento algunos de los planteamientos más conocidos:

- Woolnough y Allsop (1985), señalan que el trabajo experimental lo podemos plantear como experiencias (actividades prácticas con la finalidad de que los estudiantes se familiaricen de forma perceptiva con el fenómeno objeto de estudio), como ejercicios (actividades prácticas con la finalidad de que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas o intelectuales) y como investigaciones (actividades prácticas con la finalidad de que los estudiantes trabajen como lo hacen los científicos o los tecnólogos en la resolución de problemas teóricos o prácticos).
- Lazarowitz y Tamir (1994) propusieron que las distintas actividades que se realizan dentro del trabajo experimental debían proporcionar a los estudiantes oportunidades para:

confrontar sus ideas a través de la realización de experiencias concretas; manipular datos usando ordenadores; desarrollar habilidades de pensamiento lógico y organización; construir y comunicar valores referentes a la naturaleza de la Ciencia.

- Hodson (1993), planteó el trabajo experimental en término de tres propuestas asociadas: *aprender Ciencia, aprender sobre la Ciencia y hacer Ciencia*. Por tanto, reconceptualizó los objetivos de la actividad experimental.
- Abrams y Wandersee, (1995 a y b), señalan que el planteamiento del trabajo experimental debe partir de ser conscientes que los estudiantes sólo aprenderán a *hacer Ciencia* practicándola, tal como hacen los científicos, y siguiendo sus propias líneas de indagación. Ello les permitirá conocer que *hacer Ciencia* depende fuertemente de la teoría y de la práctica. Por tanto, proponen diferenciar lo que es *Aprender Ciencia y Aprender sobre las Ciencias de Aprender a hacer Ciencia*.
- García (1995), propuso un planteamiento del trabajo experimental basado en una adecuada planificación y evaluación del mismo. Para ello, esta autora hizo explícitas las distintas acciones que los docentes realizamos al preparar este tipo de actividad y en sus propias palabras: *“En relación con dichas acciones se sugiere la utilización de diversos instrumentos de análisis y reflexión que pueden ser de utilidad para adoptar criterios y tomar decisiones encaminadas a favorecer el aprendizaje de los estudiantes en el laboratorio”*. Los aspectos principales de esta propuesta son: hacer explícitos los objetivos de la práctica en relación con la secuencia de aprendizaje; decidir el tipo de práctica en función de los objetivos; planificar la práctica; escribir o seleccionar el guión; probar la práctica; prever cómo evaluar el trabajo de los estudiantes; y evaluar la práctica.
- García Barrios y otros (1998), proponen que un cambio en los planteamientos del trabajo experimental pase por: a) relacionar la teoría y la práctica, dándole mayor sentido a esta última; b) explorar las ideas de los estudiantes con el fin de que sean puestas en discusión y contrastadas a través de la experimentación; c) ofrecer una visión del trabajo científico no inductivista, coherente con las aportaciones de la actual epistemología de la Ciencia; d) promover el planteamiento de problemas próximos a los intereses de los estudiantes y con el

nivel de dificultad adecuado a sus capacidades intelectuales; e) que el docente ejerza el grado de dirección que demandan las dificultades de los estudiantes.

- Berry, Mulhall, Gunstone y Loughran (1999, 2001), proponen que para mejorar el aprendizaje de los estudiantes, se debe planificar el trabajo experimental tomando en cuenta:
 - La necesidad de promover el conocimiento del contenido, que se debe asumir para la realización de la tarea.
 - La necesidad de promover la apropiación de lo que se hace. El sentido de propiedad es importante pues esto ayuda a sentirse verdaderamente involucrado en todo el proceso y a su vez interesado en comprender el conocimiento, el proceso y producto de lo que se hace.
 - El tiempo. Es apropiado extender el tiempo que se va a invertir en el trabajo experimental antes que reducirlo en un esfuerzo por completar el curriculum.
 - El propósito y los objetivos. Se debe promover la comprensión de la diferencia entre el objetivo del trabajo experimental y el propósito del mismo, así como la toma de consciencia de la importancia y papel de ambos.

A manera de síntesis de todo lo expuesto en este capítulo hago hincapié en los siguientes aspectos:

- Los distintos planteamientos sobre el trabajo experimental, arriba presentados exigen como un requisito indispensable para su éxito, de un docente que adquiriera el hábito de reflexionar sobre sus acciones y sea crítico consigo mismo, además de decidir los objetivos que espera lograr con este tipo de actividad. Pues, los docentes son los encargados últimos de poner en práctica los distintos planteamientos que los investigadores hacen sobre como llevar a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro del trabajo experimental.
- El profesorado necesita de una formación, inicial y continuada, que les permita cumplir con la inmensa y complicada tarea que significa el desarrollo de actividades experimentales en secundaria.

CAPITULO 2

EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN SECUNDARIA: COMO UNA ACTIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE MODELOS INTERPRETATIVOS

A continuación presentaremos los fundamentos teóricos en el cual enmarcamos el trabajo experimental, en los cursos de Ciencias en secundaria.

2.1 El papel de la Interacción en la Construcción y Reconstrucción de Modelos Explicativos/Interpretativos

Desde los modelos constructivistas del aprendizaje:

- Aprender es construir modelos o representaciones a partir de las cuales *explicar/interpretar* la información que nos llega del mundo que nos rodea (Pozo, 1996). En consecuencia, siempre, ante una nueva información, tenemos una representación personal inicial o idea que no es otra cosa que una herramienta mental que nos ayuda a interpretarla o pensar sobre la misma.
- Interpretar una nueva información es una tarea cognitiva individual, pero la construcción o reconstrucción de modelos *explicativos/interpretativos* personales es producto de la interacción social (Vygotski).

Vivimos en constante interacción con la naturaleza y con la sociedad que nos rodea (otros seres humanos, pueblos o culturas). En nuestra interacción con la naturaleza, iniciamos la construcción de modelos sobre los distintos fenómenos que la conforman. En la interacción que tenemos con la sociedad, de la cual somos parte, intercambiamos nuestras representaciones (información) sobre un fenómeno natural, sobre un objeto construido por el hombre, sobre un evento, sobre la situación política de un país, etc. En este intercambio de información, cada persona contrasta los modelos, que tiene en ese momento, con los de otros, lo que le permite establecer diferencias, señalar ventajas y desventajas e incluso lo lleva a colaborar con los demás. Es decir, de esta

interacción surgen discusiones y controversias que enriquecen los distintos modelos contrastados y se promueve, de esta forma, la reconstrucción de los mismos, así como también se puede favorecer la construcción de nuevos modelos.

De acuerdo a lo anterior, la interacción que se da entre el profesorado y los estudiantes, en el aula, es un aspecto esencial para el proceso de enseñanza-aprendizaje y se caracteriza por la ayuda sistemática que ofrecen los primeros, considerados los expertos, a los últimos (Gómez Alemany, 2000). En este proceso no sólo la interacción con el docente es fundamental, sino también la que se da entre los estudiantes al confrontar y discutir sus ideas o sus representaciones. La interacción entre los estudiantes se caracteriza porque permite (Onrubia, 1993): la identificación y contraste de puntos de vista moderadamente divergentes como producto de una tarea o trabajo en grupo; la coordinación de roles, el control mutuo del trabajo y el ofrecimiento y recepción mutuos de ayuda. Dentro de este proceso de interacción en el aula, el docente debe promover y facilitar, a su vez, la interacción de los estudiantes con el fenómeno o las distintas características del concepto que estudian.

Un elemento fundamental en este proceso de interacción y que no podemos dejar de lado, es el lenguaje. Este es imprescindible para comunicar y compartir los objetivos y las experiencias, a la vez que actúa como regulador (Gómez Alemany, 2000). Así como, las representaciones o modelos de cada individuo son las herramientas que utiliza para interpretar y pensar sobre la información que tienen ante sí, el lenguaje es la herramienta que une el mundo interno de éste con su entorno. Los hombres y mujeres, a través del uso del lenguaje se comunican entre sí, lo que promueve la transformación y evolución de las representaciones o modelos que manejan.

Los docentes de Ciencias dan mucha importancia o valor a las explicaciones de los estudiantes respecto a los fenómenos o conceptos que están en proceso de aprendizaje. Izquierdo y Sanmartí (2000), identifican una doble función en la acción de los estudiantes al explicar lo que aprenden, en la forma en que utilizan el lenguaje para dar estas explicaciones: *como un instrumento que dota de sentido a los fenómenos observados y como medio para contrastar las diferentes explicaciones y consensuar la que se considera mejor en función de los conocimientos del momento.*

En conclusión, la interacción es un medio o herramienta indispensable, para promover que los estudiantes construyan o reconstruyan modelos que les permitan interpretar o pensar sobre la información que se les proporciona. En igual forma, el lenguaje es el medio o herramienta que utiliza el docente para promover la interacción entre él y los estudiantes y entre estos mismos.

2.2 El Trabajo Experimental como un Ciclo de Aprendizaje

El término *ciclo de aprendizaje* surge de los trabajos de Atkin y Karplus, específicamente en la guía del profesor del SCIS (Science Curriculum Improvement Study, 1970), fundamentados en las ideas de Piaget.

A partir de ese momento el uso de los ciclos de aprendizaje, dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Ciencia, comenzó a popularizarse. Por ejemplo, Lawson (1994) distingue tres tipos de ciclos de aprendizaje: Ciclos de aprendizaje descriptivos, empírico - deductivos e hipotético - deductivos. Más recientemente, encontramos que se han diseñados ciclos de aprendizajes que tienen como finalidad promover el desarrollo de habilidades metacognitivas (Blank, 2000), dentro de un trabajo colaborativo en el aula.

En esta investigación, planteamos el trabajo experimental como un ciclo de aprendizaje fundamentado en la teoría socio-constructivista de los aprendizajes. Este ciclo de aprendizaje tiene como eje fundamental el uso de una terminología científica, a la base del concepto que se estudia, la comunicación y discusión de las ideas en una gran variedad de formas (a través de dibujos, diagramas, gráficas, expresión verbal, etc.).

En nuestro ciclo de aprendizaje hemos definido claramente tanto las actividades del docente, como las actividades de los estudiantes (Fig. 2.1). Cada una de estas actividades es detallada a continuación.

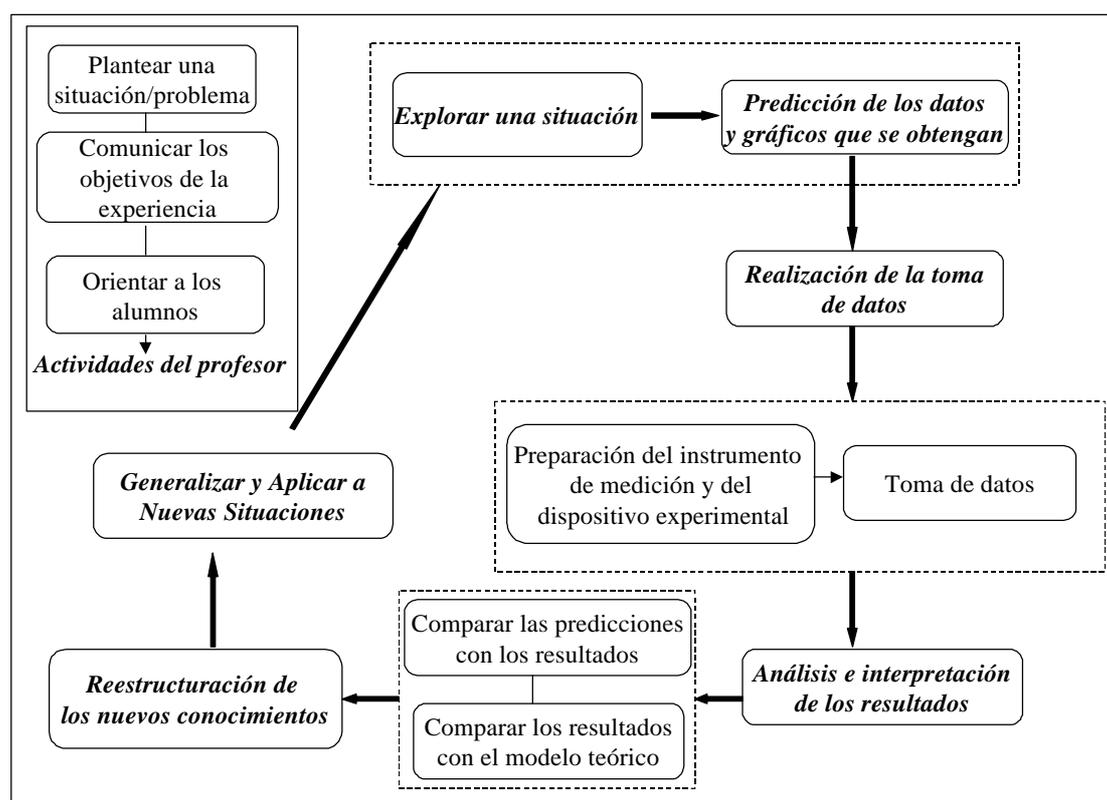


Figura 2.1
Pintó, Pérez, Gutiérrez, 1999 (b)

2.2.1 Actividades del Docente

Las actividades a realizar por el docente tienen que ver específicamente con plantear a los estudiantes una situación en forma de problema o cuestión, comunicar a estos los objetivos de la actividad y, orientarlos durante toda la actividad experimental. Todo ello en busca de motivarlos hacia el aprendizaje, y que sientan la necesidad de establecer relaciones (las cuales no surgen de manera espontánea) desde un enfoque profundo y no superficial¹, entre el concepto o contenido que deben representarse y el modelo que utilizan para pensar sobre los mismos.

¹ El enfoque que los estudiantes adoptan ante el aprendizaje de un nuevo contenido o concepto es explicado por Entwistle, 1988 (pág. 67):

Enfoque profundo: Intención de comprender; fuerte interacción con el contenido; relación de nuevas ideas con el conocimiento anterior; relación de conceptos con la experiencia cotidiana; etc.

Enfoque superficial: Intención de cumplir los requisitos de la tarea; memoriza la información necesaria para pruebas o exámenes; encara la tarea como imposición externa; ausencia de reflexión acerca de los propósitos o estrategia; etc.

2.2.1.1 Plantear una situación o problema

La situación o problema que se plantee debe cumplir con las siguientes características: estar relacionada con el contexto cotidiano de los estudiantes (sus experiencias, sus conocimientos previos, etc.), buscando dar relevancia al contenido de la tarea (Tapia, 1998); ser simples, concretas, generales y progresivamente más abstracta.

2.2.1.2 Comunicar los objetivos de la Experiencia

Comunicar los objetivos a los estudiantes es más que mencionarlos, implica promover que se hagan con los mismos a través de actividades especialmente diseñadas para esta tarea (Jorba y Sanmartí, 1994). Es importante que los estudiantes sepan que deben lograr y que se espera de ellos, con la finalidad de que regulen sus acciones y las dirijan en una sola dirección como una forma de lograr los objetivos de la actividad.

2.2.1.3 Orientar a los Estudiantes

Las distintas actividades a realizar dentro del trabajo experimental requieren la activa participación de los estudiantes, pero siempre bajo la constante orientación del docente. Ello tiene como finalidad promover, en todo momento, la adecuada construcción del conocimiento y de manera progresiva la autonomía en los estudiantes de forma tal, de que poco a poco, sean capaces de tomar la iniciativa en distintos aspectos, que directamente afecten el desarrollo de su trabajo y el proceso de construcción y reconstrucción de las representaciones o modelos interpretativos.

2.2.2 Actividades de los Estudiantes

Las actividades a realizar por los estudiantes comprenden: Explorar la situación presentada por el docente, predecir los resultados y la forma de los gráficos que se obtendrán, recopilar datos, analizar e interpretar los datos obtenidos, comparar los resultados con las predicciones realizadas y con el modelo teórico que fundamenta la experiencia, reestructurar los conocimientos y generalizar y aplicar lo aprendido a nuevas situaciones.

2.2.2.1 Explorar una situación

Esta es una actividad donde se debe promover que los estudiantes se representen el tema o concepto a estudiar, se apropien de los objetivos de Enseñanza (Jorba y Sanmartí, 1994), hagan explícitas sus ideas al predecir lo que va a pasar. Para lograr todos estos objetivos es importante que la situación a explorar este enmarcada dentro de un contexto familiar y conocido por los estudiantes. Ello ayudará al docente a identificar los puntos de partida de sus estudiantes con respecto a sus formas de razonamiento, sus actitudes y el lenguaje. Además, sabrá si es necesario modificar o no las distintas actividades que ha diseñado para promover el aprendizaje. Es decir, esta información puede poner en marcha los mecanismos de regulación del docente, en cuanto al proceso de enseñanza que dirige.

- *Con respecto a la representación del tema o concepto a estudiar*

Es necesario hacer hincapié, en el hecho de que lograr que los estudiantes se representen una situación determinada, no es algo que sucede de forma inmediata. En consecuencia, es indispensable que el docente, de manera continua, promueva que los estudiantes identifiquen los puntos relevantes de dicha situación e intenten establecer relaciones entre ésta y sus conocimientos.

- *Con respecto a la apropiación de los objetivos*

Si los estudiantes se apropian de los objetivos de la actividad manejarán los elementos necesarios para planificar las acciones a realizar y de esta manera cumplir con las exigencias que se les hace. Toda persona, aunque sea a un nivel muy intuitivo y sin pulir, planifica y elabora estrategias en función de los objetivos que pretende cumplir. Esto se da siempre y cuando se haya construido una representación o un modelo de lo que se debe hacer.

- *Con respecto a las ideas de los estudiantes*

Es bien conocido, que desde los modelos constructivistas del aprendizaje se afirma que los estudiantes no tienen sus mentes en blanco al momento de hacer frente a un nuevo

conocimiento, manejan representaciones (conocimientos) o ideas que han adquirido previamente y que les permite interpretar o pensar sobre el nuevo conocimiento que se les presenta (Serrano y Blanco, 1988; Pozo y otros 1992; Driver y otros, 1992; Rodríguez y González, 1995; Osborne y Freyberg, 1995; Oliva, 1999). Estas representaciones o modelos que los estudiantes poseen y que utilizan para interpretar el nuevo conocimiento, guían sus observaciones y promueve que ignoren los resultados de las comprobaciones empíricas que puedan realizar, ya que sólo aceptan lo que no las contradice. En consecuencia, al hacer frente al conocimiento científico no le ven utilidad al mismo, dentro de la coherencia y consistencia que para ellos tienen sus *modelos explicativos/interpretativos*, es decir sus ideas previas o alternativas (Clough y Driver, 1986; Oliva, 1996).

Es importante que los docentes conozcan los *modelos explicativos/interpretativos* que sus estudiantes manejan previo a la enseñanza formal de cualquier concepto científico, ya que esta información les permitiría tener una pista sobre las posibles relaciones que estos puedan llegar a establecer al momento de atribuir significado al nuevo conocimiento. Ello ayudaría al docente, entre otras cosas, a fundamentar una estrategia de enseñanza que le permita promover que los estudiantes logren diferenciar entre ambos modelos de interpretación (el suyo y el científico) y aprendan a utilizarlos discriminadamente en función del contexto (Pozo, 1999).

Se propone en este trabajo que los estudiantes hagan explícitas sus ideas al predecir lo que ocurrirá (los resultados). Es decir, estos realizarán predicciones sobre lo que pasará y expresarán las mismas de forma escrita y a través del dibujo del gráfico que represente dicho fenómeno. Que los estudiantes hagan predicciones y las expresen, ya sea de forma escrita o verbal, permitirá al docente estar al tanto del nivel de comprensión que tienen del fenómeno que estudian y las ideas que tengan sobre el mismo. Dibujar un gráfico como predicción de lo que sucederá implica un salto cualitativo muy grande, pero necesario ya que puede llevar a los estudiantes a conectar la representación que tienen del fenómeno con una representación gráfica (la evolución de un fenómeno en el tiempo). Ambas acciones deben ser orientadas por el docente en todo momento.

El hacer *Predicciones* permitirá a los estudiantes comprobar la suficiencia o insuficiencia de sus ideas o conocimientos; hacer explícitas sus ideas sobre lo que ocurrirá, tanto a sus compañeros

como al docente, al confrontarlas; descubrir, al interactuar con otros, que no todos piensan igual (Sanmartí, 1993).

2.2.2.2 Realización de la toma de datos

Para la realización de la toma de datos se debe preparar el instrumento de medición (herramienta tradicional o herramienta informática) y el dispositivo experimental, así como tener claro los aspectos en los cuales se va a hacer hincapié durante la toma de datos en sí.

- *La preparación del instrumento de medición y el dispositivo experimental*

La preparación del dispositivo experimental, incluido el instrumento de medición (ó herramienta informática), facilitará a los estudiantes el familiarizarse con los mismos. Lo que les permitirá, entre otra cosas, tener cierto nivel de autonomía en el desarrollo de la experiencia, diferenciar claramente entre el instrumento de medición y los elementos que forman parte del dispositivo experimental (o sistema). Además, es necesario que comprendan que para el buen desarrollo de su trabajo deben tener ciertas habilidades técnicas con respecto al control, manejo y preparación del instrumento de medición. Para ellos es indispensable que tengan a su disposición todo el material a utilizar; hayan aprendido a utilizar, manejar y preparar el instrumento de medición; preparen el dispositivo experimental bajo la guía del docente; preparen el instrumento de medición (o software para la toma de datos en el caso de usar una herramienta informática).

- *Toma de datos*

Durante la toma de datos se debe hacer hincapié, en todo momento, en la relación que existe entre la representación gráfica y el fenómeno que se estudia.

2.2.2.3 Análisis e interpretación de los Resultados

El análisis e interpretación de los resultados se puede realizar de forma cualitativa o cuantitativa. A continuación expondremos los aspectos a tomar en cuenta en cada uno de estos tipos de análisis dentro del trabajo experimental.

- *Ará lisis e interpretacö n cualitativa*

El análisis cualitativo debe partir, según la estructura del Trabajo Experimental que venimos proponiendo, de las predicciones que los estudiantes lleven a cabo, la comprensión que tienen del concepto que se intenta enseñarles y del concepto en sí. Una cosa es el concepto en sí, definido desde la Física y otra el nivel de comprensión que los estudiantes manejan sobre el mismo. De tal forma que los estudiantes tengan la oportunidad de:

- Comparar las predicciones que realizaron, previo a la toma de datos, con los resultados obtenidos. Esta comparación les permitirá contrastar las diversas opiniones y la suya propia con lo que realmente ocurrió. Ello tiene la finalidad de que establezca diferencias e identifique aquellos aspectos de su modelo que lo llevaron a interpretar incorrectamente lo que iba a suceder.
- Comparar el marco teórico conceptual con sus predicciones y con los resultados, con el objetivo de establecer relaciones y diferencias.

Con la finalidad de ayudar a los estudiantes en todo el proceso arriba descrito el docente debe promover:

- a. *El ará lisis de las multi-representaciones de los datos obtenidos.* Esto implica orientar a los estudiantes a que cambien las escalas de los ejes del gráfico y la colocación de las magnitudes representadas; comparen la tabla de datos con su representación gráfica, etc.
 - b. *Cambios en los settings y en la disposicö n del dispositivo experimental.* Por ejemplo, cambiando los valores iniciales de las variables o variando algunas características del dispositivo experimental. Para que los estudiantes comprendan los resultados de dichos cambios, se debe proceder a la repetición de la toma de datos.
 - c. *La identificacö n de los puntos relevantes y los no significativos de la representacö n gráfica.* Los estudiantes deben saber diferenciar los puntos relevantes de los ruidos.
- *Ará lisis e interpretacö n cuantitativa.*

Para promover el análisis cuantitativo de los datos obtenidos se propone que al finalizar la toma de datos se solicite a los estudiantes que para analizar la representación gráfica: Obtengan las

coordenadas de los puntos de la gráfica más relevantes: puntos máximos, puntos mínimos, valores iniciales de los parámetros que se estudian, etc; determinen la pendiente en un punto; determinen el área bajo la curva; aproximen la gráfica a una función matemática, etc.

Identifiquen la tendencia de la representación gráfica: Ajustando la gráfica a una función matemática sencilla; realizando simple cálculos estadísticos de los valores; Linearizando el gráfico, etc.

2.2.2.4 Reestructuración del Nuevo Conocimiento

La reestructuración de los nuevos conocimientos (Jorba y Sanmartí, 1994), tiene como finalidad que los estudiantes: Sinteticen el saber adquirido mediante las distintas actividades propuestas en este capítulo; identifiquen los aciertos y desaciertos de los modelos elaborados y evalúen las dificultades que han encontrado.

Para que los estudiantes logren llevar a cabo lo antes expuesto se debe propiciar que expresen, ya sea de forma verbal o escrita usando la terminología científica que corresponda al tema tratado, el modelo construido.

Los estudiantes, ante la terminología específica de cada disciplina científica se encuentran con un gran número de dificultades, pues para ellos dar significado a cada término que se introduce en el aula es una tarea difícil y más si tienen que utilizarlo para explicar un fenómeno o una idea. Esto nos señala la importancia del lenguaje en el proceso de enseñanza- aprendizaje de las Ciencias, ya que funciona como una herramienta para construir las ideas científicas (Izquierdo y Sanmartí, 2000).

El ambiente del trabajo experimental es propicio para promover que los estudiantes relacionen la terminología científica con lo que hacen y el fenómeno en sí. Por ejemplo, que elaboren oraciones donde tengan que explicar el fenómeno que estudian utilizando los términos científicos relacionados con el mismo (Pinto, Pérez y Gutierrez, 1999).

Lo anterior se ve reforzado también por Lemke (1997), para quien el proceso de aprendizaje (enmarcado en dar significado a los términos científicos) es una actividad social, donde la

interacción entre los estudiantes y entre estos y el docente juega un papel fundamental. Según este investigador para *hablar Ciencia* se debería: Promover en los estudiantes la práctica en la actividad de hablar Ciencia; Enseñar a los estudiantes a combinar términos científicos en oraciones complejas; Discutir las ideas o conocimientos previos que tienen los estudiantes en cada tema; Enseñar a los estudiantes los géneros mayores o menores de la escritura científica.

Se da por aceptado que el lenguaje es la herramienta que mediatiza la elaboración de los modelos explicativos, no sólo en las discusiones y confrontación de ideas entre los estudiantes sino también al plasmar sus ideas sobre el papel al responder distintas cuestiones. Por ejemplo, al solicitarles que: *expliquen el fenómeno observado haciendo uso de términos científicos*. Con esto se les está pidiendo que lleven a cabo ciertas acciones como *describir, explicar, justificar y argumentar* científicamente. Izquierdo y Sanmartí describen lo que implica cada una de esas acciones, lo cuál hemos presentado de forma resumida en la Tabla 2.1. Como veremos, estas acciones exigen a los estudiantes un alto nivel de comprensión de lo que hace y del fenómeno que estudian. Esta exigencia les obliga a pensar y reflexionar sobre lo que han de escribir, y por tanto, les ayuda en la construcción de modelos o representaciones explicativas.

TABLA 2.1
HABILIDADES COGNITIVOLINGÜÍSTICAS

Describir	Explicar	Justificar y argumentar
<ul style="list-style-type: none"> - Identificar el objetivo de la descripción. - Categorizar lo que se está describiendo (un ser vivo, un objeto, un material, un cambio, etc.). - Seleccionar propiedades de los objetos u organismos (sólo las más significativas), y en un cierto orden o sistemática. Utilizar las cualidades más idóneas desde la Ciencia, calificarlas y cuantificarlas (es blanco, es largo, es grueso, mide 3 cm, va a 5 km/h, etc.). - Relacionar una acción con un cambio (al calentarse aumenta la temperatura, si aumenta la velocidad tarda menos en llegar, etc.). Especificar que se conserva y qué cambia. Tender a cuantificar los cambios. - En los cambios, tener como referencia la variables tiempo. Por eso es importante discretizar la observación e identificar lo que sucede en cada periodo de tiempo. - Utilizar, siempre que sea posible, tablas o esquemas para presentar los datos o características y tender a redactar frases cortas yuxtapuestas 	<ul style="list-style-type: none"> - Estructurar el texto de manera expositiva, con un inicio, un desarrollo y una conclusión. - Desarrollar la situación inicial mostrando los hechos nuevos que después permiten llegar a una conclusión. - Relacionar los hechos nuevos y los conocidos de manera fácil de aceptar, porque se ha aplicado a situaciones análogas; la novedad está en las informaciones concretas que se ofrecen o en las conexiones entre esta informaciones, pero no en los dos aspectos a la vez. En general, estas relaciones son de causa-efecto. - Seleccionar hechos relevantes e interesantes; el alumnado puede ser muy creativo al ofrecer una explicación y elaborar textos más parecidos a los literarios. - Situar toda la explicación en un contexto temático bien caracterizado. - Ofrecer una nueva perspectiva que permite hacer inferencias, siempre a nivel factual de "cosas que pueden pasar o no pueden pasar". 	<ul style="list-style-type: none"> - Categorizar la cuestión planteada en un marco de referencia (disciplina o tema, modelo o teoría de partida, nivel de explicación requerido, etc.). En el caso de la argumentación, a menudo será necesario identificar otros referentes. - Identificar los hechos o las entidades sobre las que se pide justificar o argumentar. - Inferir posibles relaciones entre los hechos o entidades deducidas a partir de analogías, leyes, modelos o teorías. - Seleccionar las relaciones más adecuadas. - Organizar estas relaciones de forma coherente, diferenciando las ideas personales de las que tienen status científico. Redactar el texto relacionado causalmente los hechos y las razones teóricas (utilizando conectores del tipo a causa de, porque, por lo tanto, en consecuencia, por el contrario, etc.).

2.2.2.5 Generalización y aplicación del nuevo conocimiento al estudio de nuevas situaciones o fenómenos en contextos distintos

La generalización de lo aprendido y su aplicación (Jorba y Sanmartí, 1994), es esencial para comprobar si ha habido o no un aprendizaje real. Las nuevas situaciones en forma de actividades que se presenten de aquí en adelante a los estudiantes deben contener los mismos elementos que tenía la anterior, pero con nuevos componentes que los obliguen a ampliar el radio de acción de sus conocimientos. En otras palabras, se busca que los estudiantes apliquen

los nuevos conocimientos a situaciones y contextos distintos y reconozcan sus progresos de aprendizaje. Todo esto fundamentado en una reflexión de sus acciones.

Esta actividad de generalización y aplicación del nuevo conocimiento debe propiciar que los estudiantes se den cuenta de que utilizan un lenguaje distinto al inicial.

2.3 Aspectos a tomar en cuenta en la selección y planificación del Trabajo Experimental

En la planificación del trabajo experimental a realizar se debe tomar en cuenta, algunas consideraciones partiendo de los distintos aspectos desarrollados en las páginas anteriores:

2.3.1 El uso de un Guión de Práctica

La orientación de los estudiantes estará a cargo del docente, en todo momento, pues deben ser guiados en el logro de sus objetivos. Como complemento a la orientación del docente, se debe facilitar a los estudiantes un *Guión de Práctica*, una herramienta didáctica con la función de recordarles lo que tienen que hacer, a través del detalle de los distintos pasos a realizar. Este guión de práctica, además contendrá cuestiones específicas que los estudiantes responderán y que permitirán al docente tener información sobre el nivel de comprensión de estos sobre lo que hacen. Esta herramienta didáctica estará fundamentada en las distintas actividades contenidas en el ciclo de aprendizaje presentado en la figura 2.1, al inicio de este capítulo. La estructura de estos guiones de práctica es presentada a continuación (Tabla 2.2).

TABLA 2.2

ESTRUCTURA DE LOS GUIONES DE PRÁCTICA	
SECCIONES	CONTENIDO
Introducción	Se presenta de forma breve un fenómeno cotidiano o situación problemática, dentro de la cuál se plantean interrogantes. Se hace hincapié que la experiencia tiene como objetivo encontrar algunas posibles soluciones.
A. Proceso a estudiar	De forma breve se explica, cómo el fenómeno a estudiar será llevado al aula y se determinan los aspectos a analizar del mismo.
B. Descripción del sistema	Identificación breve de los distintos elementos que constituyen el sistema dentro del cual se estudiará el fenómeno presentado.
C. Instrumento de medición a utilizar	Identificación de los distintos elementos o componentes que constituyen el instrumento de medición.
D. Descripción cualitativa del fenómeno a observar	En este apartado se solicita a los estudiantes que expliquen con sus propias palabras el fenómeno que van a estudiar.
E. Predicciones	Se pide a los estudiantes que expliquen y describan por escrito lo que ocurrirá y que predigan la forma del gráfico trazado en la pantalla del ordenador durante la toma de datos.
F. Preparación del sistema de medida	Consta de acciones como: <ul style="list-style-type: none"> - Preparar el hardware de MBL. - Preparar el montaje o dispositivo experimental.
G. Preparación para la toma de datos	Consiste en preparar el instrumento de medición y el dispositivo experimental para la toma de datos.
H. Análisis e interpretación de los resultados	Se plantea a los estudiantes, a través de cuestiones el análisis cualitativo de los resultados: Lectura del gráfico; establecer diferencias entre las gráficas experimentales y las de sus predicciones; realizar cambios de escala y explicar lo que sucede al trazado del gráfico; analizar la frecuencia de la tabla de datos; comparar la tabla de datos con la gráfica; establecer diferencias entre las distintas gráficas experimentales obtenidas, etc.
I. Uso de términos científicos para explicar el fenómeno	Se solicita a los estudiantes que expliquen el fenómeno que han estudiado, haciendo uso de términos científicos.
J. Extensión de los resultados	Se presenta una situación que promueva que los estudiantes extiendan los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de la vida diaria, que contenga los elementos esenciales del fenómeno estudiado.

2.3.2 Las dificultades que los estudiantes puedan tener al momento de enfrentarse al estudio del fenómeno o situación elegida por el docente para su estudio

Al momento de planificar la actividad experimental es necesario tener en cuenta las dificultades que los estudiantes pueden tener durante el desarrollo de la misma. Esto supone:

- a. Los conocimientos o estructuras conceptuales mínimas que los estudiantes necesitan para comprender el fenómeno que estudian, con el objetivo de que puedan implicarse con el mismo;
- b. Las ideas previas que los estudiantes tienen al momento de llevar a cabo la actividad experimental ya que las mismas constituyen las herramientas que deberán superar para poder hacerse con el nuevo conocimiento;
- c. Y en función de los dos puntos anteriores identificar y definir claramente los conceptos y procedimientos que los estudiantes construirán a lo largo de la actividad experimental, es decir los objetivos finales a conseguir.

2.3.3 La relación existente entre el fenómeno a estudiar y el marco teórico debe explicarse a los estudiantes previamente a su estudio experimental

Desde una perspectiva constructivista y socio cultural, el trabajo experimental no tiene como objetivo que los estudiantes produzcan o induzcan teorías, por lo que es fundamental que previo a la realización de la experiencia conozcan el marco teórico que explica el fenómeno que van a estudiar y que a través del desarrollo de la actividad se compenetren con el mismo y lleguen a comprenderlo, interpretarlo y controlarlo. El argumento principal o fundamental es que no podemos pretender que las teorías que son parte del marco teórico de la Ciencia y que han tomado años de trabajo y esfuerzo a los científicos para consolidarlas como tales sean inducidas o producidas en las pocas horas que dura el desarrollo del trabajo experimental por personas que no tienen experiencia en lo que es hacer Ciencia (Pinto, Pérez y Gutiérrez, 1999).

2.3.4 La distribución de los estudiantes en grupo

Para que tenga un papel relevante la interacción entre los estudiantes, a lo largo de la experiencia, conviene que estén distribuidos en grupos pequeños de trabajo (3 a 4 estudiantes).

Ello con la finalidad de promover en todo momento un ambiente de constante discusión y confrontación de ideas.

2.3.5 La disponibilidad de instrumentos de medición y dispositivos experimentales

Al momento de planificar la experiencia es necesario tomar en cuenta la cantidad de instrumentos de medición y dispositivos experimentales de que se dispone y la cantidad de estudiantes con los que se desarrollará la misma. Si la razón *Equipo disponible/ Número de estudiantes* no es la apropiada, es necesario e indispensable diseñar una actividad alternativa con el objetivo de poder alternar el uso del equipo entre los estudiantes sin que medie ningún instante en que algunos de los grupos no este implicado en alguna de las tareas de la actividad experimental.

La adecuada valoración los aspectos anteriores puede suministrar al proceso didáctico elementos para apoyar y promover la evolución de los modelos o representaciones explicativas/interpretativas que los estudiantes construyen.

CAPÍTULO 3

EXPERIMENTOS EN TIEMPO REAL CON MBL EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN SECUNDARIA

En este capítulo describiremos brevemente los elementos que constituyen MBL, mencionaremos sus características principales y algunos de los beneficios que implica el uso de esta herramienta dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias. Y por último, señalaremos los objetivos que se pueden llegar a cumplir con el uso de MBL, dentro de la actividad experimental en Física.

3.1 MBL: herramienta que permite la realización de experimentos en tiempo real dentro de la actividad experimental

El equipo que permite realizar *Experimentos en Tiempo Real* es conocido bajo las siglas **MBL** (**M**icrocomputer **B**ased **L**aboratory). El sistema está formado por un ordenador, un sensor (o captor de cierto tipo de señal que la transforma en otra señal más fácil de tratar), una interfaz y un software para la adquisición y el tratamiento de datos. Actualmente existe una gran variedad de hardware y software de este tipo, bajo diferentes nombres, que han sido diseñados para ser usados como una herramienta más, en el desarrollo del trabajo experimental en los cursos de Ciencias.

La mayoría de estos sistemas se caracterizan por lo siguiente: la interfaz (que puede estar en la unidad central del ordenador o no) a través del sensor (del cual existen varios tipos), recibe señales analógicas asociadas a magnitudes físicas (tales como la temperatura, la posición, la rapidez, la intensidad de la luz, el pH, concentración de oxígeno en el aire, la fuerza, etc.). Estas señales son transformadas, por la interfaz en señales digitales, las cuales codifica y posteriormente son interpretadas y ordenadas en forma de datos numéricos, a través de un software asociado a este sistema. Producto de esto último, los datos son presentados en forma

gráfica en la pantalla del ordenador en tiempo real, es decir, a medida que el fenómeno evoluciona. Las diferentes facilidades que ofrece dicho software permite realizar el tratamiento y análisis de datos bajo forma numérica o/y el análisis de la representación gráfica de los mismos.

3.2 Beneficios de la realización de Experimentos en Tiempo Real con MBL

La propiedad que tiene MBL de presentar los datos obtenidos de una experiencia en forma gráfica o diagramática y/o tablas o secuencias numéricas, en tiempo real, en la pantalla del ordenador, así como también la de facilitar el análisis de los mismos a través del uso de las distintas opciones de su software, conlleva beneficios para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, si se usan de forma adecuada. A continuación presentamos algunos de estos beneficios:

- El uso de MBL permite dedicar la mayor parte del tiempo de la actividad experimental al análisis de los datos.
- El uso de MBL permite relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.
- El uso de MBL permite realizar la toma de datos en tiempo real, lo que da margen a examinar fácilmente los efectos de un gran número de variaciones de las condiciones experimentales, durante una misma actividad.
- El uso de MBL facilita el diferenciar los puntos relevantes del gráfico de los ruidos que afectan su visión. Ello permite hacer hincapié en que la toma de datos se hace sobre situaciones reales y los modelos teóricos corresponden a casos ideales.
- El uso de determinadas opciones del software de MBL (Zoom, cambio de escala, repetición de la toma de datos, etc.) ayuda a optimizar la visión del gráfico obtenido, en tiempo real, lo que facilita la correcta comprensión e interpretación del mismo y con ello del fenómeno que representa.
- El uso de MBL, facilita a los estudiantes realizar experiencias relacionadas con distintos fenómenos físicos, sin invertir una gran cantidad de tiempo en aprender a manejar y usar el hardware y del software de esta herramienta.

Es necesario destacar, además, que se pueden diseñar distintas experiencias para el uso de MBL durante los *Experimentos en Tiempo Real*, de forma independiente del hardware y del

software que se utilice. Así cómo también, de acuerdo al nivel conceptual que tengan las experiencias diseñadas, esta herramienta puede utilizarse para un amplio rango de estudiantes que va desde la primaria hasta niveles universitarios (Sassi, 1996).

Por último, hay que hacer hincapié en que las propiedades que hemos destacado de esta herramienta (toma de datos en tiempo real, representación de datos, etc) por sí solas no se convierten en beneficios. Para ello, se requiere del uso de un enfoque didáctico que haya estado sujeto a las críticas y reflexiones por parte del docente, en torno a la herramienta, los objetivos que quiere lograr y el nivel y características de sus estudiantes, entre otros aspectos.

3.3 Objetivos del Trabajo Experimental que se pueden cumplir con los experimentos en Tiempo Real

Las propiedades del MBL, utilizadas dentro de un enfoque didáctico adecuado pueden ayudar a conseguir algunos de los objetivos que se le adjudican a la actividad experimental. En este sentido, algunos investigadores han comprobado la eficacia de esta herramienta al fundamentar su uso en un manejo adecuado de la relación *Enfoque didáctico/Propiedades de los Experimentos en Tiempo Real*. Veamos esta afirmación con cierto detalle en las páginas a continuación.

3.3.1 Objetivos de tipo Motivacional

La falta de motivos o intereses internos en los estudiantes hacia el aprendizaje, los lleva a no darle valor a la tarea que realizan (Pozo, 1997). Por tanto, dentro del trabajo experimental, esta falta de motivación puede estar relacionada, entre otras cosas, con la forma en que se les presenta esta actividad. La mayoría de las veces se enfrenta a los estudiantes a procesos de enseñanza-aprendizaje, donde la formación de conceptos o nuevos contenidos, esta totalmente desvinculada de su experiencia cotidiana o entorno, de forma que no ven o perciben la utilidad práctica de esos nuevos conocimientos (Beltrán, I y González Pacheco, 1997). Ello se da mucho en las clases de Física, donde se acostumbra a presentar los conceptos o fenómenos a estudiar como un conjunto de formulas o problemas muy abstractos; en lugar de presentarlos, a través de actividades o estrategias de aprendizaje que sigan un proceso de transposición didáctica adecuado (Chevallard, 1985).

Según Tapia (1998), la falta de motivación en los estudiantes depende, por un lado, de los tipos de metas que están en juego en un momento dado y de las expectativas que tienen éstos de conseguirlas; por otro lado, de lo que piensan al afrontar las tareas y los resultados. ¿Cómo encaja MBL en la problemática de motivar a los estudiantes?

El uso del MBL dentro del trabajo experimental facilita a los estudiantes probar sus ideas o concepciones iniciales, reconciliar las distintas problemáticas que surjan de los datos, reconocer anomalías, etc. Todo eso refleja, a su vez, similitudes con el ambiente en que los científicos trabajan y con lo que hacen, sin salirse del contexto de una clase de Física. El uso de esta herramienta promueve, además, abordar el estudio de fenómenos o conceptos Físicos desde las características concretas del mismo, hasta llegar de forma progresiva a sus características más abstractas (Thornton y Sokoloff 1990, 1997; Redish, Saul y Steinberg, 1997, Trumper 1997; Beichner, 1994). Todo esto lleva a los estudiantes a adquirir un conocimiento vivencial del fenómeno que estudian e implicarse/motivarse hacia el aprendizaje. Ello les permite/facilita comprender la meta a lograr y por tanto, aumentar sus expectativas de alcanzarla.

3.3.2 Objetivos relacionados a la comprensión de los Conceptos y Teorías Científicas

El uso de MBL ayuda a promover en los estudiantes la comprensión de los aspectos abstractos del fenómeno o concepto que estudian, debido a que tiende un puente entre lo concreto (el fenómeno que ocurre ante sus ojos) y lo abstracto (la representación gráfica de dicho fenómeno), lo que ha sido constatado por algunos autores en sus investigaciones (Adams y Schrum, 1990; Beichner, 1990; Mokros y Tinker, 1987; Settlage 1993). Todo esto potencia, en los estudiantes la comprensión del concepto ya que les ayuda a superar las dificultades conceptuales subyacentes al fenómeno que estudian.

La relación *evolución del fenómeno – representación gráfica* que se hace evidente al usar MBL, se ve potenciada a su vez cuando se utiliza un enfoque didáctico basado en hacer predicciones, observar y comparar (Thornton y Sokoloff 1990, 1997; Solomon et al., 1991; Redish, Saul y Steinberg, 1997). Unido a esto está el hecho de que el uso de esta herramienta dentro de la actividad experimental, respeta la diversidad de ritmos de aprendizaje (Pintó y Gómez, 1996). En consecuencia, la suma de todos estos aspectos positivos promueve que los estudiantes

acerquen los conceptos o teorías que se intenta que aprendan al conjunto de conocimientos que poseen.

Thornton y Sokoloff (1990, 1997 y 1998) han comprobado, a través de muchos años de investigación, la mejora significativa del nivel de comprensión de los estudiantes respecto a los conceptos de distancia, velocidad, aceleración y fuerza, al usar el MBL en experiencias y sesiones demostrativas durante las clases. Según estos investigadores, la efectividad del uso de esta herramienta se debe a cinco razones:

- Los estudiantes se centran en el estudio del mundo físico. Aprenden los conceptos mediante el proceso de investigación. Es más eficiente que sólo manipular símbolos o discutir abstracciones como en los cursos tradicionales.
- Los estudiantes están sujetos a una inmediata retroalimentación. Esto ayuda a que las abstracciones se hagan a través del proceso natural mediante el cual el hombre construye las abstracciones: en un ir y venir entre las percepciones, las actividades concretas controladas y la modelización y generalización para explicar los que observa.
- Los estudiantes se sientan animados a colaborar o participar en la actividad.
- Los estudiantes ven reducido el trabajo engorroso y monótono (la construcción de gráficas o el cambio de escala en los ejes de la gráfica, etc.).
- Los estudiantes comprenden lo específico y familiar antes de lo más general y abstracto.

Según Redish y otros (1997), los *Experimentos en Tiempo Real* mejoran la comprensión de los estudiantes en cuanto al concepto de velocidad y la tercera ley de Newton, pero no proporcionan una completa solución al problema de construir un conocimiento robusto y funcional para muchos estudiantes. Ante esto señala la necesidad de contar con más investigaciones, que comparen la efectividad de varios métodos de enseñanza que articulen la realización de *Experimentos en Tiempo Real* para comprobar de esta forma la efectividad de los mismos. A pesar de ello, Redish agrega a las razones señaladas por Thornton y Sokoloff como causantes de la efectividad del uso de esta herramienta, una sexta razón:

Los estudiantes están ocupados de manera activa en la exploración y construcción de su propia comprensión.

Otro aspecto a señalar, en cuanto a la comprensión de conceptos y teorías por parte de los estudiantes al usar MBL, es el hecho que el uso de esta herramienta potencia la comunicación e interacción entre éstos, y por tanto a su vez la comprensión de los conceptos Físicos que se intenta que aprendan, debido a las distintas propiedades que la hacen una herramienta valiosa dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias. Kelly y Crawford (1996), constataron al analizar la comunicación entre un grupo de estudiantes al usar el MBL, el importante papel que jugó esta herramienta al apoyar y promover la interacción social dentro de la actividad experimental. Pues, la mayor parte de la actividad experimental giro en torno al análisis e interpretación del fenómeno que se estudiaba. Todo esto dentro de un ambiente, de aprendizaje cooperativo, donde el eje fundamental era la comunicación y confrontación de ideas. Aquí fue decisivo la rapidez de esta herramienta para recoger datos y representarlos de forma casi simultánea, en la pantalla del ordenador.

Más recientemente, Sassi (2000) señaló que las contribuciones más potencialmente significativas del uso de los *Experimentos en Tiempo Real*, dentro de la enseñanza de la Física, son aquellas que están relacionadas con:

- La integración de conocimientos. El enfoque MBL facilita la integración de varios tipos de conocimientos: relacionar la percepción con el fenómeno que se estudia (Conocimiento perceptual); comparar las ideas previas de los estudiantes y las predicciones (Conocimiento del sentido común); las múltiples representaciones de unos mismos datos (Conocimiento representacional abstracto); el ajuste del experimento que se realiza y la optimización de medidas (Conocimiento experimental); el análisis de las consecuencias de los cambios en las condiciones o variables del experimento (Conocimiento variacional); relacionar diferentes representaciones de un mismo fenómeno y comparar experimentos y modelos (Conocimiento correlativo).
- El acceso didáctico a nuevos enfoques y nuevos contenidos. Frecuentemente en la didáctica de la Física nos encontramos con contenidos o conceptos que son prácticamente "invisibles" o didácticamente inaccesibles sin los experimentos en tiempo real, en el laboratorio, que lo hacen visibles. Por ejemplo, las colisiones, el impulso, etc.
- Dirigir las dificultades de aprendizaje de los estudiantes. Varios obstáculos relevantes son observados en el proceso de aprendizaje de muchos estudiantes. Estas dificultades

son causadas por muchos factores, el conflicto entre el conocimiento del sentido común y el conocimiento Físico, la complejidad de la estructura de la Física, el uso de materiales didácticos inadecuados, etc. Muchas estas dificultades pueden ser dirigidas más adecuadamente dentro de un enfoque didáctico que promueva hacer predicciones, experimentar y comparar.

- Implicar a los estudiantes en la actividad. Usando MBL se puede involucrar y motivar a los estudiantes hacia al aprendizaje, al explotar al máximo sus distintas propiedades, especialmente las perceptuales.
- Ir de lo Real a lo Ideal. El mayor impacto de MBL es que permite a los estudiantes relacionar lo real/familiar de los fenómenos que estudian con los casos ideales.

Como podemos observar, distintos investigadores hacen hincapié en la importancia que tiene esta herramienta al momento de promover, en los estudiantes, el aprendizaje de conceptos o fenómenos físicos. Claro, está todo ello depende en gran medida de lo adecuado que sea el enfoque didáctico dentro del cual se la utiliza.

3.3.3 Objetivos relacionados con el análisis e interpretación de datos y gráficos

Uno de los muchos aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física asociado con el trabajo experimental, es el esfuerzo que realizan los docentes para promover que sus estudiantes establezcan y comprendan la relación *datos obtenidos/conceptos o fenómenos científicos*, de una forma adecuada, es decir, que los lleve a comprender y analizar la experiencia en general. La representación gráfica es una de las herramientas o medios frecuentes que se utilizan para promover el análisis general de la experiencia. De aquí la importancia que tiene el análisis e interpretación de una gráfica para la enseñanza de la Física y las Ciencias en general.

El análisis e interpretación de una experiencia, pasa por la adquisición de ciertas habilidades prácticas. Estas últimas según creencias incorrectas son los objetivos del proceso de *hacer* experiencias. Según Gott y Duggan (1995 y 1996), esto no es suficiente, pues el uso y manejo de dichas habilidades prácticas (es decir, obtener habilidades experimentales) está relacionado con la comprensión de lo que es la evidencia en Ciencia. Para estos investigadores comprender la Evidencia en Ciencias y manejarla adecuadamente, requiere un nivel superior de comprensión

donde los estudiantes aprecien la tarea de forma general y den sentido a lo que hacen. Esto los llevaría a comprender, entre otras cosas, la importancia de, por ejemplo:

- El aislar o seleccionar las variables relevantes al momento de recolectar los datos, pues esta acción realizada de manera adecuada les permitiría dar respuesta al problema que han de solucionar o la situación que han de estudiar.
- La toma de decisiones de hacer una medida (cuando debemos medir, que medimos y cómo lo medimos) debe estar basada en la comprensión de la relación entre el propósito de hacer dicha medida y las variables que se han de controlar durante la misma.

Estamos de acuerdo con Gott y Duggan, en que objetivos primordiales, durante el desarrollo del trabajo experimental, deben ser el promover que los estudiantes comprendan lo que hacen, por qué lo hacen y la relación que esto tiene con la experiencia en general, más que reducir nuestras metas a sólo promover la adquisición de habilidades prácticas. Pero un obstáculo en el logro de estos objetivos es que, por ejemplo, el tiempo en las experiencias se consume mayormente en la toma de datos y en la construcción de una gráfica cuando no se utiliza el MBL. En este proceso los estudiantes pueden cometer muchos errores, uno de los más comunes es que la mayoría de las veces eligen la escala incorrecta y por lo tanto no pueden determinar con cierta fiabilidad los cambios repentinos que se dan en el fenómeno que estudian. Características éstas muy importantes dentro del análisis cualitativo de una representación gráfica. Y repetir nuevamente la construcción del gráfico es algo costoso debido al tiempo que esta acción consumiría, si se utilizan equipos y métodos tradicionales. Limitaciones como estas llevan a promover que los estudiantes adquieran habilidades prácticas y por tanto, no comprendan los aspectos relacionados con la evidencia en Ciencia de la información que obtienen. El uso de MBL puede ayudar a superar estos inconvenientes al permitir una mejor distribución del tiempo de la actividad experimental.

Unas de las características primordiales de MBL y que ya hemos señalado con anterioridad es que facilita una rápida toma de datos y a su vez permite a los estudiantes relacionar los aspectos relevantes del gráfico que se obtiene, con lo que ocurrió durante la evolución del fenómeno que estudian. Estas características hacen a esta herramienta valiosa, ya que dentro de un enfoque didáctico adecuado se puede centrar, la mayor parte de la actividad experimental en dos

aspectos o puntos esenciales: promover que los estudiantes comprendan la evidencia en Ciencia, por tanto a que comprendan lo que hacen, por qué lo hacen y la relación que esto tiene con el fenómeno que estudian; el análisis e interpretación del gráfico.

La comprensión de la evidencia en Ciencias no es la única dificultad del análisis general de una experiencia. Existe un número considerable de investigaciones (Mokros, 1987; McDermott y otros, 1987; Brasell, 1987, Beichner, 1990, 1994), que señalan las distintas dificultades que tienen los estudiantes con el análisis e interpretación de gráficos. En este sentido Fernández, Oro y Pintó (1996) resumen de forma muy clara algunas de ellas, bajo los siguientes epígrafes:

- Conservación de la forma de una función creciente en todas las condiciones.
- Confusión icónica.
- Confusión de variable.
- Confusión entre la pendiente y el valor más alto de la ordenada.
- Dificultades en interpretar el área bajo una curva.
- Errores en el cálculo de la pendiente
- Dificultades en la consideración del carácter vectorial de las magnitudes en cinemática.

En cuanto a los señalamientos precedentes, las conclusiones de algunos trabajos (Trumper 1997, Svec, 1999), aplicadas al estudio de la cinemática para estudiantes de secundaria con MBL, demuestran que el uso de esta herramienta mejora la capacidad de los estudiantes en cuanto al análisis e interpretación de gráfica, específicamente en:

- Calcular la pendiente de una curva.
- Interpretar cualitativamente la pendiente de una curva.
- Interrelacionar los resultados de dos o más gráficas.
- Interpretar cualitativamente las curvas d-t, v-t, a-t.

En igual forma, otros investigadores (Thornton y Sokoloff 1990, 1997; Solomon et al., 1991; Settlage 1993, Redish, Saul y Steinberg, 1997) han encontrado mejoras en el análisis e interpretación general de un gráfico relacionado con la comprensión de conceptos en particular (Fuerza, velocidad, aceleración, luz).

Según Roth y MacGinn (1997), el éxito encontrado al usar MBL como una herramienta para mejorar la comprensión de los estudiantes en el análisis e interpretación de las representaciones gráficas se debe, a que esta herramienta hace que la gráfica dentro del contexto de trabajo de una experiencia sea el principal medio de comunicación entre los estudiantes. Pues estos la usan, como un objeto hablan sobre ella y la consideran una fuente de elementos de comunicación.

Por tanto, a modo de conclusión en este sentido, el análisis e interpretación de gráficos, podemos decir que el uso de MBL facilita a los estudiantes:

- Describir un evento a partir de un gráfico.
- Establecer relaciones entre las observaciones y la forma de una gráfica.
- Tomar consciencia del papel de un cambio de escala al momento de analizar en detalle una representación gráfica.
- Repetir la toma de datos y describir las relaciones entre variables.
- Hacer cambios en las condiciones iniciales de la toma de datos y constatar como los mismos afectan el fenómeno a través de las comparaciones entre las distintas representaciones gráficas obtenidas.
- Describir relaciones entre variables y modelos.
- Etc.

En resumen, fundamentándome en todo lo anterior puedo afirmar que el uso de Experimentos en Tiempo Real, dentro del trabajo experimental, podría ayudar a los estudiantes a adquirir las habilidades prácticas necesarias y a la vez comprender las distintas formas de utilizarlas al analizar e intentar comprender la evidencia en Ciencias.

Antes de terminar es necesario hacer hincapié en que los distintos aspectos señalados a lo largo de este capítulo, prueban que la relación *Enfoque didáctico/Características de los Experimentos en Tiempo Real* constituye una herramienta de enorme potencial para promover que los estudiantes participen activamente en la construcción de su conocimiento. Por tanto, la reflexión y crítica constante del docente sobre lo que hace con sus estudiantes y el resultado de lo mismo es clave.

SEGUNDA PARTE

**¿CÓMO USA UN GRUPO DE PROFESORES DE FÍSICA MBL EN LA
ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN SECUNDARIA?**

CAPITULO 4

METODOLOGÍA

La cuestión a la cual pretendemos dar respuesta en esta investigación, gira en torno a una situación específica, compleja y real. Es compleja porque intervienen en ella un número considerable de variables que no pueden ser definidas, controladas o que posiblemente no están previstas (estudiantes con distintas características e intereses, infraestructura no apropiada, intereses y visiones del profesor sobre el modo de enseñar muy particulares, etc.). Es específica porque pretende analizar la actuación de un grupo de profesores, al intentar reemplazar herramientas tradicionales muy conocidas, como el termómetro y el metro, por herramientas informáticas (software y hardware) que hacen gala de mayor eficacia y eficiencia y sobre todo del título, *Nuevas Tecnologías*.

Todo lo anterior descarta, por tanto, el uso de una metodología de tipo cuantitativo y mira de manera privilegiada hacia las metodologías cualitativas. Según Stake (1998), este último tipo de metodologías se caracteriza por promover una comprensión profunda del fenómeno que se estudia. Y ese es nuestro objetivo, intentar comprender de manera profunda la situación descrita en el párrafo anterior.

Debido a lo precedente fue que elegimos, de entre el conjunto de metodologías cualitativas existente, el *Estudio de casos* como la metodología a utilizar, pues, facilita el *examen/estudio* (Denny 1978 en Guba y Lincoln, 1981; Walker, 1983; Ying, 1987), a profundidad de situaciones o realidades singulares en busca de comprenderlas, sin perder la riqueza de su complejidad (Ying, 1987).

Según Martínez Sánchez y otros (1995), los estudios de casos tienen las siguientes características:

- El caso supone un “*ejemplo particular*”, como unidad individual, ya sea un individuo, una organización, un programa, un fenómeno o acontecimiento, etc., delimitado en un contexto temporal y geográfico, con integridad fenomenológica, donde se muestra la estabilidad interna y situado en un marco teórico determinado.
- Exige un “*examen holístico intensivo y sistemático*”, que requiere de un exhaustivo estudio y análisis para llegar a una comprensión global y profunda.
- Necesita de la “*obtención de información*”, desde múltiples perspectivas, la comprensión del caso será más precisa en la medida que las perspectivas de análisis sean diversas.
- Implica la “*consideración del contexto*”, en la que la consideración de las variables que definen la situación resulta imprescindible.
- Precisa de un “*carácter activo*”, donde la concepción dinámica desde el análisis de las interacciones que se producen en una situación determinada cobra especial relevancia.
- Se constituye en “*estrategia*” encaminada a la “*toma de decisiones*”, la potencialidad de esta metodología radica en su capacidad de generar descubrimientos para proponer iniciativas de acción.

Es claro, entonces, que la metodología de *Casos*, es el medio o instrumento que nos permitirá estudiar las variables que dan significado a la *interacción/relación* profesor-MBL dentro del contexto del trabajo experimental, con un grupo de estudiantes y, reflexionar sobre esta situación (Schulman, 1986). Es decir, de manera más específica, con el uso de esta metodología pretendemos poder reflexionar sobre los distintos aspectos que caracterizan la forma en que cada profesor enfoca el trabajo experimental con MBL, promueve el análisis e interpretación de los gráficos con esta herramienta, etc., a través de la metodología de *Estudio de Casos*.

Estructura de los casos

Con la finalidad de que cada *caso* refleje los aspectos o elementos más relevantes de las distintas situaciones analizadas, la de cada profesor, sus limitaciones o dificultades y que a la vez den respuesta a la cuestión a investigar, se decidió que en cada uno se debía:

- Describir los instrumentos utilizados para la recopilación de los datos (observación, vídeos, entrevistas, etc.).

- Presentar información general sobre cada profesor: tipo de formación, experiencia docente, experiencia con el manejo y uso de MBL dentro de la Enseñanza de la Física y nivel de aceptación de la propuesta.
- Describir las condiciones dentro de las cuales se puso en práctica el uso de MBL (técnicas, físicas y subjetivas): número de ordenadores y situación, disposición de materiales, características de los estudiantes y número, planificación y gestión del trabajo experimental, tiempo disponible, etc.
- Describir la forma en que cada profesor presentó MBL a estudiantes que nunca antes habían usado esta herramienta y la forma en que la usó como herramienta informática; describir la forma en que el profesor enfocó el trabajo experimental con MBL; y describir la forma en que el profesor usó las facilidades del software de MBL para el análisis de la experiencia.
- Presentar conclusiones.

4.1 Diseño de la investigación

En este apartado definiremos en primer lugar, las características más relevantes de la muestra de esta investigación y las fuentes de información en lo que a la recogida de datos se refiere. En segundo lugar, el procedimiento seguido para el análisis de la información obtenida.

4.1.1 Muestra

La muestra estuvo formada por 7 profesores de secundaria, que impartían clases de Física, interesados en usar MBL y que deseaban colaborar con esta investigación. Algunos de estos profesores tenían experiencia con el uso de esta herramienta en sus clases, mientras otros debieron aprender a usarla. Resumiendo tenemos:

- Dos profesores sobre los 45 años, que han usado esta herramienta en sus clases desde hace 5 años, por tanto tienen mucho interés en la misma.
- Un profesor en sus 50 años, con una experiencia de dos años en el uso de MBL en sus clases. Este profesor ha impartido cursos de formación a profesores en servicio, acerca del trabajo experimental, dentro de un enfoque de enseñanza por descubrimiento.
- Tres profesores sin experiencia en el uso de MBL, los cuales fueron formados en el uso de esta herramienta para esta investigación.

El grupo de profesores, sin experiencia en el uso de MBL, en sus clases de Física (con una experiencia docente de entre 6 y 15 años), usó esta herramienta con grupos-clase de 15 a 25 estudiantes. La razón *número de estudiantes – número de ordenadores* no fue la más apropiada en la mayoría de los casos, para el desarrollo de la actividad experimental con MBL.

El grupo de profesores con experiencia en el uso de MBL en sus clases de Física (con una experiencia docente de entre 15 a 25 años), usó esta herramienta con grupos-clase de 6 a 18 estudiantes.

Todos los profesores expresaron su aceptación de la propuesta que se les hizo sobre el uso de MBL dentro de la actividad experimental en Física.

La mayoría de los profesores (5 de 6) desarrolló experiencias que trataban el tema de Energía, con estudiantes de edades comprendidas entre los 15 y los 16 años. Sólo uno de los profesores de la muestra usó el MBL dentro de un tema distinto, la Cinemática, con estudiantes de edades comprendidas entre los 13 y los 14 años.

Las experiencias en tiempo real, con MBL, fueron llevadas a cabo con estudiantes que nunca antes habían utilizado herramientas informáticas en sus clases de Física, pero que estaban acostumbrados a usar ordenadores y software comunes. Los equipos MBL usados por los profesores, fueron prestados, cuando los centros no disponían de los mismos.

4.1.2 Formación de los profesores de la muestra en el uso de MBL

Como ya hemos señalado los profesores de esta muestra se caracterizan por estar formada por profesores con experiencia y profesores sin experiencia en el uso de MBL. Por tanto en este apartado detallaremos la formación dada a ambos tipos de profesores.

4.1.2.1 Formación de los profesores sin experiencia en el uso y manejo de MBL en sus clases

Con el objetivo de familiarizar a los profesores que utilizaban por primera vez el MBL, en un periodo de seis meses y antes del uso de esta herramienta con los estudiantes, en el trabajo

experimental, se llevaron a cabo 4 sesiones de formación en la universidad. Estas sesiones de formación fueron reforzadas con la asistencia a los respectivos centros de trabajo de cada profesor.

Las sesiones de formación tenían como objetivo que los profesores:

- *Adquirieran habilidad en el uso de MBL.*

Con esta finalidad, se diseñaron actividades en donde los profesores debían interactuar con MBL y sus distintos componentes, al usarlos y manejarlos. Estas actividades fueron desarrolladas en tres sesiones. En una primera sesión se presentó la herramienta y sus distintas partes, así como las características, el uso y función de cada una de estas partes y como se relacionan entre ellas. A continuación se procedió a describir como las distintas propiedades de esta herramienta se convertían en ventajas dentro del trabajo experimental en Física. Esto último se llevó a cabo a través de demostraciones de cómo se usaba MBL, para ello se hizo uso de una serie de experiencias previamente montadas y preparadas para esta ocasión. En la segunda y tercera sesión, los profesores tuvieron la oportunidad de interactuar directamente con la herramienta al usarla en el desarrollo de tres experiencias, previamente preparadas para este fin. En el desarrollo de estas experiencias los profesores tenían que hacer uso de las distintas opciones del software y el hardware de la herramienta.

- *Conocieran y comprendieran el enfoque didáctico propuesto para el uso de MBL.*

Durante las sesiones anteriormente descritas se les facilitó a los profesores documentos que contenían:

- a. Algunas recomendaciones prácticas para optimizar el uso de la tecnología MBL con estudiantes de secundaria las cuales, estaban centradas en tres aspectos: el uso de MBL como herramienta informática, el enfoque didáctico dentro del cual se proponía usar esta herramienta y la forma de usar MBL para el análisis e interpretación de las gráficas obtenidas. Para más detalles ver Anexo 1.
- b. Los guiones de práctica de las tres experiencias propuestas: Equilibrio térmico, Dispersión de la Energía y Disipación de la energía en un dispositivo mecánico. Para más detalles ver

Anexo 2. Cada uno de los guiones contenía los apartados que supone el plantear el trabajo experimental, como un ciclo de aprendizaje. Esto último tal como hemos detallado en el capítulo 2, en la primera parte.

En una sesión posterior, previamente concertada, se discutieron los aspectos que necesitaban ser aclarados, respecto a los documentos facilitados. Para ello en primer lugar se explicó y posteriormente se discutió el uso de MBL como herramienta informática, el enfoque didáctico propuesto dentro del trabajo experimental, el uso de MBL para el análisis e interpretación de gráficos y los guiones de práctica.

- *Se familiarizaran con las experiencias propuestas.*

Para lograr este objetivo, los profesores fueron alentados a ensayar con el equipo, al realizar las experiencias, antes de desarrollarlas con los estudiantes durante la actividad experimental. Es necesario señalar, que con el objetivo de apoyar a los profesores en este proceso de familiarización se instalaron uno o dos equipos MBL en sus respectivos institutos y, se ofreció a cada uno la posibilidad de pedir ayuda (técnica o acerca del enfoque didáctico) cuando lo creían conveniente o necesario.

Por último, las sesiones de formación fueron complementadas con la asistencia a los respectivos institutos para ayudar a los profesores a:

- Preparar el hardware (cuándo era necesario).
- Preparar el software (cuándo era necesario).
- Clarificar cualquier aspecto de las recomendaciones que necesitase ser aclarado.
- Clarificar cualquier aspecto u apartado de los guiones de práctica que necesitase ser aclarado.

4.1.2.2 La Formación de los profesores con experiencia previa en el uso y manejo del MBL en sus clases

Los profesores con experiencia en el uso y manejo de MBL, no requirieron formación en cuanto al manejo y uso de MBL. Pero, en cambio si era necesario que conocieran y comprendieran el

enfoque didáctico dentro del cuál se proponía usar MBL, con estudiantes de secundarias, así como que se familiarizaran con las experiencias propuestas y sus respectivos guiones de prácticas. Con este objetivo en mente, se les entregó la misma información que se entregó a los profesores sin experiencia, en el uso de MBL y seguido se procedió tal como se describió en el apartado anterior.

4.2 Fuentes de Información

La metodología de Casos, utiliza distintas fuentes de información o técnicas de recogida de datos, que son compartidas por otros métodos de investigación preocupados por comprender y descubrir la naturaleza y los procesos que dan significado al objeto de estudio (Ying, 1987). Por tanto, esta metodología puede llegar a utilizar cómo fuentes de información: la observación, la entrevista, las grabaciones audio-visuales, notas de campo y la negociación de los productos (Marcelo y otros, 1991). En esta investigación, las fuentes de información utilizadas, fueron la observación, la grabación audio-visual y la entrevista previa y post.

4.2.1 Observación

Para dar respuesta a la cuestión a investigar, elegimos cómo técnica de recogida de datos la *observación*, ya que la misma nos facilitaba *contemplar* o *advertir/identificar* sistemática y detenidamente las acciones o forma en que los profesores de nuestra muestra, usaron MBL dentro del contexto del trabajo experimental.

La observación, puede ser considerada, según Del Rincón y otros (1995), como un método de investigación y como una técnica de recogida de datos. En el primer caso sigue los pasos o fases del método científico (sirve a un objetivo, debe ser planificada sistemáticamente, debe adecuar la estrategia de análisis en función del objetivo, etc.); en el segundo caso, sirve cómo fuente de información complementaria a otras fuentes de recogida de datos, estando subordinada a las directrices de una metodología de investigación diferente. En esta investigación, *la observación* fue utilizada como técnica o fuente de información y estuvo subordinada a la metodología de casos.

Las *acciones o forma* en que cada profesor de la muestra, usaba MBL dentro de la actividad experimental, constituyeron nuestro *objeto de observación*.

Para llevar a cabo las observaciones y obtener de ellas la información que se requería, lo primero que se hizo fue elaborar los *criterios* que las orientarían. Se decidió que los mismos debían ser coherentes con las recomendaciones dadas a los profesores sobre el uso de MBL con estudiantes de secundaria (Anexo 1) y que se fundamentan en el marco socio-constructivista de los aprendizajes (Capítulo 2). Es decir, era necesario traducir en acciones observables dichas recomendaciones. Con esto en mente, se elaboraron las *Intenciones didácticas* (Pintó, Pérez, Gutiérrez, 1999).

Las intenciones didácticas correspondientes al uso de MBL, están centradas en tres categorías: la forma de usar MBL como *Herramienta Informática* (HI); la forma de enfocar el *Trabajo Experimental*, con MBL, con estudiantes de secundaria (TE); la forma de usar MBL para el *Análisis e Interpretación de Gráficos* (GR). Todas estas recomendaciones no son específicas del trabajo con MBL, sino del trabajo experimental en general y son presentadas en las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3.

Estas intenciones didácticas están desglosadas de la forma siguiente:

- **Primera columna:** Objetivos que se pretende que *los estudiantes consigan* y los argumentos que justifica él porque de tales fines.
- **Segunda columna:** *Acciones* que se pretende que los *profesores realicen* y que se encuentran reflejadas en las recomendaciones práctica para optimizar el uso de la tecnología MBL con estudiantes de secundaria.

TABLA 4.1
INTENCIONES DIDÁCTICA SOBRE LA FORMA DE PRESENTAR MBL COMO HERRAMIENTA INFORMÁTICA (HI)

ITEM	Objetivos a ser logrados por los estudiantes y sus justificaciones	Acciones que se esperan que los profesores realicen
HI 1	<i>Construir un modelo o imagen mental del funcionamiento de MBL.</i> El uso de MBL, como el de cualquier otra herramienta, requiere tener un modelo o imagen, aunque sea muy elemental, de su funcionamiento.	Identificar, en una sesión previa al trabajo experimental, los distintos elementos que forman esta herramienta (Software y hardware) y dar una visión global del uso y de la función de los mismos. Así como también explicar en qué situaciones y en que condiciones los sensores deben ser usados para recolectar datos en una experiencia.
HI 2	<i>Comprender que MBL es una herramienta y, que por tanto, tiene la misma función que las herramientas tradicionales, servir de instrumento de medida, pero, que es más precisa y sensible al momento de tomar datos.</i> El uso de una herramienta informática, cómo MBL, en el trabajo experimental, puede crear falsas expectativas. Por ejemplo, se pueden tener concepciones erróneas, cómo que los ordenadores nunca fallan y que el sólo usarlos es garantía de llevar a cabo la experiencia perfecta. En consecuencia, se debe hacer hincapié en que el trabajo experimental con MBL no es garantía de resultados correctos, precisos o adecuados, así como tampoco se le debe adjudicar funciones especiales a esta herramienta más allá de las que realmente tiene.	Programar una actividad, donde se compare la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, etc.) con la función y sensibilidad de MBL. Realizar experiencias con MBL, donde el uso de sensores este justificado debido a su alta sensibilidad o por que es necesario invertir largos o cortos periodos de tiempo en el proceso de medición.
HI 3	<i>Familiarizarse con el software y hardware de MBL para la realización del trabajo experimental.</i>	Promover actividades donde se usen las distintas potencialidades u opciones del software y del hardware de MBL.

TABLA 4.2
INTENCIONES DIDÁCTICA SOBRE CÓMO ENFOCAR EL TRABAJO EXPERIMENTAL CON MBL CON ESTUDIANTES DE SECUNDARIA (TE)

ITEM	Objetivos a ser logrados por los estudiantes y sus justificaciones	Acciones que se esperan que los profesores realicen
TE1	<i>Comprender que los fenómenos que son parte del entorno cotidiano, no están alejados de los fenómenos o conceptos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.</i> Es una forma de motivar hacia la búsqueda de explicaciones científicas y, a su vez, promover un aprendizaje significativo.	Plantear la experiencia situando el fenómeno a estudiar dentro del contexto cotidiano. Utilizar los sensores para estudiar fenómenos familiares y complejos.
TE2	<i>Construir una representación mental de la actividad experimental a realizar.</i> Se busca con ello promover la regulación del propio aprendizaje e involucrar al estudiante en la actividad.	Plantear las experiencias, con MBL, de modo que: No sólo se sigan instrucciones, sino que se busque responder un interrogante; se tenga claro qué información se obtendrá con la realización del trabajo experimental; se esté enterado de lo que se espera se haga durante el desarrollo de la actividad experimental.
TE3	<i>Hacer explícitas las ideas previas sobre el fenómeno a estudiar al predecir, ya sea de forma verbal o escrita, lo que ocurrirá. ¿Qué piensas que va a ocurrir?</i> Hacer predicciones, se propone como una forma de recuperar las ideas previas sobre el fenómeno a estudiar con el objetivo de promover un cambio o evolución en las mismas.	Promover que se: Realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener antes de la toma de datos; discutan las predicciones realizadas; confronten las predicciones realizadas con los resultados y con el marco teórico de referencia.
TE4	<i>Ser capaz de analizar y comprender el papel de las variables que afectan el fenómeno que se estudia.</i> El análisis de los resultados que se obtengan, desde el marco teórico que los explica puede ayudar en la construcción del conocimiento científico.	Promover que se cuestionen y discutan, los resultados de los cambios realizados a los parámetros que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?.
TE5	<i>Ser capaz de aplicar el nuevo conocimiento a otras situaciones.</i> Se busca con ello consolidar los nuevos conceptos y reorganizar las ideas.	Proponer actividades que lleven a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de la vida diaria.
TE6	<i>Ser capaz de expresar las ideas a través del uso de una terminología científica apropiada.</i> Con ello se busca la reestructuración del conocimiento adquirido en torno al uso de un lenguaje adecuado.	Proponer que se hagan informes o descripciones orales donde se tenga que diferenciar el uso del lenguaje científico, del uso del lenguaje del ordenador. Estas descripciones serán producto de la experiencia.
TE7	<i>Ser capaz de discutir y confrontar las ideas con otros.</i> La interacción con otros, en torno a un nuevo conocimiento, es una vía para construir o reconstruir los modelos explicativos que se manejen.	Animar constantemente y en todo momento la interacción estudiante-estudiante y estudiante-profesor.

TABLA 4.3
INTENCIONES DIDÁCTICA SOBRE CÓMO USAR MBL PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE GRÁFICOS (GR)

ITEM	Objetivos a ser logrados por los estudiantes y sus justificaciones	Acciones que se esperan que los profesores realicen
GR1	<i>Comprender que la gráfica mostrada en la pantalla del ordenador, es una representación de la evolución del fenómeno. Si no se logra que se comprenda esta relación, se puede llegar a creer que la gráfica que aparece en la pantalla del ordenador no corresponde al fenómeno real que se estudia en ese momento, sino que corresponde a una situación simulada o virtual.</i>	Dirigir la atención hacia dos hechos casi simultáneos: - La evolución del fenómeno durante la toma de datos. - La gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.
GR2	<i>Ser capaz de interpretar la información que proporciona un conjunto de datos, a través de la multi – representación de los mismos. Con ello se pretende que se mejore la habilidad en la “interpretación de gráficas”. Explorar los resultados de los cambios de escala, permite ver la información obtenida desde diferentes perspectiva, a su vez también puede promover la reversibilidad de pensamiento y la flexibilidad de razonamiento.</i>	Promover: - La comparación de la tabla de datos obtenida, con la gráfica que los representa. - La realización de cambios de escala de los ejes del gráfico y que se analice como esos cambios afectan al trazado del gráfico obtenido. - La discusión de los resultados de las anteriores acciones.
GR3	<i>Aclarar las ideas sobre los efectos de los cambios que se realicen a algunos parámetros o variables a través de la repetición de la toma de datos. Optimizar la experiencia, con una mejor y más rápida toma de datos, ayuda a mejorar la capacidad de análisis de los factores significativos de los resultados obtenidos y de las variables que realmente afectan el fenómeno.</i>	Proponer que se repita la experiencia para optimizar el trazado del gráfico. En este sentido se puede promover que se varíen los settings (cambios en los valores iniciales de las variables, en el rango de medida de los ejes, etc.) y algunas características del montaje experimental. Es necesario que discutan los resultados a dichos cambios.
GR 4	<i>Ser capaz de diferenciar los puntos relevantes de los no significativos en una representación gráfica. Con ello se espera que se comprenda como afecta a la experiencia la sensibilidad de la herramienta; que se diferencie la forma de la gráfica de la tendencia general y de los ruidos de fondo o errores experimentales, debido a la identificación del modelo teórico en los resultados obtenido.</i>	Provocar discusiones para interpretar las gráficas obtenidas en las que los ruidos afectan la comprensión de la tendencia global del gráfico específico. Dirigiendo dichas discusiones hacia la identificación del modelo teórico.
GR5	<i>Ser capaz de realizar el análisis cuantitativo de una gráfica. Con ello se pretende dar inicio a actividades elementales que lleven a la modelización matemática.</i>	Al finalizar la toma de datos, solicitar que se analice el gráfico usando las diferentes opciones de MBL para que se obtengan las coordenadas de los puntos más relevantes de la gráfica (puntos máximos, puntos mínimos, valores iniciales de los parámetros, etc); se determine la pendiente en un punto; se determine el área bajo la curva; se aproxime la gráfica a una función matemática, etc.

Las acciones que se pretendía que los profesores realizaran, plasmadas en las *Intenciones didácticas*, facilitaron seguir la actuación de estos durante la actividad experimental, con respecto a tres aspectos distintos: *La presentación o introducción de la herramienta*, *El enfoque del trabajo experimental* y *El análisis e interpretación de los datos*. Dichas acciones se tradujeron en cuestiones (Tabla 4.4) y las respuestas a las mismas eran buscadas durante la interacción del profesor con MBL al desarrollar el trabajo experimental.

TABLA 4.4

Criterios/Cuestiones de Observación		
Presentación de la Herramienta	Enfoque del Trabajo Experimental	Análisis e interpretación de los datos
<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo presenta la herramienta? ¿Qué dice sobre los elementos que forman MBL? ¿Cómo explica el hecho de que se usa MBL dentro de la actividad experimental? - ¿Cómo compara la función y precisión de las herramientas tradicionales con la función y sensibilidad de MBL? - ¿Cómo promueve que los estudiantes se familiaricen con las características de la herramienta y con las distintas opciones de su software? 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo presentó el fenómeno a estudiar? - ¿Cómo planteó la experiencia a realizar? ¿Qué dijo a los estudiantes sobre la actividad experimental a realizar? - ¿Cómo presentó las predicciones? ¿Cómo promovió que los estudiantes hicieran las predicciones? ¿Qué promovió que se hiciera con las predicciones realizadas? - ¿Cómo promovió el análisis de los resultados? - ¿Cómo promovió que los estudiantes extendieran los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de la vida diaria? - ¿Cómo promovió que los estudiantes hicieran informes sobre la experiencia realizada? 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo promovió que los estudiantes establecieran la relación <i>representación gráfica/fenómeno</i>? - ¿Cómo promovió que los estudiantes usaran MBL para el análisis e interpretación de los datos?

Con el objetivo de registrar, más fácilmente las indicaciones, comentarios, etc., del profesor al usar MBL, durante el trabajo experimental, en cuanto a los tres aspectos arriba señalados, nos apoyamos en la mayoría de las ocasiones, con grabaciones en cinta de audio. Se hace difícil tomar notas y a la vez prestar atención a la actuación del profesor.

4.2.2 Grabación Audio-Visual

En algunas ocasiones, como técnica de recogida de datos, usamos la grabación en vídeo, es decir grabamos las sesiones del trabajo experimental con MBL, gracias a la buena disposición de los profesores implicados. Ello supone el visionado de dichos vídeos para el análisis de los datos. Para obtener la información requerida, utilizamos los mismos *criterios* (Tabla 4.4), que se usaron para el análisis de las observaciones durante la actividad experimental.

Antes de continuar, es necesario señalar que el introducir una cámara de vídeo en el laboratorio de Física, en secundaria, no produjo mayores dificultades, pues en primer lugar, la mayoría de los estudiantes parecían ignorarla y en segundo lugar, la atención de éstos estaba centrada mayormente en el equipo informático (MBL). En cuanto a los profesores, su foco de interés estaba centrado, en gestionar los distintos aspectos de la actividad experimental: el equipo MBL, que los estudiantes realizaran la experiencia, en gestionar la actividad experimental, etc. Por tanto, la mayoría de las veces la cámara de vídeo pareció pasar desapercibida para los integrantes de la clase. Lo que no quita que hubiera uno que otro estudiante interesado en lo que se pretendía al grabar las sesiones de trabajo experimental o en hacer piruetas frente a la cámara.

4.2.3 Entrevistas

Según Patton (1990), las entrevistas constituyen una fuente de significado y complemento para la observación, pues gracias a ellas se pueden describir e interpretar aspectos que no pueden ser detectados a través de la observación: intenciones o pensamientos, sentimientos o sucesos ocurridos con anterioridad al momento o situación de estudio. Esto hace que esta técnica o fuente de información, sea muy usada dentro de la investigación educativa.

Las entrevistas realizadas a los profesores, en esta investigación se realizaron en torno a dos momentos diferentes: antes y después del trabajo experimental.

La entrevista realizada a los profesores antes del trabajo con MBL, se llevó a cabo siguiendo el protocolo presentado en el anexo 3 y las mismas eran grabadas en cintas de audio. El objetivo de esta entrevista era conocer las impresiones o visiones de los profesores sobre MBL, las

recomendaciones, los guiones de prácticas y la forma en que iban a planificar el uso de dicha herramienta. Así, cómo también, obtener información sobre su experiencia como profesor, formación, etc.

En cuanto a las entrevistas realizadas después de la puesta en práctica de MBL estas se elaboraban en función de los aspectos más relevantes o significativos, que se buscaban comprender, de la forma en que los profesores usaban la herramienta, razón por la cual no había un protocolo fijo. Es decir, se pretendía conocer el porqué o el motivo de determinadas acciones que el profesor llevaba a cabo y, que durante el desarrollo del trabajo experimental no eran claras.

4.3 Análisis de los datos

El análisis de los datos obtenidos a través de las distintas técnicas de recogida de datos, descritas arriba, se llevó a cabo mediante técnicas cualitativas, que al disponer de distintas fuentes de información posibilitó su triangulación.

El proceso de triangulación se fundamenta en el análisis de un mismo fenómeno o problema, donde se contrastan diferentes visiones u opiniones de un grupo de investigadores, diferentes fuentes de datos, metodologías, etc., con la finalidad de llegar a conclusiones válidas. Ello quiere decir, que si las conclusiones e interpretaciones resultado, por ejemplo del contraste de diferentes fuentes de información son distintas esto obliga a los investigadores a buscar más elementos o evidencias que respalden sus resultados.

En esta investigación la triangulación se ha hecho entre dos tipos:

- Fuentes de datos distintas
- Juicio de expertos

A continuación describimos cada uno de los pasos realizados previo al proceso de triangulación.

4.3.1 Reducción o selección de la información

El primer paso para triangular los resultados fue la reducción o selección de la información con la cual se iba a trabajar. Se procedió a sacar de cada una de las fuentes, los datos que daban respuestas a las cuestiones de la Tabla 4.4 (Apartado 4.2.1) para cada profesor. Es decir, por ejemplo, en el visionado de videos sólo se tomó apunte de aquellas acciones o expresiones del profesor que respondían a las cuestiones contenidas en la tabla 4.4 o daban significado a su forma de usar la herramienta.

Con el objetivo de asegurar que la selección de la información se realizó de forma adecuada, el paso siguiente fue comparar, para cada profesor, los datos que las distintas fuentes proporcionaron (Entrevista, Observación o Grabación audio-visual), con los criterios de observación elaborados (Tabla 4.4) como una forma de *comprobar/asegurar* que la información con la que se iba a trabajar daba respuesta a dichos criterios y se mantenía, es decir no había cambiado del primer visionado, al segundo visionado. Producto de esta tarea, se obtuvo un conjunto de datos específicos dentro de las categorías a analizar para cada caso (profesor): Forma de usar MBL como herramienta informática, Forma de enfocar el trabajo experimental con MBL y forma de usar MBL para el análisis e interpretación de gráficos.

4.3.2 Redacción de las Historias o Casos

Después de haber seleccionado la información, en función de los criterios previamente establecidos, se procedió a la redacción de cada historia o caso, es decir, a describir la actuación de los profesores al usar MBL durante la actividad experimental. En este proceso de redacción, se tomó como *patrón* la *estructura de los casos* previamente elaborada y que establecía los elementos que debían constituirlos presentada al inicio de este capítulo.

La redacción de los casos se caracterizó, porque los datos o hechos seleccionados de la *observación de la actividad experimental o del visionado de los vídeos*, eran complementados de manera continua con la información obtenida de las entrevistas. Es decir, si durante la observación, ciertas acciones del profesor llamaron la atención y si se le cuestionó al respecto durante la entrevista, entonces la respuesta del profesor era insertada en la historia que se redactaba. Un ejemplo concreto de esto, lo tenemos cuando una de las profesoras de la

muestra, permite que algunos grupos de estudiantes lleven a cabo las predicciones después de la toma de datos. Esta acción descontextualizada y sin elementos que la justifiquen puede llevar al lector de la historia a conclusiones erróneas. Es necesario, entonces, describir a través de la redacción el contexto en el cual se dio esta situación. En este caso, el contexto donde trabajaba la profesora estaba cargado de aspectos muy negativos, pues sólo disponía de dos ordenadores para 25 estudiantes y el desarrollo de la actividad iba contra el tiempo. Por tanto, es indispensable, introducir en la historia cómo la profesora justifica su actuación. Es esta la forma en que los elementos, datos o información que aporta *la entrevista* complementan la historia.

4.3.3 Elaboración del Perfil del profesor: Acciones o modos de usar MBL

Otro aspecto del análisis de los datos fue la elaboración del perfil del profesor, el cual es entendido, en esta investigación, como el conjunto de acciones o modos de usar MBL, dentro de las categorías antes señaladas (Forma de usar MBL como herramienta informática, Forma de enfocar el trabajo experimental con MBL y forma de usar MBL para el análisis e interpretación de gráficos.). Es decir, un perfil es un conjunto de acciones sacadas de la historia como elementos individuales, para evitar trabajar con elementos distractores. Con la finalidad de aislar o detectar de manera más fácil, aquellos aspectos de las recomendaciones que no fueron aceptados por los profesores.

El perfil de cada profesor fue elaborado con la ayuda de un instrumento diseñado para este objetivo (ICPAP-MBL). Este instrumento contiene la lista de acciones o actuaciones requeridas, desde nuestro punto de vista, para un uso adecuado de MBL. Todo lo referente a este instrumento será detallado en el capítulo a continuación.

4.3.4 Comparación de los casos

Lo siguiente fue comparar los distintos casos entre sí. Con el objetivo de encontrar similitudes o diferencias que nos permitieran señalar los aspectos generales que dificultan el uso de MBL dentro del trabajo experimental.

4.4 Conclusiones

Del análisis de los datos surgen conclusiones interesantes que nos permiten, señalar algunas de las dificultades enfrentadas por los profesores al usar MBL, así como también hacer algunas sugerencias para la formación de profesores de Física con la finalidad de promover un uso adecuado de esta herramienta.

CAPÍTULO 5

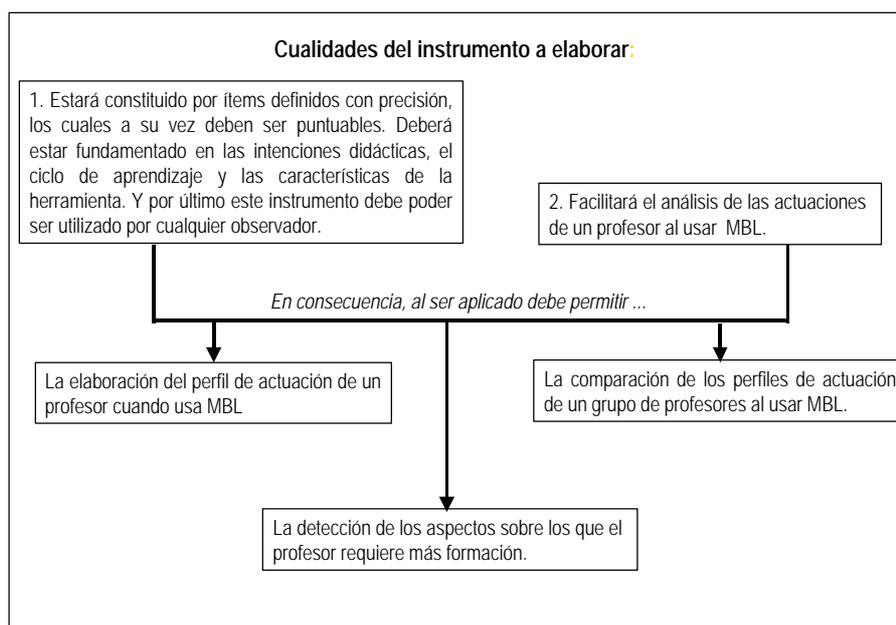
INSTRUMENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL DE ACTUACIÓN DE UN PROFESOR (A) AL USAR MBL EN LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LAS CLASES DE FÍSICA

Este capítulo, gira en torno a la descripción del instrumento que elaboramos con la finalidad de construir el perfil de actuación de los profesores de la muestra al usar MBL. Por tanto, presentamos a continuación las cualidades del mismo, la estructura que tiene, justificamos los distintos ítems que lo constituyen y describimos, además, la forma en que se elaboraran los criterios que han de utilizarse al momento de aplicarlo a cada caso o historia.

5.1 Instrumento para la construcción del perfil de actuación de cada profesor al usar MBL: *Objetivo*

Construir el perfil de actuación de cada profesor de la muestra, al usar MBL, tiene como finalidad separar del contexto descrito en cada caso, aquellos elementos que de forma específica y directa caracterizan la forma en que presentaron esta herramienta a estudiantes que nunca antes la habían usado en sus clases de Física; la forma en que enfocaron el trabajo experimental al usar esta herramienta; y la forma en que la usaron como herramienta informática y como herramienta que tiene muchas características idóneas para el análisis de los gráficos de una experiencia.

Los perfiles de actuación de cada uno de nuestros profesores representará una unidad o patrón de comportamiento, que facilitará su comparación. Esperamos con ello, poder identificar tendencias generales de actuación y los distintos aspectos en los que los profesores requieren mayor formación en cuanto al uso de MBL. Las cualidades que tendrá dicho instrumento son resumidas a continuación (Figura 5.1).



5.2 Estructura del instrumento

En el capítulo 4 (Metodología), hemos señalado los documentos o la información dada a los profesores de la muestra (Anexo 1, Anexo 2) y detallamos, a su vez las acciones que debían ser realizadas por ellos al usar esta herramienta a través de las *Intenciones didácticas* (Tablas 4.1, 4.1 y 4.3, apartado 4.2.1). Partiendo de todo esto, se diseñó un instrumento que nos permitiera construir el perfil de actuación de cada profesor al usar MBL. Este instrumento como se puede apreciar en la tabla 5.1 esta en paralelo con las intenciones didácticas, pues, las acciones específicas que caracterizan o representan nuestras recomendaciones sobre el uso de esta herramienta están contenidas en el mismo, bajo el epígrafe de ítems. Veamos en más detalle esta afirmación.

El instrumento que estamos describiendo fue bautizado con el nombre de: **Instrumento para la Construcción del Perfil de Actuación de un Profesor al usar MBL**. Con el objetivo de hacer más fluida la redacción al hacer referencia al mismo, es que hemos abreviado su nombre bajo las siglas: **ICPAP-MBL**. Dicho instrumento esta constituido por tres categorías de ítems (Ver Tabla 5.1):

- Conjunto de acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta.
- Conjunto de acciones o formas de enfocar el trabajo experimental con MBL.
- Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.

Como podemos apreciar la tabla 5.1, además de contener estas tres categorías con el respectivo conjunto de ítems que las representa, el ICPAP-MBL contiene tres niveles diferentes en tres casillas de entrada (Nivel 2, Nivel 1 y Nivel 0). Esto significa que la *actuación/interacción* de cada profesor debe ser colocada dentro de algunos de estos niveles al aplicar el ICPAP-MBL a su forma de usar la herramienta para cada categoría. Este aspecto de suma importancia, será aclarado más adelante. Por lo pronto, en las páginas a continuación pasamos a justificar cada uno de los ítems que forman cada una de las categorías señaladas arriba.

5.3 Justificación de los ítems que estructuran el ICPAP-MBL

En este apartado identificaremos y a la vez justificaremos el porqué de cada uno de los ítems que componen cada una de las categorías a analizar.

5.3.1 Conjunto de acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta.

Tal como hemos se señala en el anexo 1 es importante para el adecuado uso de MBL, dentro del trabajo experimental, que los estudiantes construyan una representación o modelo mental de su funcionamiento. Se busca que comprendan que la realización de actividades experimentales con esta herramienta informática, no es la única garantía de resultados correctos, precisos o adecuados, pues no trabaja sola, sino que su uso requiere del mismo esfuerzo que se requiere al usar herramientas tradicionales. Es decir, los estudiantes deben comprender que el éxito de una experiencia con MBL, al igual que en una experiencia con herramientas tradicionales, depende del empeño que pongan en lograr los objetivos que la caracterizan.

Es necesario que los estudiantes comprendan que MBL tiene ciertas propiedades que pueden usarse en beneficio del buen desarrollo de la actividad experimental, siempre y cuando se usen

adecuadamente. Por ello, al presentar por primera vez esta herramienta a un grupo de estudiantes el profesor debe:

- *P1: Identificar los elementos que conforman MBL.* Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc. Es decir, MBL no es sólo el ordenador o un sensor, sino la combinación de un grupo de elementos.
- *P2: Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL.* Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos. Por ejemplo, se puede decir a los estudiantes lo siguiente: El sensor capta una determinada señal, que es transformada mediante una interfaz en una señal más fácil de tratar. Dicha señal es relacionada a su vez a un conjunto de datos, los cuales son representados gráficamente a través del software. Con todo esto se espera que los estudiantes no vean, por ejemplo la gráfica en la pantalla del ordenador como producto de la magia o de acciones no reales.
- *P3: Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.* Esta es una de las características o propiedad más relevante de esta herramienta y el estudiante debe ser consciente de la misma desde el inicio de la actividad experimental, pues, es la que le permitirá/facilitará relacionar lo concreto (el fenómeno) con lo abstracto (su representación gráfica). Esta relación esta unida a la comprensión del fenómeno o concepto que se estudia, por tanto es esencial que el profesor llame la atención de los estudiantes sobre la misma.
- *P4: Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.* El uso de herramientas informáticas como instrumentos de medida, puede llevar a los estudiantes a adjudicarles funciones especiales que no tienen. Por lo que es necesario realizar estas comparaciones para que comprendan que su uso y función es el mismo que se le da a una herramienta tradicional, medir el valor

de magnitudes Físicas. Es decir, un sensor no tiene funciones especiales más allá que la de servir de instrumentos de medición. Estas comparaciones *MBL –herramientas tradicionales* son esenciales, pues, pueden ser uno de los medios al alcance del profesor para desmitificar el uso de MBL dentro de la actividad experimental.

5.3.2 Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL

Hasta el momento venimos defendiendo que el uso de MBL, más específicamente el uso de sus distintas propiedades, dentro de la actividad experimental, se transforma en beneficios para el proceso de enseñanza-aprendizaje cuando es usado dentro de un enfoque didáctico adecuado. El enfoque didáctico que proponemos tal como hemos señalado en el marco teórico, está basado en el marco socio-constructivista, con base en el cual también hemos elaborado los aspectos que están contenidos en los anexos 1 y 2. Por tanto, las acciones a realizar por el profesor dentro de esta categoría son:

- *TE1: Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano.* Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física. Desde las instancias educativas, este aspecto lleva varios años promoviéndose: hacer más accesible los fenómenos físicos o conceptos físicos a los estudiantes y ello es mejor partiendo de un contexto conocido para éstos.
- *TE2: Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.* Este aspecto tampoco es nuevo y está muy relacionado con la motivación de los estudiantes. La mejor forma de que los estudiantes se interesen por el aprendizaje es motivándolos hacia el mismo. Esto último puede lograrse planteándoles cuestiones o presentándoles actividades en forma de cuestiones o interrogantes que los interesen por lo que el profesor les propone hacer o estudiar en el aula. En consecuencia, los estudiantes se sentirán motivados a dirigir sus acciones a dar respuesta a dichos interrogantes. Por otro lado, estos interrogantes pueden presentarse de forma que supongan un conflicto cognitivo para los estudiantes y nazca de esta forma en ellos la necesidad de resolverlos.

- *TE3: Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.* Este ítem, en comparación con los dos anteriores resulta novedoso para los profesores. Se busca de esta forma que los estudiantes se apropien de los objetivos y puedan regular sus acciones con el fin de conseguir tales objetivos. En esta última década muchos han sido los autores (Jorba y Sanmartí, 1994) que han hecho hincapié en esta necesidad.

De lo dicho hasta el momento, en esta categoría, estos tres ítems están relacionados con el planteamiento de la actividad experimental, es decir con la forma de introducir las experiencias en los cursos de Ciencias. Es necesario, hacer hincapié, en que esperamos que los profesores de nuestra muestra cumplan al menos con los dos primeros, pues, no hacen referencia a conocimientos nuevos que deban integrar a los que ya tienen. Esto no quiere decir, que no esperamos que cumplan con el último de estos ítems, pero si que hay más probabilidad, desde nuestro punto de vista, que cada uno de nuestros profesores debido a su experiencia con la enseñanza, se hayan hecho con los dos primeros que con el último que podemos tachar de reciente, debido a su relación con la autorregulación de los aprendizajes.

- *TE4: Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes.* El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma. Este ítem, señala algo que a nuestro parecer un buen profesor siempre hace, pues una cosa es planificar las acciones a realizar en el aula y otra muy distinta que los estudiantes respondan a las mismas como se espera. Las acciones a realizar, según lo planificado, por los buenos profesores, se ven siempre sujetas a regulaciones continuas para atender a la diversidad y ritmos de aprendizaje de los estudiantes. Es como algo que surge en ellos de forma natural cuando están atentos a la evolución del aprendizaje de cada uno de sus estudiantes.
- *TE5: Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.*

Elaborar informes es cierto que no es algo nuevo, pero si lo es el conceder importancia al uso del lenguaje o terminología científica, dentro del aprendizaje de las Ciencias. Tal como se señala en el marco teórico se aprende Ciencia hablando Ciencia, es decir, las discusiones en torno a la actividad experimental debe estar basada en el uso de una terminología científica apropiada, de forma tal que poco a poco los estudiantes se hagan con la misma.

- *TE6: Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.* Este aspecto está bastante difundido desde las instancias educativas. Se busca con esto una aplicación de la Ciencia a la vida diaria tal como hemos señalado anteriormente.
- *TE7: Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno.* Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar aquello? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro? Este es uno de aquellos aspectos que se espera que un buen profesor lleve a cabo, dentro de la enseñanza de la Ciencia, pues es evidente que una actividad experimental debe promover que los estudiantes analicen el papel de las distintas variables que intervienen en el fenómeno. La pedagogía del descubrimiento, en boga en la década de los 60 y 70, popularizó tales objetivos.
- *TE8: Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.* Este aspecto en comparación de los últimos cuatro ítems presentados lo podemos tachar de novedoso, pues lleva al profesor a promover una discusión en torno a las ideas de los estudiantes sobre lo que ocurrirá, previo a la toma de datos. Es decir, el punto de partida tiene mucha relevancia ya que saca a flote las distintas ideas que éstos manejan sobre lo que ocurrirá al hacer que las formulen. Con ello también se busca promover la comprensión de lo que se va a hacer, lo que puede fomentar la autonomía personal del aprendiz. Por último, hay que resaltar la importancia del debate entre iguales y el debate general de clase con el profesor.
- *TE9: Promover que los estudiantes confronten sus predicciones con los resultados obtenidos y con el marco teórico de referencia.* Después de la toma experimental de datos, conviene

que los estudiantes los confronten con sus predicciones previas y también con los referentes teóricos sobre el tema. Sólo así podrán interpretarlos y a la vez comenzarán a ser conscientes de la idoneidad de sus ideas previas. MBL facilita este ir y venir en la construcción de conceptos científicos, a través de la discusión y la comparación. Este ítem, al igual que el anterior es catalogado como novedoso, dentro del instrumento, pues esta estrechamente relacionado con el planteamiento constructivista del trabajo experimental.

De estos últimos 6 ítems podemos decir que sólo los dos últimos, pueden ser nuevos para los profesores, ya que los primeros promueven acciones que han sido ampliamente difundidas dentro del ámbito educativo. Por tanto, no esperamos que los profesores carezcan, en un alto porcentaje, de los mismos. No siendo así con los dos últimos.

5.3.3 Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.

En igual forma que en las dos categorías anteriores, los ítems que forman esta categoría se ven respaldados por la información contenida en el marco teórico y en los anexos 1 y 2. Por tanto al usar MBL como herramienta informática y como una herramienta para el análisis e interpretación de gráficos el profesor debe:

- *HI1: Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc.* Con este ítem se pretende hacer hincapié en que el profesor debe planificar qué opciones o menús del software de MBL deben usar los estudiantes con el objetivo de optimizar al máximo el uso de esta herramienta.
- *HI2: Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.* Esta recomendación no es específica de las recomendaciones y por tanto, tampoco se encuentra dentro de las intenciones didácticas. Pero, es lógico que el uso apropiado de MBL por parte del profesor también debe estar relacionado al nivel de soltura que tenga del manejo técnico que tenga del software y hardware de esta herramienta.

- *GR1: Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.* En cuanto al análisis de gráficos esta es una de las ventajas fundamentales que se puede obtener de las distintas propiedades del uso de MBL. Se tiene la oportunidad de relacionar la forma del gráfico y sus puntos significativos con los momentos importantes de la evolución del fenómeno y que un profesor promueva que sus estudiantes realicen esta comparación, significa que ha comprendido la esencia del uso de esta herramienta.

- *GR2: Proponer el uso de determinadas opciones del menú del programa del software de MBL, que se está utilizando, que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.* En algunas ocasiones el gráfico obtenido, después de la toma de datos, no representa de forma adecuada el fenómeno que representa. Por ejemplo, pueden aparecer ruidos que afecten o interfieran con la interpretación del gráfico. Se hace necesario entonces, optimizar la visión del gráfico obtenido, para ello se puede promover que los estudiantes filtren los ruidos, cambien las escalas de los ejes o repitan la toma de datos. Es claro, que el profesor debe discriminar adecuadamente en este sentido, es decir, debe poder decidir cuando es mejor usar una u otra opción, pues, en muchas ocasiones el uso de todas las distintas opciones del menú no son necesarias. Esta es otra forma de comprobar si el profesor maneja la esencia del uso de MBL, las distintas opciones de sus menús se usan cuando es necesario y no de forma indiscriminada.

- *GR3: Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.* El uso de MBL tiene una función específica, dentro del análisis e interpretación de datos: promover en los estudiantes la comprensión abstracta del concepto. Es decir, utilizar el gráfico obtenido como un medio o herramienta para promover la comprensión del concepto o fenómeno que se estudia. La puesta en práctica de este aspecto, como los anteriores, señala el nivel comprensión que tiene el profesor del papel del MBL dentro de la actividad experimental.

- *GR4: Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos en tiempo real y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del*

fenómeno que se estudia. Esta acción es clara, se pide al profesor promover que sus estudiantes contrasten de forma explícita la gráfica experimental con la gráfica teórica. Podemos decir que esta es una de las ventajas primordiales del uso de MBL, pues permite dirigir una discusión hacia los distintos aspectos relacionados con las diferencias entre los casos ideas y los casos reales.

- *GR5: Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.* Hasta el momento la forma promovida del uso de MBL ha girado en su totalidad sobre el análisis cualitativo de un conjunto de datos, pero con esta herramienta también se puede promover que los estudiantes analicen el fenómeno que estudian de forma cuantitativa. Y por tanto, los profesores también deben aprovechar las propiedades de esta herramienta que ayudan a promover el análisis cuantitativo de un conjunto de datos, para que sus estudiantes de niveles superiores comprendan las características más relevantes de los parámetros significativos del mismo, se impliquen desde un inicio en las actividades de modelización matemática, incorporen las características generales de un fenómeno, y puedan conectarlo con otros, etc.

Como vemos cada uno de estos últimos aspectos son elementos nuevos, es decir acciones que los profesores tienen que integrar a su actividad diaria al usar MBL. Al tacharlos de novedosos nos fundamentamos en el hecho de que son acciones comunes de todo análisis de una experiencia, pero que la mayoría de las veces no se llegan a realizar por falta de tiempo o por falta de habilidad o dominio por parte de los estudiantes en el uso de determinadas técnicas (elaboración de una tabla de datos, construcción de un gráfico, cálculo de la pendiente de un gráfico, etc.). Por tanto, es en este sentido en que nos atrevemos a llamarlos nuevos.

5.4 ICPAP-MBL

TABLA 5.1
ICPAP-MBL

			PUNTUACIÓN		
			Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física					
P1		Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.			
P2		Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.			
P3		Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.			
P4		Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.			
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.			
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.			
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.			
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.			
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.			
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.			
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?			
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.			
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.			
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1		Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.			
HI2		Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.			
GR1		Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.			
GR2		Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.			
GR3		Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.			
GR4		Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.			
GR5		Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.			

5.5 Criterios para la aplicación del ICPAP-MBL

Los criterios que se utilizarán para valorar la actuación de cada uno de los profesores de la muestra al usar MBL, cuando se aplique el ICPAP-MBL, estarán constituidos por un conjunto de acciones distribuidas en tres niveles (Nivel 2, Nivel 1 y Nivel 0). Estos niveles son los mismos a los que se hace referencia en la tabla 5.1. Debido a que cada uno de estos criterios representará una acción determinada, se hará referencia a los mismos, de ahora en adelante con el nombre de: *Criterios-Acciones para la aplicación del ICPAP-MBL*. Cada uno de los niveles a valorar y que constituyen los *criterios –acciones*, es detallado a continuación.

El Nivel 2 estará constituido por todas las acciones que componen el ICPAP-MBL (Tabla 5.1) y que representan las recomendaciones dadas sobre el uso de MBL.

El nivel 1 estará constituido por el conjunto de *acciones más frecuentes*, que reflejan una aceptación parcial de las recomendaciones por parte de los profesores. Por tanto, este nivel será definido después de elaborados los casos. Es necesario señalar que cada una de los criterios-acciones que lleguen a constituir el nivel 1, serán analizados por otro experto, para comprobar que han sido convenientemente elegidos y por tanto, cumplen con la característica de *acción más frecuente* en los profesores al usar MBL.

El nivel 0 estará constituido por el conjunto de acciones que reflejen *la no aceptación*, por parte de los profesores, de las recomendaciones que representan cada uno de los ítems que constituyen el ICPAP-MBL.

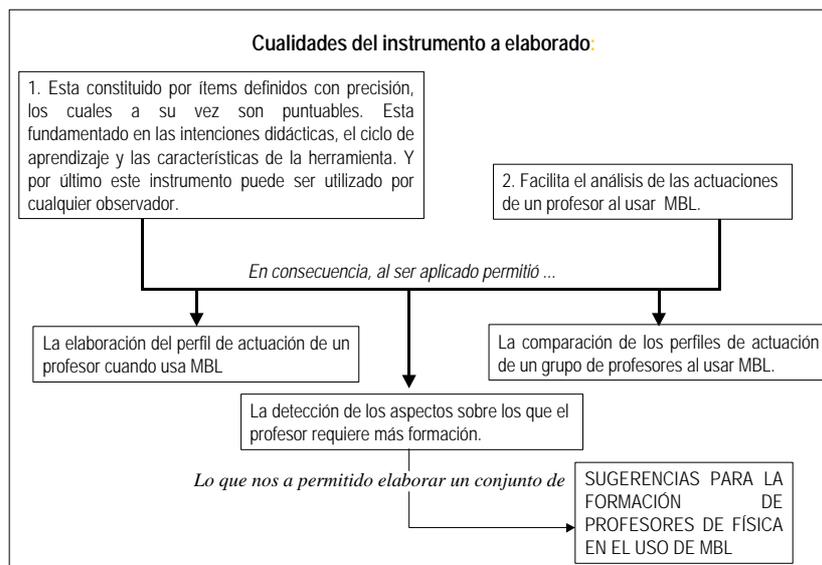
Por último, es necesario dejar claro que la actuación de cada profesor será colocada en aquel nivel donde sus acciones se vean por completo reflejadas, al aplicar el ICPAP-MBL.

Con todo lo anterior buscamos, además de elaborar el perfil de actuación de cada profesor al usar MBL, demostrar la utilidad de este instrumento.

RESULTADOS

En los capítulos a continuación presentamos los resultados obtenidos en esta investigación. Dichos resultados los hemos agrupados en dos categorías.

La primera categoría de resultados esta formada por los estudios de caso (Capítulo 6). En este sentido debemos señalar que la triangulación de fuentes realizada, durante la elaboración de los estudios de casos, fue sometida al juicio de tres expertos. Uno de los expertos estuvo de acuerdo con el análisis y la posterior descripción de los casos, sólo dos de ellos pidieron explicaciones en cuanto a algunos aspectos de la actuación de los profesores. En general podemos decir que los casos fueron aceptados por los tres expertos. La segunda categoría de resultados, esta formada por los perfiles de actuación, la comparación de los mismos y el conjunto de sugerencias para la formación de profesores de Física en el uso de MBL (Capítulos 7 y 8). Estos resultados son producto de la aplicación del ICPAP-MBL, este instrumento tiene las cualidades que señalamos como centrales en el mismo y que especificamos en la figura a continuación.



Y por último, es necesario hacer referencia a las cuestiones de investigación. La cuestión 1, tiene respuesta en los estudios de casos elaborados, pues, en ellos se describe como este grupo de profesores de secundaria utilizó MBL, dentro del trabajo experimental en Física. En cuanto a la cuestión 2, la respuesta a la misma la podemos ver a lo largo de los capítulos 7 y 8, pues, en ellos presentamos la resonancia o no de la actuación de los profesores con las orientaciones de la propuesta sobre el uso de MBL. Específicamente, en la tabla 8.1 se muestra, por llamarlo así, una radiografía de la actuación de los profesores en el aula al usar MBL. Ello es así, porque se puede apreciar claramente los aspectos didácticos más aceptados y los menos aceptados de las recomendaciones sobre el uso de MBL con estudiantes de secundaria.

CAPÍTULO 6

ESTUDIOS DE CASOS

En este capítulo presentaremos las historias de cada uno de los 7 profesores de la muestra. Cada historia o caso tiene la estructura presentada al inicio del capítulo 4 (Metodología). En igual forma, cada caso describe la actuación de los profesores dentro de las tres categorías que venimos mencionando:

- Forma de presentar MBL y forma de usarla como herramienta informática.
- Forma de enfocar el trabajo experimental con MBL.
- Forma de usar MBL para el análisis e interpretación de gráficos.

Las historias que presentaremos a continuación son las siguientes:

1. Beneficiarse de las situaciones adversas para cumplir los objetivos propuestos: Jordi
2. Flexibilidad vía experiencia: Marta
3. Experimentos en tiempo real para promover un aprendizaje por descubrimiento: Carles
4. MBL como una herramienta de Auto-Afirmación: Joan
5. Visión tradicional de la enseñanza y el uso de herramientas informáticas modernas: Xavier
6. Que los estudiantes aprendan si quieren: Ricardo
7. Aprendizaje a través de la enseñanza: María

6.1 Beneficiarse de las situaciones adversas para cumplir los objetivos propuestos: *Jordi*

La información que ha permitido la elaboración del caso de Jordi proviene de: 1) una entrevista que se le realizó antes del uso de MBL dentro de la actividad experimental; 2) la observación del desarrollo de las sesiones de trabajo experimental con MBL. Esta recopilación de datos se llevó a cabo en la primavera de 1999.

Jordi es un licenciado en Química, con más de 15 años de experiencia como profesor de Física y Química en secundaria. Tiene experiencia en labores de gestión, debido a que actualmente es el Director del Instituto de Enseñanza Secundaria (IES) donde trabaja. Este instituto está situado en una zona industrial del entorno de Barcelona y los estudiantes que asisten al mismo son de un nivel socioeconómico medio.

Jordi tiene un amplio historial combativo en temas políticos y sindicales, en los últimos años ha centrado sus esfuerzos en conducir la Reforma de la Enseñanza Secundaria en su instituto, de forma que la escolaridad comprensiva, con la que había soñado, no provoque una disminución de los niveles de exigencia a los estudiantes. Se ha distinguido, por tener especial cuidado en la enseñanza de algunos conceptos científicos que suelen dar pie a confusiones.

Jordi acepta con facilidad las innovaciones que se le propongan, siempre y cuando las considere eficaces y realistas ya que tiene un gran sentido de lo pragmático y un menosprecio por los detalles con excesivos refinamientos.

Desde hace unos cinco años, Jordi utiliza regularmente MBL dentro de la actividad experimental. Ha sido el iniciador e impulsor del uso de esta herramienta en el instituto donde trabaja. Poco a poco, ha ido abasteciendo su instituto, con ordenadores obsoletos, pero con las características necesarias para el uso de esta nueva tecnología en las clases de Ciencias. Asimismo, ha encontrado los medios, al margen de los que las autoridades educativas pudieran proporcionarle, para adquirir equipo MBL. De tal forma que en la actualidad, su centro dispone de cuatro ordenadores, en el laboratorio de Física, con todo el equipo necesario para el desarrollo de experimentos en tiempo real.

La ventaja que Jordi más valora de esta tecnología, es la rapidez y facilidad con que puede repetirse la toma de datos lo que permite cambiar las condiciones del experimento y analizar lo que ocurre.

Jordi expresó que, últimamente tiene poco tiempo para dedicarse a la innovación en la docencia debido a su labor como director. En este curso escolar, realizó únicamente las dos experiencias MBL que se le propusieron y las incluyó dentro de una asignatura optativa, sobre Energía, que había sido elegida por sólo 6 estudiantes de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). Estos estudiantes, cuyas edades oscilaban entre los 15 y 16 años, nunca antes habían usado MBL en sus clases de Física, pero tenían experiencia en el manejo y uso de software comunes. Jordi los considera buenos estudiantes: " *Los malos estudiantes sólo lo tienen interés al inicio, cuando MBL es una novedad para ellos, pero cuando tienen que interpretar gráficas, discutir resultados, reflexionar, etc. ya se acabó el interés. Con estos estudiantes (los del grupo seleccionado) ya sé que MBL va a funcionar porque son trabajadores.*"

Para realizar la experiencia denominada *Disipación de la energía a través de un dispositivo mecánico* (Figura 6.1), se le proporcionó el guión de práctica de la misma (Ver Anexo 2), y, las orientaciones generales sobre la forma en que se propone usar MBL con estudiantes de secundaria. Jordi tenía la opción de adaptar el guión de práctica, a las características y necesidades de sus estudiantes si lo creía necesario, pero no lo hizo, pues señaló estar satisfecho con el mismo. En cuanto a las orientaciones manifestó sentirse identificado con ellas.

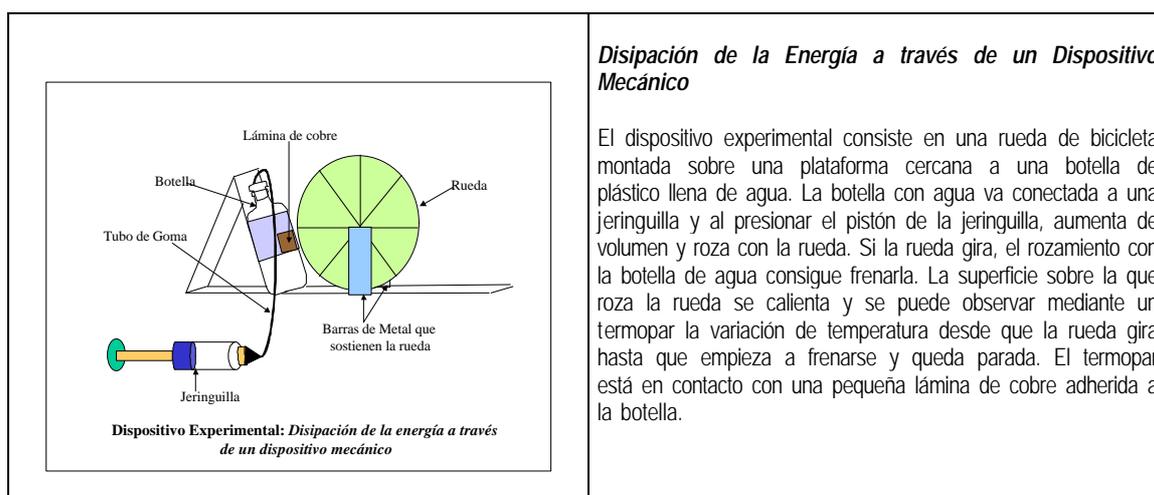


Figura 6.1

Al preguntarle sobre los objetivos que pretendía conseguir respondió anunciando objetivos muy amplios y poco concretos: " *que los estudiantes se familiaricen con el uso del MBL y que utilicen*

los conceptos aprendidos en clase, durante el trimestre, espeé ficamente, los conceptos de Energí a interna, Calor y Transformacö n de la Energí a'.

Forma en que presentó MBL y Forma en que lo usó como herramienta informática

Jordi inició la experiencia, indicando a los estudiantes que se sentaran entorno a una gran mesa, en uno de cuyos extremos había situado un ordenador con un equipo MBL y un solo dispositivo experimental. Jordi había previsto, colocar a los estudiantes en dos grupos de trabajo, alrededor de dos ordenadores, con dos equipos MBL y dos dispositivos experimentales. Todo esto, para que pudieran discutir entre ellos ya que *" deben espabilarse y pensar por sí mismos"* . Pero, sólo tuvo tiempo de preparar un sólo ordenador. Jordi es contrario, según manifestó, a utilizar un ordenador sin antes haber comprobado su correcto funcionamiento. Esto es muy importante para él.

Para este profesor dominar MBL implica, según expresó: *conocer cual es la funció n de cada uno de sus elementos y tener cierta agilidad en el manejo de los distintos menús del software.* Consistente con esta idea y después de presentar y mostrar el funcionamiento del dispositivo experimental, identificó los elementos que componen MBL y el papel de los mismos. Se sirvió de analogías que permitían a los estudiantes establecer un puente entre lo conocido y lo nuevo (MBL). *" Esto es un termopar.... El termopar funciona como un termó metro. Para nosotros desde este momento será un termó metro"* .

Sus explicaciones contenían siempre términos muy intuitivos, aunque no siempre precisos: *"Aquí hay una unió n entre estos dos alambres, mediante una soldadura. El alambre de aluminio y el alambre de cromo. Siempre que hay la unió n entre dos metales (señala la unión de las dos aleaciones), se produce una corriente. O una diferencia de potencial que es del orden de unos pocos mV. Como es tan pequeñ a, el ordenador no la detecta, por lo que se necesita un amplificador.* Así pues, dada su prioridad por lo práctico, es coherente que dé una definición operativa para el efecto termoeléctrico y que presente el amplificador por su utilidad.

Al terminar de describir los elementos que conforman MBL, intentó que sus estudiantes comprendieran el proceso que se daba desde el sensor al ordenador: *" Debemos tener presente*

que el ordenador sólo lo detecta cuando es eléctrica. No detecta temperaturas. ¿De acuerdo? Lo que pasa es que detecta una señal eléctrica, que a su vez está relacionada con la temperatura.

Pasado cierto tiempo y previo a la toma de datos, Jordi volvió a referirse a MBL, en este caso para dar explicaciones sobre la función y utilidad de los programas que contenía: *"A ver este es el programa, COACH. Los datos que recoge el sensor, pasan al ordenador y son representados en una gráfica. Ahora, aquí van al programa Multiscope el cual funciona como cualquier programa de Menú. Entrad al programa Multiscope (De pie, en el extremo contrario al que se encontraba el ordenador iba dando instrucciones a un estudiante para que desplegará los distintos menús del software). El programa Multiscope, lo que mide siempre es tensión eléctrica en función del tiempo..."* Siguió buscando evidenciar la relación software-hardware.

Con la idea permanente de mostrar el funcionamiento global del equipo MBL explicó también la necesidad de calibrar el sensor: *".... Para calibrar hay que darle a los volts otra unidad, en este caso una magnitud de temperatura".* Comenzó a calibrar manualmente el sensor, para lo cual utilizó un termómetro, un vaso de precipitados y agua, explicando a su vez todos los pasos. Sin embargo, después de una breve demostración decidió proceder de otro modo: *"Ya sabemos calibrar un sensor manualmente, pero en este momento no lo haremos así. Yo conozco otra forma más rápida y consiste en introducir una fórmula."* Probablemente su pragmatismo le hizo considerar innecesario proceder con tal precisión y le hizo suponer que no era importante dedicar tiempo al calibrado.

Forma en que enfocó el Trabajo Experimental con MBL

Jordi anunció, después de organizar a los estudiantes en grupos, la experiencia que se iba a realizar. Para ello, utilizó los términos transferencia y transformación de la energía, sin señalar la diferencia entre uno y otro: *"Vamos hacer una experiencia de transferencia de Energía. En este caso, de transformación de energía eléctrica en calor".*

Jordi dedicó cierto tiempo, al análisis conceptual del proceso de frenado de la rueda. De sus comentarios se puede decir que usó el término energía como si se tratara de un fluido que contienen los cuerpos y que se desplaza de un lugar a otro. Así, cuando un estudiante afirmó: *"Toda la energía eléctrica que tenía la rueda, ha pasado a energía interna"*, Jordi respondió: *"De*

acuerdo. Ha pasado a energía a interna. ¿Dónde estaba esa energía a? ¿En qué cuerpos? ¿En la lámina de cobre? . Se inició de esta forma un largo diálogo que concluyó con el siguiente comentario: "Vamos a estudiar el proceso de transferencia de energía a. Debéis pensar en eso y en los cuerpos entre los cuales se da esa transferencia". A pesar de esta sustancialización de la energía, se notó que los estudiantes habían superado la indiferenciación entre energía interna y calor o, simplemente, sabían que no podían utilizarla en clase.

Una vez planteado el trabajo experimental, Jordi procedió a mencionar las tareas que se iban a llevar a cabo durante el mismo. "Bueno, haremos una lectura del guión de la experiencia, antes de hacer el experimento. Después de la descripción cualitativa del fenómeno a estudiar hay una serie de predicciones, que debéis hacer. Así que comenzad por aquí (por el apartado del guión), "Descripción del sistema" y luego haréis las "Predicciones". Se evidenció de esta forma su aceptación del guión que se le había propuesto y su deseo de que los estudiantes supieran qué se esperaba de ellos.

En el momento en que los estudiantes iban a realizar las predicciones, sobre la forma de la gráfica que obtendrían, solicitaron una nueva explicación del funcionamiento del dispositivo experimental. Jordi se acercó a la rueda, la hizo girar y señalando la placa de cobre preguntó: "¿Qué pasa aquí, cuando la rueda frena? Un estudiante respondió: "Se calienta". Jordi continuó este diálogo socrático: "Y, el que se calienta, ¿qué nos dice? Otro estudiante dijo: "Aumenta la temperatura". Jordi estableció a modo de conclusión: "El sensor mide temperaturas, tú debes dibujar la forma de la gráfica de cómo evoluciona la temperatura de la lámina de cobre a medida que transcurre el tiempo". Esta respuesta conllevó, un debate sobre aspectos conceptuales entre todos los componentes de la clase. La actuación de Jordi a lo largo de la actividad experimental se caracterizó, por fomentar constantemente debates. Por ejemplo ante la pregunta de un estudiante: "Estos ejes no tienen nombre, ¿qué va en el eje de la Y? ¿Qué va en el eje de la X? La respuesta del profesor era otra pregunta: "¿Qué medimos? Tu ve pensando en eso y después discutimos".

Hay puntos a los que Jordi prestó mucha atención, como enseñar a diferenciar entre calor, energía interna y temperatura. Un estudiante se refirió a la energía interna en los términos siguientes: "Es claro que hay energía a cinética, porque hay movimiento y, hay energía a interna

porque la placa de cobre se calienta". Ante lo cual otro estudiante expresó su desacuerdo: ¿Cómo sé que hay energía interna? Jordi intervino inmediatamente: "Nosotros no podemos medir la energía interna con este sensor. Nosotros lo que medimos es el aumento de temperatura. Y, ¿qué nos dice el aumento de temperatura? ...". Consiguió que sus estudiantes utilizarán el término energía interna de una forma natural y haciendo reflexiones sobre los conceptos involucrados.

Después de las predicciones, Jordi solicitó a cada estudiante que explicara, al resto de sus compañeros la forma que habían predicho que tendrían la gráfica. De esta forma propició una nueva discusión.

Durante el primer período de la actividad experimental, en el cual no había toma de datos, el ordenador no estaba encendido, a pesar de tener instalado el correspondiente equipo MBL y el dispositivo experimental estaba cerca del mismo. Jordi consideró que de otro modo los estudiantes no se concentrarían en las discusiones y reflexiones sino que tendrían tendencia a manipular el ordenador. Pero, después de que los estudiantes hicieron las predicciones y las discutieron, el ordenador fue puesto en marcha.

Forma en que usó MBL para el análisis e interpretación de gráficos

A partir de la toma de datos, los estudiantes manipulaban el ordenador, bajo las instrucciones de Jordi. Una de las primeras tareas de los estudiantes, una vez estuvieron en contacto con el ordenador, fue tomar decisiones autónomamente sobre aspectos del gráfico que requerían cierta reflexión y claridad al momento de preparar los "Settings" para la toma de datos: "*¿Cuál será el tiempo de medida? ¿Qué escala utilizaremos?*". Cada vez que Jordi daba indicaciones sobre el manejo y funcionamiento del software hacía hincapié en que no era importante saberse de memoria todas las opciones del mismo: "*No es importante saber donde está todo, sino para qué se utiliza y qué hace el programa*". Los estudiantes no tuvieron ningún tipo de dificultades al manejar el software.

Al tomar los datos y aparecer las correspondientes gráficas en la pantalla, Jordi planteaba preguntas que daban pie a que los estudiantes interpretaran las formas observadas. En la gráfica obtenida, una sola para toda la clase, la variación de temperatura apenas se veía. Esto fue

consecuencia de un error experimental. Para que se pudiera apreciar el aumento de temperatura, debía colocarse el sensor de temperatura, justo en el lugar donde la rueda al iniciar el frenado ejercía mayor presión sobre la placa de cobre. Pero Jordi no se detuvo a tomar estas precauciones. Esto conllevó que la gráfica sobre la pantalla del ordenador no permitiera ver claramente los cambios de temperatura, resultante del frenado de la rueda. Sin embargo rápidamente, Jordi salió de esta situación, su dominio del software le permitió salvar rápidamente esta dificultad, inmediatamente propuso cambiar la escala de ambos ejes y así poder apreciar el aumento de temperatura con más detalle.

Por otro lado, su dominio del grupo clase y su experiencia docente le permitió cambiar la situación y beneficiarse de la misma ya que propuso como tema de discusión el identificar las variables del dispositivo experimental que no habían tenido presentes durante la toma de datos. Una de las conclusiones, de esta discusión, fue que era necesario repetir la toma de datos, pero en esta ocasión cambiando la disposición de los parámetros que afectaron la representación adecuada del fenómeno en la primera ocasión que realizaron la toma de datos.

Cuando un estudiante (mediante la función SCAN del menú) se dio cuenta que el último punto de la gráfica, tenía mayor temperatura que la temperatura ambiente se discutió la posibilidad de aumentar el tiempo de la toma de datos para comprobar si la lámina de cobre regresaba a la temperatura ambiente. Jordi aprovechó este momento para usar las características de MBL y analizar cómo las diferentes variables del fenómeno afectaban los resultados. Comenzó de este modo una especie de competencia entre los estudiantes en la que se dedican a cambiar las condiciones de la toma de datos: la velocidad de frenado, velocidad de la rueda, etc.

Ante la gráfica no esperada, Jordi hizo la siguiente recomendación a los estudiantes: " *Bueno, hay que hacer dos cosas cuando se hace un experimento fijarse en la regularidad y fijarse en las cosas extrañas. Pero, no os fijéis sólo en las cosas extrañas, porque entonces, no encontraréis la regularidad y el asunto es estudiar el fenómeno..*". Así pues, Jordi se valió de una situación adversa para resaltar aspectos que podrían haberse quedado al margen. Supo aprovecharla para enseñar a interpretar gráficos.

Jordi propuso que se confrontaran los resultados con las predicciones y con el marco teórico. Los estudiantes debían defender sus predicciones sobre la gráfica, esto provocó un ir y venir *predicciones-resultados-marco teórico*. Era, pues, una forma de ayudarlos a superar sus dificultades conceptuales. Por último explicó como se imprimía la gráfica y dejó para trabajo en casa los restantes apartados del guión (Análisis de los resultados, Uso de términos científicos para explicar el fenómeno y Extensión de los resultados). Cuando terminó la clase, Jordi expresó estar satisfecho *“porque han discutido mucho ya que son trabajadores”*.

Conclusiones

Al observar la clase de Jordi, fue posible darse cuenta que disponía de recursos didácticos para la introducción de nuevos conceptos e ideas: hizo paralelismos, utilizó definiciones operativas, dio la vuelta a los argumentos, etc. Todo esto le permitía beneficiarse de circunstancias adversas. Pero, dio poca relevancia a algunos aspectos del ciclo de aprendizaje que menos tenían que ver con el uso de MBL (planteamiento de la actividad como un problema, comunicación de los objetivos, uso de la terminología científica y reestructuración y aplicación del nuevo conocimiento). De forma tal, que parece que el sentido práctico de Jordi, lo llevó a sacrificar aspectos esenciales del enfoque didáctico propuesto.

6.2 Flexibilidad vía Experiencia: *Marta*

Los datos que han permitido la elaboración del caso de Marta provienen de: 1) una entrevista realizada previo al uso de MBL dentro de la actividad experimental; 2) las notas de observación del desarrollo de la actividad experimental con MBL. Esta recopilación de datos se llevó a cabo en la primavera de 1999.

Marta, es una profesora graduada en Química con 20 años de experiencia en la enseñanza media. Ha impartido las asignaturas de Física y Química en diferentes niveles de secundaria. Trabaja en un instituto, donde tiene responsabilidades en la dirección, que está localizado en un pueblo cerca de Barcelona, en un distrito con estudiantes, mayoritariamente, de bajo nivel socio económico. Los profesores de este instituto frecuentemente reclaman que sus estudiantes no están motivados por aprender, lo que requiere continuos esfuerzos para lograr que presten atención y trabajen.

El interés que Marta ha manifestado tener por las herramientas informáticas la ha llevado a usar aquellas que ha considerado adecuadas para mejorar su enfoque didáctico y el aprendizaje de sus estudiantes.

Marta conoce MBL desde hace cinco años y hasta la fecha ha usado esta herramienta, en las distintas asignaturas que ha impartido: Física, Química y Ciencias de la Naturaleza. El interés inicial de Marta por usar MBL, dentro de la actividad experimental, fue el estudio de la Cinemática. Hace unos años realizó una pequeña investigación sobre la evolución en la habilidad de interpretación de gráficas, de un grupo de estudiantes, al utilizar MBL.

Marta, años atrás, convenció a los directivos de su instituto a que adquirieran el material necesario para usar MBL en las clases de Ciencias. Actualmente, su centro posee cuatro ordenadores, obsoletos para otros fines, pero con las características y las condiciones necesarias para la realización de Experimentos en Tiempo Real, en una clase de Física. Ello le permite trabajar de manera completamente independiente del aula de informática.

En vista de que Marta tiene experiencia con el uso de MBL y que el objetivo primordial de esta investigación es estudiar y analizar como un grupo de docentes utiliza esta herramienta en sus

clases de Física, se decidió observar su actuación en el laboratorio desarrollando una experiencia de Cinemática que ella misma había diseñado.

Marta puso en práctica el uso de MBL con un grupo de 12 estudiantes, entre 13 y 14 años, dentro de la asignatura de "Ciencias de la Naturaleza". Manifestó que estos estudiantes: 1) nunca antes habían usado herramientas informáticas en las clases de Ciencias, pero eran usuarios de procesadores de textos y otros software comunes; 2) nunca antes habían trabajado con gráficas, por lo tanto tenía que introducir la idea de coordenadas cartesianas, localización de puntos en un plano, etc.; 3) tampoco sabían como trabajar - con o como usar una ecuación, razón por la cuál no podía usar herramientas matemáticas para explicar el fenómeno.

Previo al uso de MBL, Marta estableció sus objetivos y ello permitió conocer lo que pretendía que sus estudiantes logaran durante la actividad experimental con MBL. Marta expresó su interés en que sus estudiantes se dieran cuenta que:

- La rapidez, es la variación de la distancia con respecto al tiempo y que puede ser representada a través de un gráfico.
- Un gráfico da información visual sobre un fenómeno.
- La mayor o menor inclinación de una gráfica permite saber si un cuerpo va más rápido o más lento.
- Cada magnitud se mide en su correspondiente unidad (no hablará de signos en esta primera ocasión).

Para lograr sus objetivos manifestó que debía:

- Hacer una demostración sobre el funcionamiento de MBL para que sus estudiantes se hicieran una idea de lo podían hacer con esta herramienta.
- No elaborar un guión de práctica porque "*sus estudiantes no lo leen*". Como medida alternativa, prefería explicarles verbalmente lo que debían hacer y qué iban a obtener.
- Dividir a los 12 estudiantes en tres grupos y asignarle a cada uno un ordenador.
- Proponer a los estudiantes que caminasen frente al sensor de movimiento y a continuación explicaran de forma verbal, las gráficas que obtuvieran.

Marta comenzó la primera sesión de la actividad experimental, exponiendo los objetivos de la misma a los estudiantes. A continuación, explicó, en primer lugar, lo que era un cambio de posición tomando como referencia las baldosas del piso. En segundo lugar, explicó como representar este movimiento, caminar, utilizando unos ejes de coordenada, como leer en una gráfica la posición y el tiempo del caminante y como calcular la rapidez del mismo a través de la lectura de un gráfico. Comenzó, pues, por cosas concretas y no sólo con ideas abstractas.

En la siguiente sesión, asignó a cada grupo de estudiantes un ordenador y colocó en el centro del aula otro ordenador que usó para mostrar los elementos que componen MBL, explicar brevemente, como conectar estos elementos entre sí y el papel o función que tiene cada uno. Parecía tener también como objetivo que los estudiantes comprendieran que el ordenador no era una "caja mágica". Seguido a estas explicaciones procedió a caminar, en línea recta, frente al sensor, dentro de su cono de detección. Haciendo hincapié en que se iba a estudiar el movimiento de su propio cuerpo, de esta forma centró la atención de los estudiantes en la relación: *fenómeno – gráfica* y en la variación con respecto al tiempo de su posición del sensor, representada gráficamente, al alejarse o acercarse del mismo. Es decir, estableció una relación entre lo concreto (el movimiento de su cuerpo) y lo abstracto (la representación gráfica de ese movimiento). Después de este breve ejercicio preliminar, Marta retomó lo tratado en la sesión anterior sobre las representaciones gráficas, pero esta vez combinando sus explicaciones con sus demostraciones al usar MBL para trazar la gráfica de su movimiento. Al finalizar repartió a cada estudiante la gráfica de su movimiento, impresa en papel.

Para que los estudiantes pudieran usar MBL dentro del trabajo experimental, Marta fue de un grupo a otro ya que era necesario ajustar los "settings" y enseñarles a preparar el equipo. Ajustaba los "settings", explicaba pacientemente cada paso y continuamente repetía: "*Observen lo que hago ya que la próxima vez lo tienen que hacer ustedes*". Quizás la idea subyacente en Marta, sobre esta tarea mecánica, era que la misma podía ser aprendida por imitación. En este caso, lo que debía ser imitado por los estudiantes eran las acciones de Marta al manejar el software, por tanto sus explicaciones eran lo más detalladas posibles. Después de estas explicaciones, los estudiantes quedaban a cargo de la herramienta al manejarla para la toma de datos a través de realizar operaciones simples.

Pero como hay cosas que suelen surgir sin estar dentro de lo planeado, Marta enfrentó la dificultad de que dos ordenadores no funcionaran, lo que propició un cambio en la distribución de las actividades, previamente planificadas para cada grupo. Debido a que esta profesora ha experimentado situaciones similares, improvisó nuevas tareas. Marta propuso que dos de los grupos trabajasen con los ordenadores que funcionaban correctamente. Para estos propuso que intentaran reproducir, con un movimiento frente al sensor, la gráfica obtenida por ella en su demostración inicial como caminante. El otro grupo que no disponía de ordenador usaría la gráfica impresa en papel (del movimiento de la profesora frente al sensor), para calcular su rapidez en distintos intervalos de tiempo. Al finalizar, ambos grupos debían explicar el movimiento representado gráficamente al resto de la clase. Marta logró que todos los estudiantes tuvieran algo que hacer sin estar perdiendo el tiempo.

Los estudiantes representaban su movimiento, gráficamente, al caminar frente al sensor en línea recta. Esta actividad los llevó a centrar su atención en la pantalla del ordenador, pues repetían su movimiento (la toma de datos), frente al sensor una y otra vez. Marta hizo que un estudiante caminara rápida y lentamente frente al sensor y a la vez le hacía preguntas como: *¿Qué pasa con la inclinación de la gráfica cuando te mueves lentamente? ¿Cuándo te mueves rápidamente?* Las mismas cuestiones fueron repetidas varias veces, pero de diferentes maneras al resto de estudiantes del grupo: *¿Qué n me dice cuál es la diferencia entre las pendientes de las diferentes gráficas obtenidas?* . Se inició, entonces, un debate general dirigido por Marta. De esta forma los estudiantes comenzaron a relacionar la pendiente de la gráfica que obtenían con la rapidez de sus movimientos. Pasado cierto tiempo un estudiante dijo: *"Cuando la gráfica está más inclinada es que se movió rápido (el estudiante) y cuando se mueve lento está menos inclinada"*. Usó diálogos socráticos con el objetivo de que sus estudiantes formularan generalizaciones.

Es a través de este diálogo que Marta identificó algunas de las dificultades de sus estudiantes ya que cuando expresaban sus ideas, ella detectaba algunas de sus concepciones alternativas. Por ejemplo, uno de los estudiantes insistía en decir *"los puntos de la gráfica van hacia arriba o hacia abajo"* al referirse a *"su movimiento de alejarse o acercarse al sensor"* . Esto es una confusión icónica, resultado de mirar la pantalla del ordenador. Marta lo corrigió diciendo: *"Yo no veo que vayas hacia arriba o hacia abajo, Yo veo que tú te alejas o acercas al sensor"* .

La interacción profesora – estudiantes, también jugó un importante papel durante el análisis de la gráfica rapidez - tiempo. Marta forzó a los estudiantes a pensar y reflexionar. *"Si fué ramos a velocidad constante, ¿ cómo saldrá a la gráfica? No es una pregunta fácil, pero piensen un poco"*. Pasado unos minutos, un estudiante respondió que sería una recta horizontal. Marta detuvo el curso de la clase para discutir este punto.

Los estudiantes aprendieron a calcular su rapidez para diferentes intervalos de la gráfica posición - tiempo. Entonces, Marta, usando una de las opciones del software, mostró la gráfica rapidez - tiempo, en la pantalla del ordenador, junto con la gráfica posición - tiempo. En este punto, un estudiante preguntó: *"¿ Por qué en la velocidad unos picos van para arriba y otros van para abajo?"*. Se vio obligada a hablar del sentido de la velocidad para responder esta cuestión, a pesar de que había dispuesto no hablar sobre los signos. Por lo tanto, se vio forzada a cambiar lo que había planeado.

Marta propuso tareas o cuestiones más allá de las posibilidades de los estudiantes y tuvo que volver hacia atrás. Por ejemplo, al momento de promover el análisis de la gráfica obtenida, explicó a los estudiantes un cambio de escala: *"¿ Qué es ampliar la gráfica? Observa, (señala al eje de la Y) va de cero a 2, pero sólo llega hasta 1,2. Vale. Bueno, si queremos ampliarla debemos acercar esta distancia de 0 a 1,5 (Habla señalando la pantalla del ordenador). Con esto la veremos más grande. Si queremos reducir el tamaño de la gráfica, ¿ qué debemos hacer?"* Seguido a esta explicación, algunos estudiantes cambiaban escalas siguiendo las instrucciones de Marta o por ensayo y error, pero no eran capaces de argumentar o explicar lo que hacían. Comprender un cambio de escala implica manejar el concepto de proporcionalidad y Marta, consciente de este requisito parece que decidió que su pretensión era demasiado difícil para sus estudiantes al nivel en que se encontraban. Ante esta evidencia dijo: *"Bueno, no importa eso no lo tienen que saber por el momento. Más adelante sí"*.

La habilidad de Marta en el uso de MBL le facilitó enfrentar otras dificultades inesperadas. Uno de los grupos que estaba usando el sensor obtuvo datos o medidas incorrectas debido, probablemente a problemas de calibración del mismo. Marta intentó resolver el problema pero no tuvo éxito, obtuvo una gráfica con muchos rangos de picos que interferían con el fenómeno que

se estudiaba. Enfrentó dicha dificultad diciendo: *"Ya no tenemos mucho tiempo y por lo tanto vamos a eliminar estos picos filtrando la gráfica. Esto se hace cuando tenemos que eliminar partes que no necesitamos de la misma. A veces el sensor es demasiado sensible..."* Eliminó los picos usando la opción filtro, explicó en detalle cada paso que daba y después de esto la gráfica pudo ser analizada. Tuvo cuidado en mostrar que en esta acción de filtrar los ruidos no se perdían los puntos relevantes del gráfico.

El uso de herramientas informáticas implicó otros problemas. Al final de la clase, cuando Marta intentó imprimir la gráfica que estaba sobre la pantalla del ordenador, la impresora no respondió. Rápidamente cambió la estrategia planeada, no perdió tiempo e improvisó otra solución: *"No hay tiempo para arreglar esto, usen una hoja cuadriculada y copien la gráfica tal cual, y de esa forma podrá calcular la velocidad."*

Marta propuso a sus estudiantes, que cómo deber para la casa, describieran por escrito su movimiento usando sus notas, pues no había suficiente tiempo para que cada grupo realizara una explicación oral en ese momento. Ella tuvo que renunciar a la exposición oral que había planeado, pero mantuvo el objetivo de que los estudiantes describieran por escrito, su movimiento usando la gráfica.

Marta se excusó por no haber planeado y elaborado más el trabajo experimental. En su opinión, todo fue improvisado: *"No tengo tiempo de dar una clase en condiciones, mi posición en la dirección requiere mucho tiempo"*.

Conclusiones

La experiencia de Marta en el uso y manejo de esta MBL, así como su experiencia como profesora de Física y Química le permitió improvisar de forma adecuada al enfrentarse con dificultades técnicas, así como decidir en *"tiempo real"* que objetivos mantenía o a cuales renunciaba. Estas características le permitieron/facilitaron ser flexible en el uso de esta herramienta y adaptarla a las necesidades de sus estudiantes, sin perder en ningún momento la oportunidad de promover en ellos la comprensión de los conceptos físicos que estudiaban.

6.3 Experimentos en tiempo real para promover un aprendizaje por descubrimiento: *Carles*

Los datos que han permitido la elaboración del caso de Carles provienen de: 1) una entrevista que se le realizó antes de llevar a cabo la actividad experimental con MBL; 2) la observación de tres sesiones de trabajo experimental con MBL; 3) las respuestas que daba a los cuestionamientos que se le hacían después de cada sesión experimental. Esta recopilación de datos se llevó a cabo en la primavera de 1999.

Carles es un profesor graduado en Química, de unos cincuenta años, con más de 20 años de experiencia en la enseñanza de las asignaturas de Física y Química en secundaria. Es una persona amable y cordial con todos los que le rodean. Está interesado desde hace muchos años, en todo aquello que tenga que ver con las innovaciones didácticas, relacionadas con la enseñanza de la Física y la tecnología y en fundamentar su enfoque didáctico, dentro de un contexto cotidiano y motivador para los estudiantes.

Según Carles el trabajo experimental juega un papel importante dentro de la enseñanza de la Física y esto lo ha llevado a dictar algunos cursos de formación para profesores de Ciencia. Tiene de su lado el hecho de ser una persona con muchas habilidades manipulativas y una gran capacidad inventiva en aspectos referentes al diseño de experiencias.

Enseña actualmente en un centro privado, localizado en un pueblo al lado del mar cercano a Barcelona. Sus estudiantes tienen edades comprendidas entre los 15 y los 16 años y tienen un nivel socio económico medio - alto. Carles los considera, académicamente buenos y con mucho interés por aprender. Estos estudiantes nunca antes han usado herramientas informáticas en sus clases de Física, pero están muy familiarizados con los ordenadores y dominan el manejo de algunos procesadores de textos y software comunes.

Hace dos años, después de analizar las ventajas que le ofrecía MBL, Carles decidió usar esta herramienta en sus clases de Física. En estos momentos dispone, de un equipo MBL (una interfaz, un sensor de movimiento y su correspondiente software), en el laboratorio de Física del instituto de secundaria donde trabaja. Sus primeras incursiones con MBL estaban dirigidas a explorar al máximo, todas las posibilidades que ofrece el uso del sensor de movimiento dentro del estudio de la Cinemática. Llegó a usar este sensor en demostraciones en clase, en el trabajo experimental y como uno de los recursos, a disposición de los estudiantes en pequeños trabajos de investigación.

El interés de Carles, por el trabajo experimental, lo llevó a diseñar un dispositivo para analizar el cambio de temperatura en una superficie (lámina de cobre), al estar en contacto con una rueda que detiene su movimiento al frenar bruscamente. Pero, comprobó que para detectar el aumento de temperatura de la lámina de cobre, debido a la fricción, necesitaba usar un instrumento de medida muy sensible. Nos pareció interesante el dispositivo de Carles y le propusimos realizar la experiencia pero utilizando un sensor (termopar), ya que el mismo tiene la sensibilidad suficiente para detectar los cambios de temperatura que le interesaban. Con este propósito elaboramos el guión de práctica de esta experiencia sobre la *Disipación de la Energía a través de un dispositivo mecánico* (Ver Anexo 2), que también utilizaron otros profesores.

Esta experiencia le permitió a Carles (Figura 6.2), introducir MBL y completar sus sesiones de clase dedicadas a la Energía con el estudio de una situación real: el sistema de frenado de un coche. Su tendencia a introducir sus clases en un contexto conocido para los estudiantes, está siempre presente. Carles planificó el uso de esta herramienta en tres sesiones: una primera, en la que familiarizaría a sus estudiantes con la herramienta y el software de la misma y las dos últimas para la toma de datos y el correspondiente análisis de los mismos.

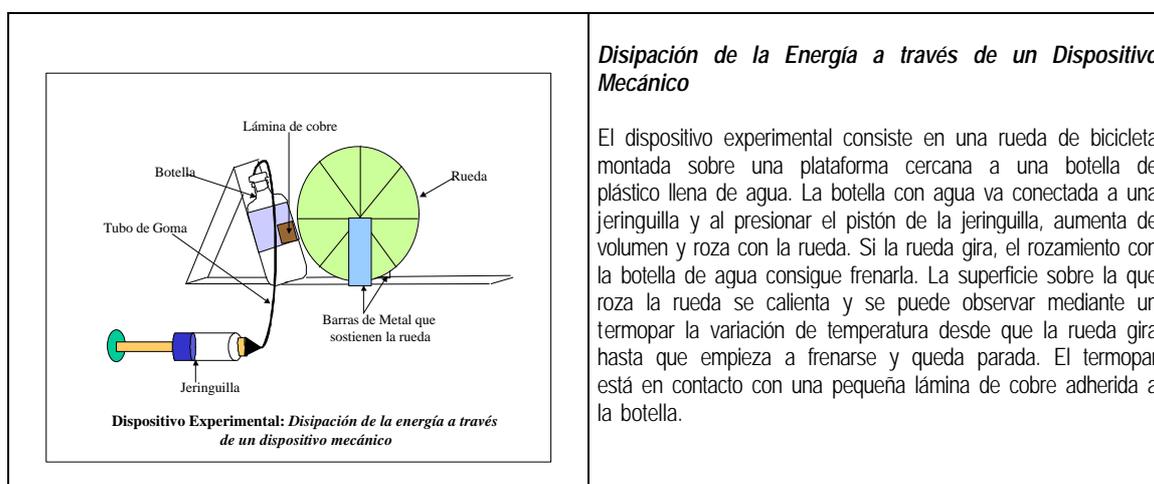


Figura 6.2

Carles manifestó su intención de seguir al pie de la letra las recomendaciones que se le proporcionaron y que utilizaría el guión de práctica tal como le fue presentado, a pesar de que se le expresó que podía adaptarlo a las necesidades de sus estudiantes si lo creía conveniente.

Forma en que presentó MBL y forma en que lo usó como herramienta informática

El día convenido para familiarizar a los estudiantes con el manejo y uso de esta herramienta, éstos encontraron que tenían a su disposición: a) tres ordenadores con una gráfica en la pantalla de cada uno; b) un sensor (termopar) conectado al ordenador a través de una interfaz; c) un guión de práctica elaborado por Carles donde los orientaba en el manejo de las distintas opciones del software de MBL. En la pizarra estaba escrito el objetivo de la actividad experimental a realizar: Aprender a utilizar el programa COACH.

Carles inició esta primera sesión mostrando a los estudiantes el sensor de temperatura (un termopar): *"este es el sensor de temperatura recuerden que es un termómetro".* Y agregó, aún con el sensor en la mano: *"Está conectado al ordenador y las medidas que realiza las vemos reflejadas, en la pantalla del ordenador, a través de una gráfica".* Hizo hincapié en la relación sensor-interfaz: *"El sensor está conectado al ordenador como ya hemos dicho, a través de un dispositivo que transforma la señal del sensor en una señal para el ordenador."* A continuación, identificó uno a uno los elementos que componen MBL y a la vez, describió como se conectaban entre sí.

Carles, además de establecer una analogía entre el sensor y un termómetro, como una forma de explicar cómo funcionaba el primero, estableció diferencias entre ambos: *"Si utilizamos un termómetro sólo lo podremos hacer una o dos medidas y con el sensor de temperatura tomamos muchas más"; "El sensor de temperatura, toma datos más rápidamente y los representa en la pantalla del ordenador"; "...tenemos un artefacto que nos permite estudiar en detalle el aumento de la temperatura, y que nos da medidas casi instantáneas de la temperatura".*

Carles hizo hincapié en la relación *evolución del fenómeno – representación gráfica*. Para ello, colocó la punta del sensor entre sus dedos y el contacto, entre éstos y el sensor provocaba un aumento de temperatura que era reflejado, de forma inmediata, en la pantalla del ordenador, a través del trazado de la gráfica Temperatura-tiempo. A continuación, liberaba la punta del sensor y la temperatura disminuía y este cambio era también reflejado en la pantalla del ordenador.

Acerca de los ordenadores, Carles dijo: *"Con el ordenador se trabaja más rápidamente. Nosotros no entramos en el detalle de explicar como funciona una calculadora de bolsillo pero la utilizamos,*

ya que nos ayuda en nuestro trabajo. Al cuestionarlo en este sentido, Carles señaló que era importante que sus estudiantes compartieran esta visión, pues: *"de otro modo ellos verán el ordenador como una complicación"*.

Carles manifestó, previo al desarrollo de la actividad experimental, que su principal interés era presentar MBL, como una herramienta que recopila datos reales. Además, expresó su intención en hacer hincapié en que el trabajo que se lleva a cabo con dispositivos reales, se debe diferenciar del que se realiza con dispositivos virtuales, debido a que: *"El problema es que ellos vean que el sensor mide una temperatura real. Los estudiantes pueden pensar que esto es algo que no es real"*. Manifestó, además, que las herramientas informáticas deben usarse dentro de cierta secuencia temporal: *"Cuándo ellos (los estudiantes) ven el sensor por primera vez, pueden creer que es una simulación. Hay muchos programas de simulación y algunos de ellos son muy buenos, pero de todos modos, deben ser usados posteriormente, en una segunda fase después del uso de MBL"*. Diferenciar entre lo real y lo no real, parece ser prioritario para Carles, pues constantemente surgió durante la entrevista este tema: *"Primero prefiero usar herramientas tradicionales que son más o menos sofisticadas para la parte de toma de datos y el uso del sensor después. Pero siempre insisto en el hecho de que esto es sólo un sistema mejorado de recolección de datos, que no representa ninguna clase de simulación, ni cosa virtual."*

Después de esta introducción sobre las posibilidades de los distintos componentes del equipo informático, Carles se centró en dar las instrucciones necesarias para preparar el programa de toma de datos (El programa Multiscope).

La primera pregunta del guión de práctica, elaborado por Carles, para familiarizar a los estudiantes con el manejo y uso de MBL, los alentaba a descubrir el fenómeno representado en el gráfico mostrado en la pantalla del ordenador, examinando su forma. *"Describe que tipo de proceso representa esta gráfica"*. Después de lo cual se procedía al análisis de dicho gráfico, lo que promovió que los estudiantes utilizaran las diferentes opciones o facilidades del software (cambio de escala, zoom, scan, y que recuperaran la tabla de datos para compararla con la gráfica) siguiendo las instrucciones señaladas en el guión.

Durante todo este tiempo Carles, se mantuvo al lado de los estudiantes en caso de que necesitaran ayuda, pero hay que señalar que sólo se las brindaba hasta que comprobaba que

estos no eran capaces, por sí solos, de resolver sus dificultades. Por ejemplo, al hacer un cambio de escala, uno de los grupos enfrentó problemas, primero por que no manejaban el concepto de cambio de escala y segundo porque no estaban familiarizados con el software; ante esto Carles insistió, que intentaran resolver sus dificultades ellos solos pero, pasado algún tiempo, les ayudó ya que los estudiantes se dieron por vencidos.

Al terminar la sesión de familiarización con MBL, Carles dijo a los estudiantes: " *Como ven es cuestió n de jugar con el ordenador, el día de la experiencia tienen que hacer lo mismo* ". Manifestó estar complacido con la actividad ya que logró que " *los estudiantes aprendieran a manejar el software* " .

Forma en que enfocó el trabajo experimental con MBL

Al inicio de la experiencia, en la segunda sesión de laboratorio con MBL, Carles, distribuyó al grupo-clase en seis grupos de tres estudiantes cada uno. Debido a que sólo disponía de tres ordenadores, con equipos MBL instalados, decidió previamente que el trabajo con el ordenador debía ser alternado. Es decir, tres grupos trabajarían con el ordenador, realizando la experiencia, mientras que los otros tres llevarían a cabo un trabajo suplementario (había elaborado un cuestionario, que los estudiantes debían resolver, sobre los procesos exotérmicos y endotérmicos de las reacciones químicas).

Después de estos preparativos iniciales, Carles expresó a la clase el objetivo de la actividad experimental: *Estudiar el aumento de temperatura en el sistema de frenado de un coche, debido a la fricción* . Explicó que el dispositivo experimental que se iba a utilizar representaba un sencillo sistema hidráulico de frenado y dedicó cierto tiempo a presentarlo, a mostrar como funcionaba y a señalar donde se debía colocar el sensor para medir la temperatura. Planteó algunas interrogantes en torno al aumento de temperatura debido a la fricción. Los estudiantes se mostraron interesados lo que dio lugar a una corta discusión al respecto. Pero, hizo hincapié que antes de pasar a utilizarlo, es decir, antes de la toma de datos se debían hacer una serie de predicciones, " *decir lo que ocurrirá* " . Para ello, dio 15 minutos. En cada grupo, se discutieron las predicciones, antes de que cada estudiante pasara a escribir su respuesta, pero no se hizo una discusión general de las mismas.

Después de realizadas las predicciones y previo a la toma de datos, los estudiantes debían preparar el dispositivo experimental, lo que les ponía en la situación de estar pendientes de la pantalla del ordenador, de la evolución del fenómeno y de buscar, por ensayo y error, la mejor posición para colocar el sensor. Durante este periodo, Carles iba de grupo en grupo, cuestionando a los estudiantes: “ *Después de haber leído el guión y hecho las predicciones quien me dice, con sus propias palabras lo que hay que hacer* ”. Era una forma de verificar si sabían lo que tenían que hacer. Después de este cuestionamiento inicial, pasó a preguntas más específicas, “ *¿ Qué tipo de energía a tiene la rueda cuando hay movimiento? Piensen un poco. ¿ Hay algún tipo de energía a? ¿ Qué tipo de transformaciones de energía a hay? Miren la rueda, hay movimiento, toquen el trozo de cobre, jueguen con todo lo que tienen y piensen un poco. A ver quien me dice algo* ”. Carles esperaba que sus estudiantes le respondieran que la energía cinética se había transformado en calor o en energía interna. Todos los esfuerzos invertidos en el diseño de la experiencia de Disipación de Energía, como una experiencia de transferencia de energía en movimiento de la rueda a la lámina de cobre y al ambiente, fallaron.

El interés de Carles era promover que los estudiantes identificaran y descubrieran las características más importantes del fenómeno que estudiaban. Durante la toma de datos, centró la atención de los estudiantes en la relación *gráfica-fermómeno*, haciendo hincapié en los aspectos más relevantes de la gráfica, específicamente en los intervalos donde se observaban cambios de temperatura.

En la siguiente sesión de laboratorio, los estudiantes que realizaron la toma de datos en la sesión anterior pasaban a discutir y confrontar sus resultados con las predicciones, siguiendo de esta forma las indicaciones del guión de práctica. Carles no tomó parte en esta actividad, sólo observaba y escuchaba la discusión de los estudiantes en los distintos grupos.

Forma en que usó MBL para el análisis e interpretación de gráficos

Después de realizada la toma de datos, Carles se vio ante el hecho de que sus estudiantes obtenían gráficas donde las diferencias de temperaturas, antes y después del frenado, eran mínimas. Por tanto, los cuestionó sobre las posibles causas de esto: “ *¿A qué se debe que casi no haya diferencias de temperatura? Miren el sistema y piensen un poco* ”. Al constatar que los estudiantes no reaccionaban, su siguiente acción fue darles pista: “ *Bueno, será que la rueda*

necesita ir más rápido. Si la hacemos ir más rápido, ¿ en qué forma nos ayuda eso? . Carles mostró a los estudiantes las posibles variables relacionadas con el fenómeno, después de lo cual los insto a que las modificaran y que repitieran la toma de los datos. En otras palabras, propuso una actividad de control de variables, lo que obligaba a los estudiantes a repetir la toma de datos: detener la rueda que giraba rápida o lentamente, cambiar la posición del sensor, etc. Todo esto, con el objetivo de detectar la variación de la temperatura durante el frenado. Carles promovía que sus estudiantes discutieran los distintos cambios que se observaban en la representación gráfica al variar los parámetros que intervienen en el calentamiento durante el frenado de la rueda.

Otra de las soluciones que propuso Carles, ante el hecho de que la gráfica no representaba de forma adecuada el fenómeno, fue usar algunas de las opciones del software para mejorar su visión: *" Bueno, ¿ cómo podemos lograr una mejor visión de la gráfica? Ya hemos repetido varias veces la toma de datos y no tenemos tiempo para más. ¿ Cómo nos puede ayudar lo que aprendimos en la sesión anterior?* Los estudiantes propusieron, hacer zoom y cambiar la escala. Carles optó por el cambio de escala.

Ante la gráfica después de realizados los cambios de escala, Carles, cuestionó a los estudiantes: *" ¿ Cuánto tiempo duro el frenado? ¿ Cómo podemos saber cuánto es este tiempo?* Los estudiantes no tenían una respuesta y Carles les dio pistas: *" ¿ Creen que la opción Scan pueda ayudar para saber el tiempo de frenado? ¿ Qué les parece si jugamos con esta opción?* Los estudiantes comenzaron a " jugar " con esta opción y con la ayuda del profesor buscaron una respuesta: *" ¿ Cuál fue la temperatura inicial de frenado? ¿ Cuál fue la temperatura final? ¿ Qué diferencia hay entre la temperatura inicial de frenado y la final? ¿ Cuál es la causa de que haya un aumento de temperatura? Repasemos lo hecho hasta el momento .*

Carles, dio al uso de MBL durante el análisis del gráfico un carácter de " juego " donde el principal objetivo era descubrir cosas al relacionar aspectos como: el tiempo que duró el frenado, los aumentos de temperatura, la velocidad de la rueda, etc. Por último, es necesario señalar que dejó los apartados del guión de práctica, concerniente al uso de la terminología científica y a la extensión de los resultados como deberes para hacer en casa.

Conclusiones

La visión que tiene Carles sobre como aprenden los estudiantes, por *descubrimiento*, marcó su forma de usar MBL dentro del trabajo experimental. Es decir, pudimos constatar muchas coincidencias entre su forma de usar esta herramienta (sus acciones) y las recomendaciones, pero es necesario recalcar que las primeras tenían asidero en la concepción que tiene del proceso enseñanza-aprendizaje y no en el enfoque didáctico que se le propuso. En igual forma, es necesario señalar que este profesor explotó al máximo, aquellas opciones de MBL que desde su perspectiva le eran más útiles. Esto señala una reflexión sobre los posibles usos y ventajas de esta herramienta tomando en cuenta los objetivos que pretendía lograr: que los estudiantes re-descubrieran el fenómeno. Es decir, Carles supo jugar con la relación *Enfoque didáctico - propiedades de la herramienta* y usarla en beneficio de sus objetivos.

6.4 MBL como una herramienta de Auto-Afirmación: *Joan*

Los datos que han permitido la elaboración del caso de Joan provienen: 1) de dos entrevistas que se le realizaron una antes y otra después del desarrollo de la actividad experimental con MBL; 2) de la grabación audio-visual de la sesión de trabajo experimental con MBL. Esta recopilación de datos se llevó a cabo en el otoño 1998.

Joan es un profesor joven, Licenciado en Farmacia y con 6 años de experiencia en la enseñanza. En los cuatro últimos años ha impartido las asignaturas de Física y Química, a pesar de que su posición en el instituto no es permanente debido a su formación como farmacéutico, es consciente de las dificultades que puede encontrar para impartir dichas asignaturas. Joan es una persona abierta a críticas, dispuesta a cooperar y agradable en su trato con los que le rodean. Es un profesor, que busca nuevas soluciones y fuentes para mejorar sus clases. Dice considerar que el uso de MBL le ahorraría mucho tiempo lo que le permitiría llevar a cabo más actividades experimentales y quizás desempeñar su trabajo, mejor que sus colegas.

El instituto donde trabaja Joan está localizado en un pequeño pueblo residencial e industrial a 20 km de Barcelona. Joan decidió usar MBL con un grupo de 11 estudiantes, entre 15 y 16 años, con buen nivel académico, dentro de un "crédito variable" sobre energía en el laboratorio de Física y Química de su centro de trabajo. En este laboratorio disponía de 3 ordenadores con el respectivo equipo MBL instalado.

Joan es usuario de ordenadores, pero nunca antes había utilizado herramientas informáticas en sus clases. Como estaba interesado en usar MBL en sus cursos de Física asistió a algunas sesiones de formación, con la finalidad de adquirir habilidades en el uso y manejo de esta herramienta, comprender el enfoque didáctico que se le propuso y familiarizarse con la experiencia que desarrollaría con sus estudiantes. Para culminar este periodo de formación, se instaló en el instituto donde trabaja un equipo MBL, para que pusiera en práctica lo que había aprendido, en sus ratos libres.

Los estudiantes con los cuales, Joan desarrolló la actividad experimental con MBL, nunca antes habían trabajado con esta herramienta, por lo tanto desconocían el uso, manejo y funcionamiento de los distintos elementos que la conforman (interfaz, sensores y software), aunque tenían experiencia con procesadores de texto y software comunes.

Joan expresó su acuerdo con todas las Recomendaciones que recibió sobre como usar MBL con estudiantes de secundaria: "Estoy de acuerdo con todo lo que leí". Expresó su intención de que sus estudiantes superaran sus preconcepciones mediante la observación de las gráficas: "Me interesa que los estudiantes comparen sus ideas iniciales con lo que sale en la gráfica. Y ver qué piensan a partir de lo que observan".

Este profesor desarrolló con sus estudiantes, la experiencia de Equilibrio Térmico (Figura 6.3), usando MBL. Dicha experiencia esta inserta en una secuencia de enseñanza sobre energía, por tanto, el concepto de Equilibrio Térmico se introdujo a los estudiantes en una clase previa. Para usar el MBL, Joan siguió un guión de práctica producto de las modificaciones que realizó en el guión (Ver Anexo 2) que se le presentó sobre esta experiencia. Joan no deseaba sorpresas por lo que planeó todo cuidadosamente.

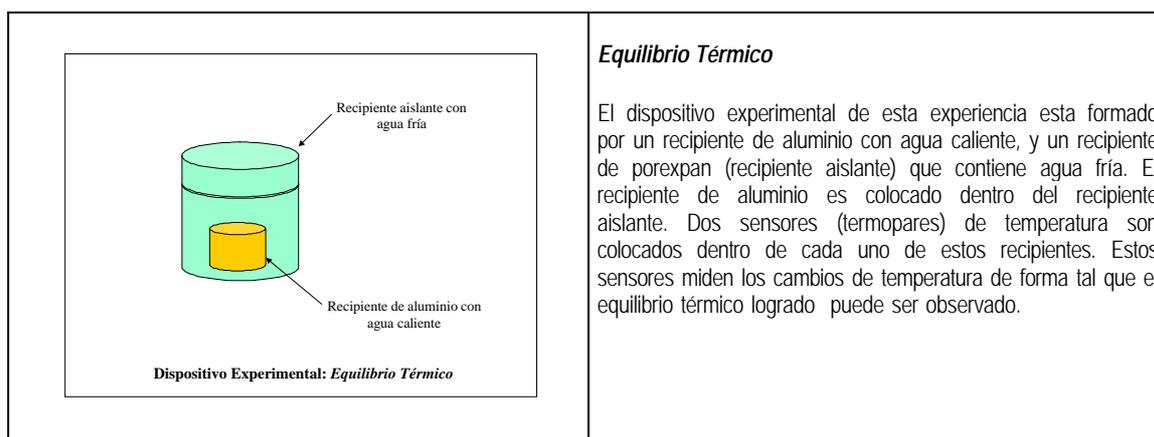


Figura 6.3

Forma en que presentó MBL y forma en que lo usó como herramienta informática

Joan no consideraba adecuado que los estudiantes aprendieran a conectar los diferentes componentes de MBL entre sí y a poner en marcha el software, ya que temí a que estos se confundieran. En consecuencia, decidió que los estudiantes no iban a implicarse en la preparación del hardware y el software de esta herramienta: " ...¿ lo hay que hacer la recogida de datos... Encontrarían todo preparado, pues como no lo saben utilizar lo más probable es que se confundan si tienen que poner settings y esas cosas... Prefiero evitar problemas, por lo tanto ¿ lo tendrán que oprimir la barra espaciadora para dar inicio a la toma de datos... El guión de práctica explica claramente el manejo del software y todo lo que hay que hacer... ¿ lo hay que

seguir sus instrucciones. Joan apostó por proteger a los estudiantes ante las posibles dificultades, en lugar de promover que adquirieran autonomía respecto a la utilización de MBL.

En consecuencia el día señalado para el desarrollo de la actividad experimental, los estudiantes al entrar al laboratorio, encontraron tres ordenadores encendidos y en la pantalla de cada uno, un plano cartesiano. Cada ordenador tenía conectado dos sensores de temperatura a la interfaz (colocada en la unidad central del ordenador) y además, el programa para la toma de datos (programa Multiscope), estaba preparado para dar inicio a la misma. Unido a esto, al lado de cada ordenador colocó los recipientes a utilizar, uno de porexpan y otro de aluminio y, la resistencia para calentar el agua. La situación planeada era absolutamente estática para controlar que no se produjera cualquier imprevisto.

Lo primero que Joan hizo, al inicio de la actividad experimental, fue distribuir a los 11 estudiantes en tres grupos de trabajo (3-4 estudiantes por grupo) y adjudicar a cada uno de estos grupos un ordenador. Seguido de esto, entregó a cada estudiante del grupo-clase el guión de práctica de la experiencia a realizar. Joan se paseaba nervioso de un grupo a otro velando para que todo funcionara bien.

Al introducir la experiencia, Joan hizo referencia a la herramienta a utilizar, MBL, diciendo: *"...Bueno usaremos el ordenador para hacer una experiencia... si no tuviera un ordenador deberíamos hacerla (la experiencia) usando termómetros, usando cronómetros... Y al hacer las lecturas tardaríamos un poco más. Observen que hay un plano (Se dirige a uno de los ordenadores y señala al plano cartesiano)... Observen que en el eje de las X, hay 60 segundos... De acuerdo. Bueno, se tratará a ahora de leer un poco la experiencia (levanta el guión de práctica que tienen en sus manos)... comiencen... y si tienen alguna duda, pregunten* .

La preocupación de Joan de que se descontrolara la situación se hizo evidente; a cada paso daba consignas o instrucciones concretas a los estudiantes. Así antes de iniciar la toma de datos, para hacer hincapié en el hecho de que el programa estaba preparado: *" Vayan a la página donde dice, Preparación del sistema...Por favor escuchen, sino después no estén preguntando... El sistema ya está preparado, ¿de acuerdo?...Observen que en todos los ordenadores hay un plano cartesiano en la pantalla...Por tanto todos están listos para la toma de datos... Lo que tienen que hacer ahora, como el sistema está preparado es... pasar a la página*

4 y hagan lo que se les indica allí , pues ya no tienen que hacer nada del apartado preparac3 n del sistema Multiscope..” .

Las indicaciones a las que hizo referencia el profesor, promovieron que los estudiantes interaccionaran con el ordenador al manipular el programa de toma de datos. Pero debido a que no tenían idea de cómo funcionaba dicho programa, desconfiguraron los settings que previamente había preparado el profesor. Esto ocurrió en los tres grupos de trabajo y, por tanto se hizo necesario que Joan volviera a preparar el programa para la toma de datos en cada uno de los ordenadores. Ello lo hizo ayudado en todo momento por las instrucciones del guión de práctica. Después de solucionado este contratiempo, Joan procedió a dar inicio a la toma de datos, para ello fue nuevamente de grupo en grupo, pero en esta ocasión con la finalidad de organizar el dispositivo experimental y encargarse él mismo, de todo lo que tuviera que ver con el manejo del ordenador. Estas acciones de Joan limitaron a cero la interacción de los estudiantes con MBL o mejor dicho con el ordenador, ya que no podían hacer otra cosa que observar como el profesor manipulaba este último. El proceder de Joan, iba dirigido a evitar problemas y contratiempos a sus estudiantes, lo que lo colocó en una situación estresante, pues estar pendiente del manejo y funcionamiento de los tres ordenadores, en todo momento, no es una tarea fácil para un solo profesor.

Por otro lado, en los rostros de los estudiantes se podía apreciar cierto aburrimiento. Cuando se cuestionó a Joan, sobre los motivos de haber manipulado el sólo el equipo señaló: *“Estaba más capacitado que ellos. Pues ellos no sabí an y si los dejo me vaí an el plan de trabajo y además por cuest3 n de tiempo”*. Por lo tanto Joan dio prioridad a seguir con el plan de trabajo establecido, antes que perder el control de la clase y quizás su propia estabilidad.

Forma en que enfocó el trabajo experimental con MBL

El enfoque didáctico que Joan quería seguir durante la actividad experimental consistió en modificar el guión de práctica que se le había entregado, eliminando algunos de sus apartados para tener suficiente tiempo para que: *“ Los estudiantes trabajen sus preconcepciones a través del apartado de predicciones”* . Así, eliminó entre otros el apartado de *“ Extens3 n de los resultados”* (el objetivo de este apartado era que los estudiantes aplicaran lo aprendido durante el desarrollo de la experiencia a situaciones más complejas, generales o cotidianas). *“Me*

interesa más que los estudiantes comparen sus " ideas iniciales" con lo que sale en la gráfica, para ver que piensan a partir de ahora .

Joan usa terminología en boga en el ambiente al hacer frases como: "Estoy de acuerdo con lo de las ideas previas de los estudiantes, las predicciones, la diversidad, la motivación... con eso estoy de acuerdo". No se apartó del conocido discurso referente a las ideas previas de los estudiantes y a los aspectos globales fomentados actualmente desde las instancias educativas.

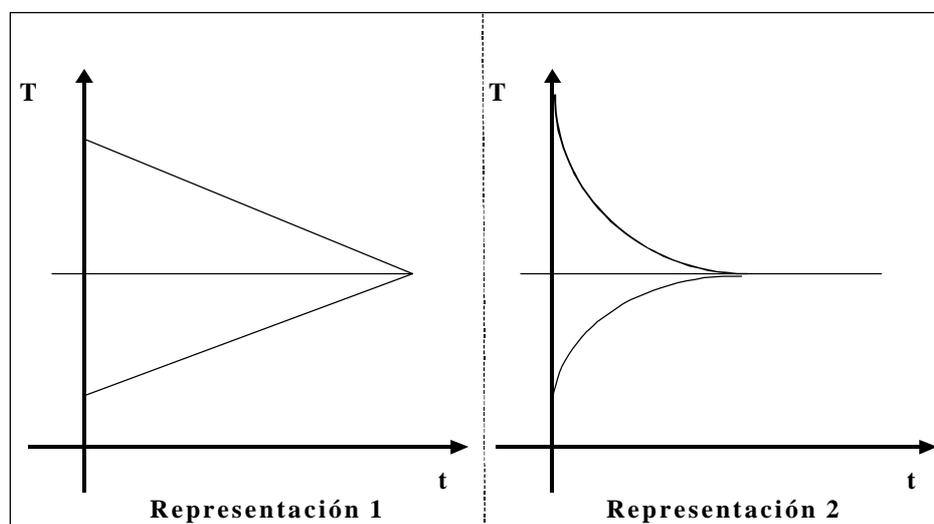
Joan intentó recuperar los conceptos introducidos en clases anteriores diciendo: " En días pasados hemos hablado del Calor y del Equilibrio Térmico. ¿ Se acuerdan? ... Explicamos como va eso del Equilibrio Térmico.." . Se dirigió a una estudiante y le solicitó que explicara lo que se había dicho sobre el Equilibrio Térmico, en clases anteriores, a sus compañeros. La estudiante respondió diciendo: " Si acercabas un cuerpo que estaba más caliente que otro... El que estaba más caliente pasaba calor al otro y terminaban a la misma temperatura" . Joan dio por buena la respuesta de la estudiante.

Las explicaciones de Joan, sobre lo que se debía hacer y sobre el contenido conceptual eran pobres: " Hay que seguir lo que dice el guión de práctica" . En aquellos momentos en que los estudiantes se mantenían sin hacer nada, decía: " Mientras esperan vayan leyendo lo que tienen que hacer, en el guión de práctica... En principio tienen que leer no esperen que se los diga todo yo" . Estas escasas explicaciones podrían interpretarse como silencios "impuestos" por una gran inseguridad por parte de Joan al sentirse observado y grabado en vídeo.

En cuanto a las predicciones, las planteó de la siguiente forma: " lo siguiente que tienen que hacer, es contestar unas preguntas y hacer una serie de predicciones... Escriban" . Ante esto los estudiantes comenzaron a leer las cuestiones sobre como creían que iba a evolucionar la temperatura del agua en los dos recipientes. En dos de los tres grupos de trabajo, cada estudiante respondió las predicciones de forma individual. En el restante grupo, los estudiantes discutieron entre ellos las preguntas del guión de práctica, referente a las predicciones y luego procedieron a escribir las respuestas. Joan no propuso la forma de trabajar las predicciones, es decir las dinámicas de trabajo utilizadas por los estudiantes fueron iniciativas de ellos.

Joan interrumpió a los estudiantes durante el tiempo dedicado a realizar las predicciones, para explicar la forma de montar el dispositivo experimental: " *Dentro de la flanera (el recipiente de aluminio) pondremos agua fría a... Y por fuera de la flanera, dentro del recipiente de porexpan, pondremos el agua caliente (dio estas indicaciones con ambos recipientes en las manos y a medida que hablaba los movió a dirigiendo la atención de los estudiantes sobre los mismos). El agua caliente previamente la habremos calentado con la resistencia que les enseñé hace un rato* ". Parecía mostrar que se había dado cuenta de que los estudiantes estaban haciendo predicciones sin otros elementos de referencia, que los dibujos del guión de práctica. Terminada esta explicación los estudiantes continúan trabajando las predicciones.

Muchos de los estudiantes hicieron buenas predicciones de la gráfica a obtener, pero algunos no fueron capaces de imaginar la forma de la curva para el agua caliente y para el agua fría. Las discusiones de los estudiantes, durante las predicciones giraban en torno a si la forma de la gráfica, estaría constituida por líneas rectas o curvas, de allí que algunos dibujaron dos líneas rectas que convergían en un punto, en el cual terminaba la gráfica (Representación 1). Otros en lugar de unir líneas rectas en un punto, unían líneas curvas (Representación 2).



Joan asignó 15 minutos para hacer las predicciones pero al terminarlas no promovió un debate general de las mismas. Al cuestionarlo sobre esta decisión dijo: " *No promoví la confrontación y discusión de las predicciones por falta de tiempo* ". El tiempo, fue utilizado para resolver dificultades de manejo del equipo informático, pero no pudo ser utilizado para analizar el fenómeno.

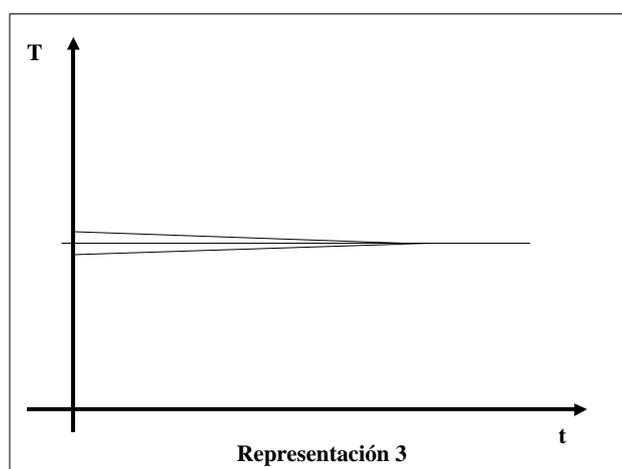
Joan expresó su intención e interés en que los estudiantes usaran términos científicos diciendo: *“ Me interesa que los estudiantes aprendan a utilizar términos científicos. Por ejemplo, que en lugar de decir “ el agua se ha vuelto tibia ” , digan que “ el agua ha llegado a un equilibrio térmico ” .* A pesar de ello, durante el desarrollo de la experiencia no hizo referencia a estos aspectos, ni revisó los guiones de práctica para comprobar el uso del lenguaje científico.

Forma en que usó MBL para el análisis e interpretación de gráficos

Esta experiencia, conceptualmente poco problemática puede ser una buena herramienta para introducir el uso de MBL y aprender a dibujar unas gráficas que ya pueden intuirse.

Previo al desarrollo de la experiencia, Joan manifestó su intención de que sus estudiantes dominaran el lenguaje de las gráficas: *“ Me interesa que los estudiantes aprendan a interpretar los resultados obtenidos a partir de la gráfica ” .*

La gráfica obtenida por uno de los grupos de trabajo no representaba de forma clara el fenómeno de Equilibrio térmico. Como Joan demoraba mucho tiempo para dar inicio a la toma de datos después de introducidos los sensores en el agua fría y en el agua caliente, la toma de datos se iniciaba cuando el agua de ambos recipientes estaba casi a la misma temperatura y la diferencia con respecto a la temperatura de equilibrio era mínima. Las dos gráficas eran casi líneas rectas, muy cercanas (Representación 3). Las razones de la forma no esperada de la gráfica, no fueron explicadas. No se sabe si esto se debió a que Joan en su afán de evitar dificultades y contratiempos a sus estudiantes, no tomó en cuenta que él no podía estar pendiente de todo (de lo que hacían los estudiantes, del manejo del programa, de dar explicaciones, etc.) sin delegar responsabilidades a terceros, en éste caso, en sus estudiantes. Todo ello ocasionó que no pudiera detenerse un momento para hacer las observaciones pertinentes sobre los problemas que tenía la representación gráfica obtenida en cada grupo de trabajo.



Inicialmente Joan, había empleado su experiencia docente para decidir las prioridades en la distribución del tiempo y para elegir las opciones del software a utilizar:

- *“Entonces, como es también cuestión de tiempo, me interesa más que analicen el gráfico a que realicen cambios de escala. Que vean que a partir de dos temperaturas se va llegando al equilibrio térmico y así pues, eh... que se llega a una temperatura de igualdad”.*
- *“El ZOOM se utiliza para ver puntos interesantes de la gráfica. En esta gráfica de equilibrio térmico no hay ningún punto interesante que se deba resaltar. Lo único que hay es que se va llegando al equilibrio térmico, que van llegando las dos a la misma temperatura”.*
- *“En esta experiencia no es importante realizar cambios de escala. Al hacer cambios de escala lo único que hacemos es cambiar la forma de la gráfica. Es decir, la estamos haciendo más alargada, más anchas”.*

Al tener la representación gráfica en la pantalla del ordenador, la pregunta de Joan a los estudiantes era la siguiente: *“¿Qué pasa en la experiencia según el gráfico?”* A continuación se alejaba sin esperar la respuesta de los estudiantes. Quizás, de nuevo, esto se debía a la inseguridad ante el hecho de sentirse observado o bien ante el hecho de verse sorprendido por la gráfica real y tener que responder a las posibles preguntas de los estudiantes. Al cuestionarlo en este sentido dijo: *“No me extendí en el análisis de los resultados por la falta de tiempo lo que también me impidió profundizar en los conceptos. Faltó tiempo para hacer la práctica y comentar las gráficas”.*

La siguiente sesión de clase, después de la realización de la experiencia con MBL, fue destinada a un tema nuevo sin dedicar algún tiempo a retomar las gráficas de la sesión anterior.

Joan manifestó su satisfacción con la experiencia realizada. Él había sido capaz de introducir una innovación dentro del trabajo experimental, pese a su reputación de farmacéutico, como buen profesor de Física y por otro lado había cambiado su rutina diaria.

Conclusiones

El uso de MBL representó para Joan, muchas dificultades, lo que supone darse cuenta de que la formación que se le dio no le ayudó a superar sus temores y a comprender las utilidades que tiene esta herramienta dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La actitud paternalista y protectora de Joan, no pudo mantenerse al verse superado por las dificultades técnicas del uso de una herramienta con la que no tenía dominio y seguridad plena de la situación. La innovación lo llevó a retroceder a formulas magistrales en las que él era el único que utilizaba el equipo informático y los estudiantes debían seguir sus acciones. Reaccionó pues limitando la autonomía de éstos. Esta situación que parecía estar por encima de sus posibilidades acarreó también una falta de profundización en los conceptos involucrados en la experiencia y una falta de análisis de las gráficas obtenidas. A pesar de ello, la satisfacción manifestada por Joan por utilizar MBL hace pensar que otros aspectos no desdeñables y lejos del empeño por un buen rendimiento académico de los estudiantes, intervienen en la práctica de un profesor.

6.5 Visión tradicional de la enseñanza y el uso de herramientas informáticas modernas:

Xavier

Los datos que han permitido la elaboración del caso de Xavier provienen de: 1) dos entrevistas que se le realizaron una antes y otra después de la actividad experimental con MBL; 2) la grabación audiovisual de tres sesiones de trabajo experimental con MBL. Esta recopilación de datos se llevó a cabo en el invierno 1998-1999.

Xavier es un profesor de Química con once años de experiencia como docente. Esta cerca de los treinta y cinco años, activo, de mente abierta y muy interesado en aplicar nuevas formas de enseñar. Tiene mucha confianza en las posibilidades que ofrecen los ordenadores para mejorar la enseñanza de la Física. Xavier muestra un nivel muy importante de interés y de inseguridad al mismo tiempo, en cuánto al trato con los adultos. Tiene una relación distante con sus estudiantes.

Xavier usó herramientas informáticas, en sus clases de Ciencias, por primera vez en 1996. En esa ocasión utilizó un software de simulación durante los cursos elementales de Química.

Aunque no conocía MBL, aceptó entusiasmado usarlo con sus estudiantes dentro de la actividad experimental. Para ello, se le dieron una serie de sesiones de formación con la finalidad de que adquiriera habilidades en el uso y manejo de esta herramienta, comprendiera el enfoque didáctico que se le propuso y se familiarizara con la experiencia que desarrollaría con sus estudiantes. Después de este periodo de formación, se instalaron dos equipos MBL, en dos ordenadores de su instituto, situados en el laboratorio de Física para que desarrollara la experiencia que eligió realizar.

Xavier decidió usar MBL con un grupo de 12 estudiantes entre 15-16 años, en un curso de Física al desarrollar una de las tres experiencias que se le propusieron (Figura 6.4). Estos estudiantes nunca antes habían usado herramientas informáticas en sus clases, pero eran usuarios de software y procesadores de textos comunes. Decidió desarrollar con estos estudiantes la experiencia *Dispersión de la Energía* (Ver Anexo 2).

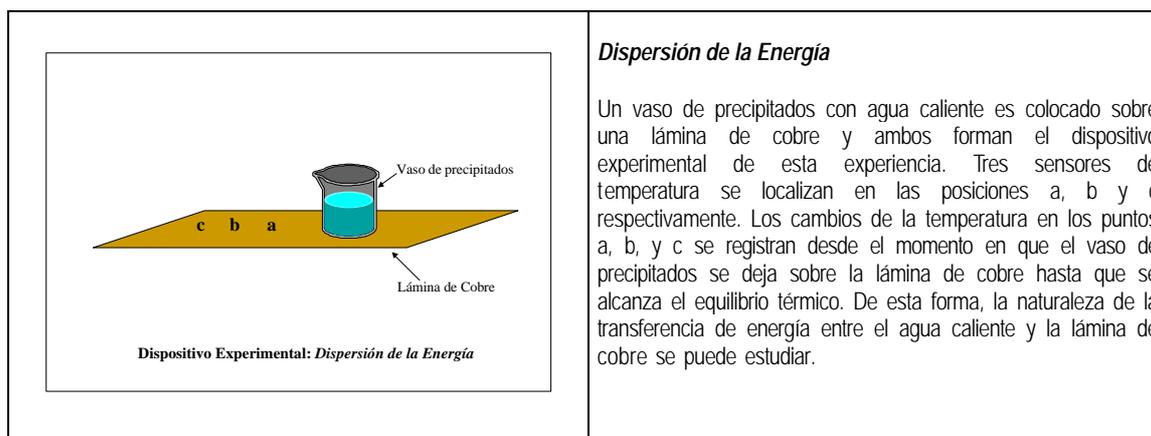


Figura 6.4

Forma en que presentó MBL y forma en que lo usó como herramienta informática

El día previsto para la actividad experimental los estudiantes encontraron todo listo para el desarrollo de la misma, dos ordenadores con el equipo MBL instalado y los distintos componentes del dispositivo experimental preparados para ser usados.

Después de informar a los estudiantes de lo que tenían que hacer y después de que estos habían hecho las predicciones, Xavier se centró en presentar los elementos que forman MBL: "Bien, ... Esto es el amplificador. O. K... Es necesario tener el cable para conectarlo al ordenador... Y eso es el sensor de temperatura... El sensor se pondrá aquí y se conectará al ordenador... bien...". Xavier presentó, además, el dispositivo experimental: " ~~Está~~ es la lámina de aluminio... el vaso de precipitados. El agua será calentada con esta resistencia . A medida que mencionaba los distintos elementos a utilizar los mostraba a los estudiantes.

A continuación de lo anterior dio indicaciones para preparar el software para la toma de datos: " Bueno, lean la preparación del programa Multiscope... Vale. Primer paso (lee en voz alta el guión de práctica)... Comprueben lo que dice el apartado G... Comprueben el tiempo de toma de datos que dice allí y cóquenlo en la opción settings." Xavier optó por orientar la preparación del programa Multiscope, para ello iba de grupo en grupo y repetía las indicaciones del guión de práctica.

Se le pidió a posteriori, que señalará cuales fueron las recomendaciones que le fueron más útil y cuáles le fueron menos útiles. Ante esta pregunta comenzó a leer las recomendaciones por primera vez. Leía y después de una pequeña pausa comentaba la lectura: "Es necesario hacer una primera sesión práctica sencilla para introducir el software con aquellos estudiantes que nunca han usado el programa y así mostrarles las opciones más importantes..." Comentario: " *Esta es básica, está es normal y, es necesaria. O sea, que uno este trabajando... un ratito con el software. Eso es básico* . Sin embargo, el no trabajó de esta manera. Cuando se le preguntó por qué había variado la propuesta, respondió: " *Se lo presente en la misma experiencia. ¿ No recuerdas? Bueno... a ver un momento, cuidado. Yo el software se lo presente a ellos. Claro, ellos (los estudiantes) llegaron cuando el programa... estaba abierto. Y ellos claro... Lo único que hicieron fue seguir las instrucciones del guión de práctica... Seguí el guión de práctica* . Por lo tanto, Xavier entendió que la recomendación sobre la necesidad de introducir el software, antes de usarlo con los estudiantes, era seguir el guión de práctica.

Xavier no comprendió la idea de que los estudiantes debían construir un modelo o una representación mental de los distintos componentes del equipo MBL. Esto se pudo detectar analizando su comentario ante la lectura de la recomendación que hacía referencia a este aspecto: "Un apropiado uso de la tecnología de MBL requiere que los estudiantes hayan construido sus propias ideas sobre cómo trabaja un sensor y hayan elaborado su propio modelo de la relación entre sensores, interfaz, y ordenador...". Su comentario fue: " *El estudiante no tiene que saber como trabaja un sensor. ¿ Cómo trabaja el sensor de movimiento? Bien, usando un infrarrojo. ¿ Los estudiantes saben algo acerca de qué es un infrarrojo? Eso no se enseña en el nivel elemental* . No mostró comprender que construir una representación mental de un equipo informático y sus componentes no implica, necesariamente, conocer los fundamentos teóricos de su funcionamiento técnico.

Al preguntarle acerca de las ventajas de usar la tecnología MBL dijo: " *Antes uno tenía que coger un papel milimetrado, localizabas los puntos... Y ahora lo hace el ordenador... y luego tu lo sacas por impresora y ya lo tienes... Es la ventaja principal que veo yo.*" El modelo mental de MBL que él supone que los estudiantes debían construir era el de un dispositivo que simplifica el trabajo: " *Lo que es importante es que los estudiantes sepan que el sensor es algo que facilita el trabajo, toma las medidas y que las puedes manipular usando un ordenador.*" Esta opinión acerca de las

ventajas de MBL, esta formulada en términos sólo utilitarios, es decir, de rentabilidad del tiempo y no tanto como ventajas para el proceso de aprendizaje.

Las siguientes líneas muestran lo que Xavier vio como las desventajas de usar MBL: “ *los estudiantes podrí an... correrí an el peligro de perder estas habilidades manuales... de hacer la grá fica o de calcular resultados... Entiendes lo que te quiero decir. ¿ No? Como en una experiencia lo hace todo el ordenador... igual el estudiante al final se acostumbra... a que el trabajo lo haga el ordenador y ya no se preocupa de hacer é l, la grá fica manualmenté . Para resolver este riesgo Xavier propuso alternar el uso de las diferentes potencialidades de MBL: “No hay problema porque son cosas que se pueden ir alternando. Tu puedes hacer algunas grá ficas por ordenador, o por ejemplo dices: A medida que el ordenador hace las grá ficas, las vamos a hacer nosotros manualmente... Así puedes jugar... O dices los cá lculos los vamos a hacer nosotros manualmente... y no el ordenador” . Parecían respuestas para salir del paso a unas preguntas a las que se ve abocado a contestar.*

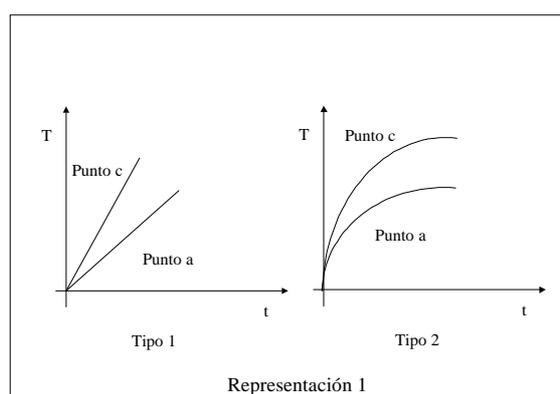
Forma en que enfocó el trabajo experimental con MBL

La primera acción de Xavier, al inicio de la actividad experimental, fue repartir a cada estudiante el guión de práctica y dar indicaciones generales sobre lo que se iba a hacer: “ *En esta primera hora de laboratorio lo que tienen que hacer es leer las pá ginas del guí n de prá ctica, la primera, la segunda, la tercera y contestar las preguntas que se les hace. A la siguiente hora hará n la experiencia como tal. Vale... Tomará n las medidas con ordenador... con sensor... En la ú ltima hora trabajarán los datos coné l programa informá tico. Vale.”*

La explicación dada por Xavier a sus estudiantes, sobre la experiencia a realizar, centraba la actividad en torno al guión de práctica, sobre el cual dio las siguientes instrucciones: “ *Bieno después de leer el guí n de prá ctica, se dedican a hacer las predicciones... Las predicciones que ustedes hacen sobre lo que pasará en esta experiencia... Vale. Aquí (sñ ala el guí n de prá ctica) tienen toda la experiencia explicada... Todo explicado en la primera pá gina... En los apartados A, B, y C... ¿ De acuerdo? Y sñ lo deben contestar los apartados D y E, allí está n las predicciones. ¿ De acuerdo? Cuando acaben, entonces, hará n el apartado F: Preparabñ n de sistema de medida. ¿ De acuerdo? . Después de esto, Xavier se dedicó a vigilar, a lo largo de la experiencia, que los estudiantes hicieran lo que les había indicado.*

Cuándo se le preguntó su opinión sobre la experiencia realizada, expresó que las "predicciones" y "la toma de datos", fueron para él los aspectos más interesantes de toda la actividad. Justificó su opinión diciendo: "La predicción es importante porque veo que casi todos los estudiantes han encontrado la respuesta correcta acerca de cómo debería ser el gráfico... La toma de datos la hicieron bastante bien".

En el guión de práctica se promovía que los estudiantes predijeran la forma de la gráfica: Dibuja la forma que piensas tendrá la gráfica temperatura-tiempo al colocar el sensor de temperatura en el punto **a** y **c** señalado en la figura 1. En este sentido, un número considerable de estudiantes presentaron dos tipos de predicciones (Representación 1), en ambas la altura y la forma recta o curva de las gráficas fueron factores determinantes. Es decir, los estudiantes dibujaron curvas o líneas rectas partiendo del origen, con diferentes alturas. La línea o curva de menor altura representaba el punto **a** y la línea o curva de mayor altura representaba el punto **c**. Esto era algo incorrecto, pues el punto **a** era el más próximo a la fuente de calor y el punto **c** era el punto más alejado de la fuente de calor. Por tanto, esto nos dice que los estudiantes no estaban pensando en la temperatura, sino en la distancia de separación entre los puntos a analizar y la fuente de calor. Unido a esto está el hecho que aquellos estudiantes que opinaban que la gráfica a obtener sería una línea recta, donde la temperatura estaba en aumento, no tomaron en cuenta que en un momento determinado la temperatura dejaría de subir. Xavier no se percató de esta confusión en los estudiantes.



Se advirtió alguna confusión en Xavier acerca de los conceptos didácticos durante las entrevistas. Por ejemplo, parece que no distingue entre la evaluación diagnóstica inicial para

conocer las ideas previas de los estudiantes y la predicción de los resultados dentro de la experiencia. *"Antes de explicar la teoría a tienes que hacer es una" predicción inicial para ver que ideas tienen los estudiantes sobre aquello."* Y dice también: *"Si tienes que hacer una práctica va bien hacerlo de esta manera. Les haré a una predicción inicial o sea la evaluación inicial, el desarrollo de la práctica, conclusiones y que comparen con las predicciones iniciales"*.

Por otro lado, Xavier consideró casi todas recomendaciones propuestas como *"básicas y naturales"*, pero piensa que es necesario tomarlas en cuenta sólo para los cursos de Secundaria obligatoria. Él considera una pérdida de tiempo organizar estrategias didácticas en formas de ciclos de aprendizaje para llevarlas a los estudiantes de bachillerato (16-18), ya que tienen que cubrir el programa de las asignaturas científicas para pasar el examen que les permitirá ingresar a la universidad. *"Estoy agobiado con el programa. Tienes que acabar un programa por que los estudiantes tienen que hacer el examen de selectividad para entrar a la universidad. Entonces, yo de esto en bachillerato me olvidé bastante. A ver, bueno, si lo han entendido bien... sino... lo que no puedo hacer es perder el tiempo en volverlo a explicar... Lo que no puedo hacer es perder el tiempo en hacer una evaluación inicial, desarrollar el tema... ver los resultados, volver a las predicciones iniciales para que comparen.. Con eso se pierde mucho tiempo"*. Y repite la idea: *"Me faltan horas y tengo que terminar el programa"*. Considera pues que el modelo de enseñanza presentado no le es útil para cumplir con los objetivos de la selectividad y que el mismo tiene validez con cierto rango de estudiantes. Es decir, las nociones didácticas difundidas en los últimos años son poco eficientes comparadas con el método de enseñanza que acostumbra utilizar al promover el aprendizaje en sus estudiantes.

La visión del trabajo experimental de Xavier puede ser inferida de las observaciones de las sesiones de laboratorio y sus manifestaciones, además de que expresó dos opiniones diferentes y contradictorias. Por un lado, Xavier concibe el trabajo de laboratorio como un trabajo de manipulación basado en la recolección de datos: *"La práctica es... sólo esto: la toma de datos"* O él dice: *"Por lo menos, a los estudiantes modernos les gusta manipular las cosas"*. Por otro lado, él concibe el trabajo de laboratorio como una práctica y de las conclusiones que proporciona se puede inferir la teoría. Por ejemplo, dijo que los estudiantes podían inferir la idea de *Dispersión de la energía* a del desarrollo del trabajo experimental donde un termopar se coloca a distancias diferentes de un objeto caliente: *"Los estudiantes no tienen que saber la teoría"*. El mostró su

desacuerdo con la idea incluida en las recomendaciones al profesor: "La inducción del modelo no es posible ni pretenderlo sería adecuado". Xavier dijo explícitamente: *"Bien, yo en principio no estoy de acuerdo con esto. Cuando quiero explicar algún concepto teórico, pienso en alguna práctica que podamos hacer. La práctica se hace primero, y la teoría se desarrolla de esta práctica."* Por tanto, parece que Xavier a partir de su formación como profesor ha desarrollado la visión de que en el laboratorio se descubren los conceptos a partir de un proceso de inducción, lo que es muy útil para los estudiantes al momento de comprender los conceptos que se intenta que aprendan. Por otro lado, sus declaraciones se basan en argumentaciones que reflejan una concepción ampliamente extendida entre los profesores de las escuelas secundarias: la importancia del esfuerzo: *"es una buena forma de que los estudiantes piensen... Nosotros no les podemos dar todo a los estudiantes"*.

Xavier piensa que el guión de práctica ofrecido para este trabajo experimental es suficiente para los estudiantes y que el papel del profesor debe ser el de dar estímulo, aceptar o rechazar.

"Desde el momento que le estoy dando un guión de práctica, ya los estoy guiando, ya les estoy dando una guía... Luego, quizás al principio, tengas que comentarle un poco. Pero se supone que ellos ya han leído lo que tienen que hacer. Lo tienen en su guión... Ellos pueden trabajar... Tu les das el guión y ya lo estas guiando. Le dices ¿anse el guión... Vale. Hacen (los estudiantes) la parte de predicción. Pasamos hacer la parte de la toma de datos. En la parte de toma de datos, quizás necesite una guía, alguna recomendación que creas importante y que no este en el guión... que sea necesario recalcar... Como por ejemplo, decir: Atención que el sensor tiene que tocar al punto, poner el celo y no tocar con el dedo, que no aumenta... Cuando toman datos, yo les digo que ellos (los estudiantes) lo tienen que hacer solos" .

Xavier mantiene su visión particular del papel del profesor: *"Tú observas. Si ves que alguno lo esta haciendo mal, te acercas y se le dices lo que esta haciendo mal. O ellos te van preguntando. Pero mi idea es de que en las partes de toma de datos ellos deben estar solos que lo hagan ellos, que lo manipulen ellos, y tú estas observando para comprobar que lo hacen bien. Y que ellos te vayan haciendo preguntas, ¿ esto cómo se hace? Tú , les dices ételo o se lo explicas. En la toma de datos yo creo que ellos pueden ser bastante autónomos. Y en la parte del análisis, depende, yo creo que debe ser como una interrelación... Tu los tienes que guiar*

pero también n, los tienes que soltar. Pero intervienes cuando sea necesario, cuando creas que lo está n haciendo mal!" Su visión del papel de un profesor es, pues, la de supervisar que se cumplan las indicaciones que él ha dado.

Al observar la clase de Xavier se hizo, también explícita esta visión del papel del profesor. Caminaba alrededor de la clase, observaba lo que los estudiantes hacían y escribían.

Al desarrollar la experiencia, Xavier hizo muchas preguntas a los estudiantes. No obstante, el no contestó las preguntas que ellos le hicieron, quizá a causa de sus preconcepciones sobre los métodos y el ejercicio de la autoridad. Un estudiante le hizo la siguiente pregunta: " *¿O mo lo haí as?"* La respuesta de Xavier fue " *Ū debes contestar como lo haí as tu. OK ... Yo les doy libertad de contestar lo que ustedes quieran, lo que ustedes crean que es la respuesta correcta. Por lo tanto, yo no les puedo decir nada..."*

Xavier fue consistente con su visión del rol del profesor, pues, hizo más énfasis en el trabajo individual que en el trabajo cooperativo entre los estudiantes: " *No quiero que comenten con otra persona lo que hacen. Es una respuesta personal, es un trabajo individual'* . Se refería a rellenar los espacios en blanco en el guión, dispuestos para responder las cuestiones que contenía, ya que se veían obligados a trabajar en grupo para la toma de datos, dado el bajo número de equipos informáticos instalados. Había un elevado silencio durante toda la sesión de clase.

Forma en que usó MBL para el análisis e interpretación de gráficos

En lo que se refiere al análisis e interpretación de los resultados, que se llevó a cabo en la tercera sesión de la experiencia, el mismo consistió en nuevas instrucciones sobre lo que se debía hacer: " *Ahora deben trabajar los datos obtenidos, para ello deben seguir las indicaciones del guñ n de prá ctica... El apartado de Aná lisis e Interpretacö n de los resultados... Van trabajar los datos y despué s deben responder una serie de preguntas. Todos a trabajar'* . Xavier caminó alrededor de toda el aula. Observaba atentamente lo que hacían los estudiantes: Describir el proceso estudiado a través de la lectura del gráfico, encontrar similitudes y diferencias entre la gráfica predicha y la trazada en la pantalla del ordenador, cambiar la escala de los ejes del gráfico; analizar la tabla de datos y compararla con su representación gráfica, detectar diferencias y similitudes entre las gráficas obtenidas experimentalmente, usar terminología

científica para explicar el fenómeno estudiado, etc. Es decir, fue consistente con su visión sobre el papel del profesor y sobre la guía o ayuda que se le debe brindar a los estudiantes.

Conclusiones

Xavier fue capaz de seguir, palabra por palabra, las pautas propuestas en el guión de práctica de la experiencia. Sin embargo, no compartió las indicaciones didácticas fundamentales de las recomendaciones en cuanto al uso de MBL. En el *decir* y en el *hacer* de Xavier hubo consistencia, en cuanto a sus visiones sobre el papel del profesor, el trabajo experimental, el guión de práctica, etc. Es necesario señalar, además que la poca efectividad y a la vez, poca credibilidad que para Xavier tienen algunas nociones desarrolladas desde la didáctica, así como la confusión que ha manifestado tener sobre las mismas, por ejemplo el uso de un ciclo de aprendizaje para promover el aprendizaje en los estudiantes de forma más efectiva, hace pensar en que se hace imprescindible una reestructuración de la formación de profesores, inicial y continua. Pues, a pesar de los esfuerzos que se hacen, desde las instancias educativas y el campo de la investigación en didáctica, algunos profesores, como Xavier, continúan manteniendo visiones muy tradicionales con respecto al proceso de enseñanza-aprendizaje.

6.6 Que los estudiantes aprendan si quieren: *Ricardo*

Los datos que han permitido la elaboración del caso de Ricardo provienen de la grabación audiovisual de la actividad experimental y de una entrevista que se le realizó después de la misma. Esta recopilación de datos se llevó a cabo en el otoño-invierno de 1998.

Ricardo es graduado en Química, con 15 años de experiencia como profesor de secundaria y durante este período de tiempo, ha enseñado las asignaturas de Física y Química, a estudiantes de entre 15 a 18 años. Actualmente, tiene un puesto administrativo en el instituto donde trabaja. Esta más acostumbrado a enseñar a estudiantes de los niveles superiores, que a estudiantes de los niveles básicos. Estos últimos recientemente han invadido " *las clases*" debido a la Reforma de la Escuela Secundaria.

Ricardo ya había tenido experiencia, no muy fructífera, con el uso de herramientas informáticas en sus clases, debido a que y según sus propias palabras: "*El uso y manejo del equipo era muy sencillo en algunas ocasiones y muy complejo en otras*". Comentó, además: "*Tengo mala suerte con los ordenadores*". Nunca antes había usado MBL en sus clases, específicamente el equipo COACH, por lo que asistió a algunas sesiones de formación con la finalidad de adquirir habilidades en el uso y manejo del mismo, comprender el enfoque didáctico que se le propuso y familiarizarse con las experiencias que desarrollaría. Además de esto, en el instituto donde trabaja Ricardo se instaló un equipo MBL, para que pusiera en práctica en sus ratos libres, lo que había aprendido durante dichas sesiones.

Este profesor, utilizó MBL con dos grupos de estudiantes, de distintos niveles, que nunca antes habían utilizado esta herramienta, específicamente 25 estudiantes de IV de ESO (15 y 16 años de todo rango de habilidades) y 25 estudiantes de Primero de bachillerato (16 y 17 años de secundaria obligatoria orientados hacia estudios universitarios). Según Ricardo, los estudiantes de IV de ESO (*grupo 1*) se caracterizaban por su desinterés por el estudio, contrario a los estudiantes de Primero de Bachillerato (*grupo 2*), que por otra parte eran muy inquietos. Ambos grupos poseían una característica en común, la cual fue patente durante el desarrollo de la actividad experimental con MBL: la indisciplina. Ricardo no se mostró preocupado por esto y al cuestionarlo en este sentido, expresó que *la indisciplina o la falta de atención en la clase por parte de los estudiantes no indica falta de interés por la asignatura*. Es, más bien, consecuencia

de su inquietud. Además, Ricardo dice no tener *interés en enseñar a estudiantes que no quieran aprender*.

Para el desarrollo de la actividad experimental, con MBL, Ricardo utilizó el laboratorio de Física y Química de su instituto, en el cual dispone de tres ordenadores donde se instalaron tres equipos MBL.

Ricardo usó MBL, al desarrollar dos de las tres experiencias que se le propusieron (Figuras 6.5 y 6.6). Es decir, decidió desarrollar las experiencias de *Equilibrio Térmico* y *Dispersión de la Energía* (Ver Anexo 2).

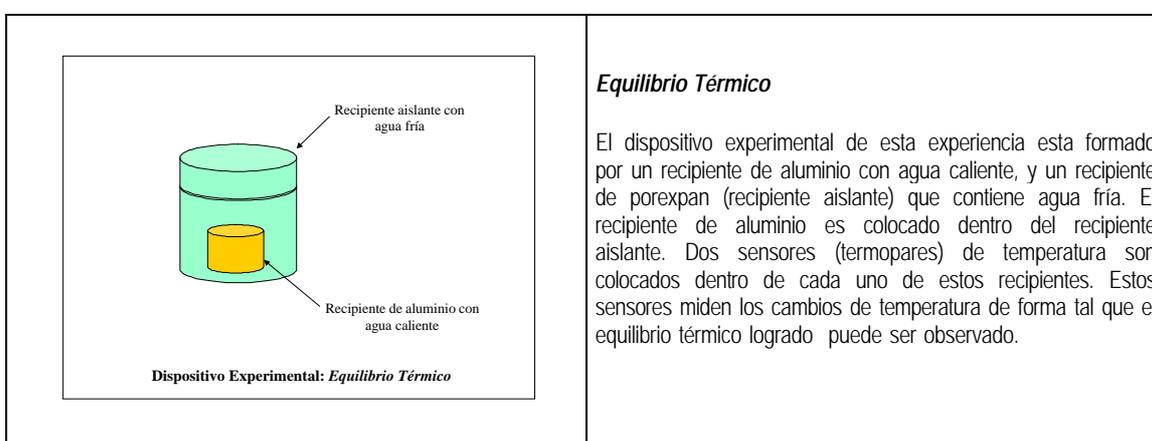


Figura 6.5

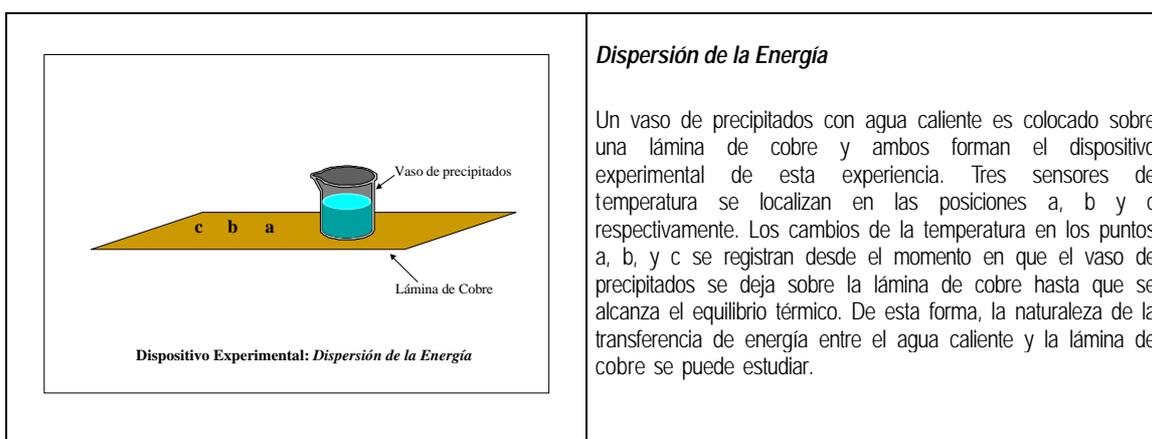


Figura 6.6

Por último, es necesario señalar que este profesor manifestó estar de acuerdo con las recomendaciones que se le hicieron sobre la forma de usar MBL dentro de la actividad experimental, con estudiantes de secundaria.

Forma en que presentó MBL y forma en que lo usó como herramienta informática

Se recomendó a Ricardo que si sus estudiantes no estaban familiarizados con MBL era conveniente, previo al desarrollo de la actividad experimental, hacer una breve descripción del sistema (elementos que lo componen y la relación que existe entre los mismos; ventajas, etc.). Pero, Ricardo no lo consideró necesario y optó por familiarizar a sus estudiantes con esta herramienta durante la actividad experimental y no previamente a la misma.

Este profesor al presentar MBL, a los estudiantes del *grupo 1*, dijo lo siguiente: " *El proceso de medida de temperatura es lo que vamos a automatizar con un programa informático y con una serie de sensores... Vamos a introducir aquí (señala el vaso de precipitados que contiene agua), un sensor que va a medir la temperatura del agua a lo largo del tiempo* ". Los estudiantes no mostraron interés por obtener más información con respecto a MBL al ser presentado como un sistema automático de recogida de información.

Al presentar MBL a los estudiantes del *grupo 2*, Ricardo en primer lugar les notificó que la experiencia a realizar se llevaría a cabo con la ayuda de un ordenador: " *Y para todo esto utilizaremos un ordenador* ". Los estudiantes expresaron sus dudas: " *Pero, con el ordenador no es tan real* ". Ricardo intentó debatir esta idea: " *Elena, es igual... Es igual de real, que cuando tú pones un termómetro dentro de un frasco para determinar la temperatura que tiene* ". El profesor reforzó sus explicaciones: " *El análisis, es el mismo que realizarías si usaras un termómetro, sólo que tomas un montón de medidas. La diferencia entre hacer la experiencia con un sensor y un termómetro radica en la precisión. O sea, el margen de error que tenemos cuando hacemos un experimento con un termómetro, es mayor. Además, el programa de esta herramienta nos va a permitir un tratamiento de los datos* ". Los estudiantes, aparentemente, aceptaron esta explicación.

En cuanto al manejo del software de MBL para la toma de datos y el correspondiente análisis de los mismos, Ricardo optó por evitar dificultades a los estudiantes de ambos grupos. En

consecuencia, tanto los estudiantes del *grupo 1*, como los del *grupo 2*, al entrar al laboratorio encontraron los sensores conectados al ordenador y el software preparado para la toma de datos.

Lo anterior significó para los estudiantes del *grupo 1*, que su interacción con MBL estaba mediada, en todo momento, por las instrucciones del profesor. “ *Para dar a inicio a la toma de datos sólo lo deben oprimir la tecla Enter ; Vayan al Menú Measure (Medir), seleccionen Star (Inicio) y luego presionen la tecla Enter (Entrar). Después observen lo que pasa y respondan las preguntas del guión de práctica* . Ricardo leía estas instrucciones del guión de práctica. Pero no se evidenció un interés por favorecer la autonomía de los estudiantes desde el inicio. La repetición de sus acciones parecía ser el modo previsto para aprenderlas. Pero, la mayoría de los grupos de trabajo, del *grupo 1*, no siguieron al pie de la letra las instrucciones dadas, pues se entretenían jugando con las distintas opciones del software y en consecuencia desconfiguraron la preparación hecha por Ricardo al programa de toma de datos. Ello tuvo una consecuencia inmediata, el profesor volvió a preparar el programa para la toma de datos. Después de solucionado este inconveniente ocasionado por los estudiantes, dijo: “ *No toquen nada, el ordenador está listo* . En consecuencia, durante la toma de datos Ricardo se encargó del manejo absoluto del software de MBL y en esta circunstancia, asignó a los estudiantes la tarea de observar lo que pasaba en la pantalla del ordenador: “ *Miren lo que pasa y respondan las cuestiones del guión de práctica. Después harán preguntas* .

En el *grupo 2*, formado por los estudiantes de bachillerato, la interacción con MBL, se caracterizó porque Ricardo cuando la mayoría de los grupos de trabajo, no siguieron sus instrucciones y desconfiguraban el programa para la toma de datos, les permitió participar en la solución del problema. En estos casos, promovió seguir las instrucciones del guión de práctica para volver a preparar el programa, él sólo vigilaba que se siguieran al pie de la letra. Había una camaradería marcada entre Ricardo y el *grupo 2*, que no existía con los estudiantes de *grupo 1*. Al cuestionarlo en este sentido dijo: “ *Los estudiantes de cuarto son diferentes a los de bachillerato, te descontrolan todo, tocan el ordenador sin saber para que, desconfiguran las teclas... Es un desastre. En cambio estos (los de bachillerato), están más interesados y comprenden el asunto. Es fácil que sigan las instrucciones del guión, sin ocasionar tantos problemas* . Ricardo procedió

de forma distinta a la del *grupo 1*, pues, otorgó confianza a las posibilidades de actuación con la herramienta al *grupo 2*.

Forma en que enfocó el trabajo experimental con MBL

Se recomendó a Ricardo, entre otras cosas, plantear el trabajo experimental de modo que los estudiantes no siguieran sólo indicaciones, sino que buscaran responder una interrogante, tuvieran una idea clara de lo que se esperaba de ellos al terminar la actividad, así como que hicieran predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener, comparando estas con los resultados y el modelo teórico trabajado en clase. Todo dentro de un ambiente de debate y continua interacción.

En ambos grupos, Ricardo realizó una sesión previa al trabajo experimental con MBL, donde los estudiantes leyeron el guión de práctica e hicieron las predicciones. Con esto, supuestamente, todos los estudiantes estaban enterados de que iba la experiencia y que tenían que hacer. En esta sesión notificó que la experiencia se iba a hacer con una herramienta informática: un ordenador y sensores. Con esta herramienta la experiencia se realizaría más rápidamente que con un termómetro y además, se podría observar la gráfica en la pantalla del ordenador.

Ricardo, al inicio de la experiencia tanto con el *grupo 1*, como con el *grupo 2*, distribuyó a los estudiantes en tres grupos de trabajo. Seguido asignó a cada uno de los grupos formados un ordenador.

En el grupo 1, Ricardo mencionó el objetivo de la experiencia y las acciones a realizar: “ *El proceso que vamos a estudiar, es el intercambio de calor desde un cuerpo que está a una temperatura más elevada, a un cuerpo que está a una temperatura más baja. Por tanto, del cuerpo que está a mayor temperatura, al cuerpo que está a menor temperatura se va a transmitir energía a calorífica. Lo primero que hicieron en la clase anterior fue contestar una serie de cuestiones... una serie de hipótesis relativas a lo que vosotros esperáis obtener en la experiencia. ¿ De acuerdo?... En la página dos, del dossier, está la descripción cualitativa del fenómeno observado, seguida de las predicciones que habéis a que hacer... Todos tenéis esto contestado. Vamos a comentarlo un poco y después vamos a realizar la práctica. ¿ De acuerdo?*”. A continuación, intentó promover que los estudiantes leyeran sus predicciones y

dibujaran la gráfica producto de sus predicciones en la pizarra. La indisciplina fue tal, que casi no se escuchaba la voz de Ricardo y este optó por trabajar con aquellos estudiantes que mostraban interés por el trabajo que se hacía e ignorar a los otros. Es decir, Ricardo y algunos de los estudiantes discutían alrededor de la pizarra, las predicciones hechas.

En el grupo 2, Ricardo, comenzó la actividad experimental recordando lo que se hizo en la clase anterior y comunicando lo que se pretendía lograr en esta nueva sesión: “ *La práctica que vais a realizar es la de Equilibrio Térmico y recuerden que en la sesión anterior hicieron un análisis de los datos que esperabais obtener... Lo primero será discutir lo que el otro día estuvieron trabajando... Las preguntas que hacen referencia a la formulación de hipótesis. ¿Qué es lo que le va ocurrir al líquido caliente? ¿Qué le va ocurrir al líquido frío? ¿Qué se puede interpretar sobre lo que está pasando por dentro? ¿Qué representación gráfica vamos a obtener? Lo que el otro día rellenasteis en el guión, hay que discutirlo hoy* . A continuación los estudiantes leían sus predicciones y dibujaban en la pizarra la forma que predijeron tendría la gráfica, inmediatamente eran cuestionados por sus compañeros y por el profesor. Esta discusión, se agudizó cuando una estudiante expresó: “ *El agua fría le pasa calor al agua caliente* . Muchos estudiantes se mostraron contrarios a lo expresado por su compañera. Ante esto, Ricardo promovió el repaso del marco teórico estudiado con anterioridad: “ *Volvamos al principio. ¿Qué es el calor? Es la energía calorífica. ¿Qué es la energía calorífica? ¿Cuál es la condición necesaria para que exista esta transmisión de energía de un cuerpo a otro?*” Así pues, la discusión propuesta de las predicciones llevó a que los estudiantes pudieran sacar a flote sus concepciones alternativas.

Las contribuciones y las opiniones, del profesor y de los estudiantes, se iban dando simultáneamente, de tal manera que parecía que nadie prestaba atención a nadie. Sin embargo, Ricardo considera muy interesante los debates teóricos y cree que los estudiantes que quieren aprender serán capaces de aprender. Como asigna mucho interés a los estudiantes de bachillerato, grupo 2, se esfuerza en darles más oportunidades.

Así pues, en el grupo 1, después de realizada la toma de datos, las predicciones no fueron comparadas con los resultados obtenidos en el grupo 1. Su trabajo era terminar de responder las cuestiones del guión de práctica. No mostró ninguna inclinación en asumir un papel paternalista.

En cuanto al grupo 2, después de realizada la toma de datos, lo primero que Ricardo hizo fue señalar las acciones a realizar: “ *Teré is que comparar los datos reales con las hipótesis que habé is hecho, cambiar la escala, seguir lo que dice el guión de práctica* . Especificó un poco más lo que había que hacer con las predicciones: “ *Teré is que comparar las predicciones con los resultados reales y decir en qué se parecen y en qué se diferencian y, ¿ por qué ?* . Se inició de esta forma una nueva discusión. Ricardo los veía capaz de ello.

Después de esto, se dio por acabada la experiencia. Tanto en el *grupo 1* como en el *grupo 2*, los apartados relacionados con el uso de términos científicos para explicar el fenómeno estudiado, como los relacionados con la reestructuración y aplicación del nuevo conocimiento fueron dejados como un deber para la casa. Deberes que luego no fueron discutidos o revisados, pues la clase siguiente se dedicó a otro tema.

Forma en que usó MBL para el análisis e interpretación de gráficos

Con respecto al uso de las gráficas, algunas de las recomendaciones que se le propusieron a Ricardo fueron: 1) Dirigir la atención de los estudiantes hacia la pantalla del ordenador para que analizaran dos hechos casi simultáneos: la evolución, en el tiempo, del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibujaba en la pantalla del ordenador a medida que evolucionaba el fenómeno; 2) Promover dentro del análisis e interpretación de los datos que los estudiantes realizaran cambios de escala y que analizaran como esos cambios afectaban al trazado del gráfico y que compararan la tabla de los datos obtenidos con la representación gráfica de los mismos.

En el *grupo 1*, Ricardo no logró que los estudiantes llevaran a cabo el análisis e interpretación del gráfico, pues se perdió mucho tiempo durante la toma de datos. Fue evidente la falta de experiencia con el uso y manejo del software, por parte de los estudiantes, ya que por ejemplo no lograban recuperar los datos de un disquete. El profesor no parecía estar inquieto con esta situación, ya que les permitió que trabajaran a su propio ritmo y se limitó a darles indicaciones y a apoyarlos cuando solicitaban ayuda. El ruido de la clase era muy elevado ya que no se les imponía que se mantuvieran concentrados en el trabajo.

En el *grupo 2*, Ricardo observó atentamente como se trazaban las gráficas en la pantalla del ordenador gracias al manejo del software que los estudiantes conseguían. Ricardo cuestionó a los estudiantes sobre la gráfica obtenida. " *¿Cómo ven una temperatura baja y otra sube, según las líneas que se trazan. ¿Qué está pasando entonces? ¿Qué pasa dentro del recipiente de poroexpán si la temperatura del agua fría comenzó a aumentar?* En función de las respuestas de los estudiantes, Ricardo iniciaba una discusión donde intentaba ayudar a los estudiantes con sus dificultades conceptuales. Después de terminada la toma de datos, lo primero que decía a cada grupo de estudiantes fue que compararían la gráfica obtenida con la gráfica producto de sus predicciones. " *¿Qué similitudes y diferencias hay entre una y otra?*" Es decir, Ricardo se esmeraba en que los estudiantes comprendieran los conceptos a la base de las gráficas obtenidas.

Las explicaciones de Ricardo, sobre los cambios de escalas eran muy técnicas: " *Ahora, ¿quieres cambiar en el eje de la " Y"? ¿Qué sea más corta? ¿Qué sea más larga? El máximo que sea 60... y el mínimo en lugar de - 20 que sea 20. Vale* ". A la vez insistió mucho a los estudiantes que identificaran las variaciones que observan en cada eje después de un cambio de escala. Ricardo parecía estar interesado en la relación que se podía establecer entre el gráfico y las matemáticas, con estos estudiantes que aparentemente podían comprenderlo y en cuyas edades era frecuente el uso de fórmulas algebraicas en los cursos de Física.

En ambos grupos, el tiempo dedicado para el análisis e interpretación de los gráficos obtenidos fue escaso.

Conclusiones

Ricardo al tener que implementar MBL en sus clases de Física, fundamentó la forma de utilizar esta herramienta, durante el trabajo experimental, en la credibilidad que para él tenía el grupo clase. Es decir, estableció un juicio de valor sobre los dos grupos-clase y discriminó su forma de actuar en uno y otro, con base en el interés o no que supuestamente tenían sus integrantes por aprender. El interés o no de los estudiantes fue valorado a su vez, en función de la orientación del nivel académico al que pertenecían. Luego de lo cual Ricardo actuó en consecuencia, pues, se dedicó a orientar a los estudiantes con un nivel académico próximo a la universidad, los mayores, hacía la autonomía para resolver problemas, salvar obstáculos, etc., unido a esto les otorgó más credibilidad en sus posibilidades de actuación con respecto a la herramienta. Estos

estudiantes, por tanto, tuvieron más oportunidades para aprender y más autonomía durante el desarrollo de la experiencia al momento de usar el equipo informático. Esta actitud contrastó fuertemente con la actuación que tuvo este profesor durante el trabajo con los estudiantes menores, *grupo 1*, pues no fueron orientados sino más bien dejados a su aire, es decir, Ricardo no se esforzó en promover en estos que poco a poco fueran más autónomos durante el desarrollo del trabajo experimental.

6.7 Aprendizaje a través de la enseñanza: *María*

Los datos que han permitido la elaboración del caso de María provienen: 1) de dos entrevistas que se realizaron, antes y después de la puesta en práctica de MBL; 2) de 27 observaciones realizadas durante las distintas sesiones del trabajo experimental con MBL, algunas de las cuáles fueron grabadas en vídeo (primera experiencia). Esta recopilación de datos se llevó a cabo en el invierno de 1999.

María es una profesora, graduada en Farmacia, con siete años de experiencia como docente, que imparte las asignaturas de Matemáticas, Química y Ciencias. Trabaja en un instituto localizado en un barrio marginal de Barcelona que recibe especial atención por parte de las autoridades locales. En este centro, se han realizado diversas experiencias piloto debido a que hay muchos estudiantes con problemas de integración social y mal adaptados a la vida escolar, que con frecuencia arrastran problemas familiares y económicos.

Esta profesora, nunca antes había utilizado herramientas informáticas en sus clases de Ciencias, pero manifestó tener mucho interés en usar MBL ya que considera esta herramienta como un elemento especialmente motivador para los estudiantes.

Dado el interés de María en usar MBL asistió a 4 sesiones de formación con el objetivo de adquirir habilidades en el uso y manejo de esta herramienta, comprender el enfoque didáctico que se le proponía y familiarizarse con las distintas experiencias que desarrollaría con sus estudiantes. Con la finalidad de que practicara lo aprendido, en dichas sesiones de formación, en cuanto al manejo del software y el hardware de la herramienta, se instalaron dos equipos MBL en dos ordenadores, en el laboratorio de Física y Química del instituto donde trabaja. Durante este período en varias ocasiones solicitó asesoramiento técnico, con el objetivo de aclarar dudas referente al manejo de algunos de los menús de los programas del software de la herramienta, que debía utilizar.

María puso en práctica el uso de MBL con 3 grupos de 25 estudiantes cada uno, en edades comprendidas entre los 15 y los 16 años, dentro de la asignatura de " *Ciencias Experimentales*" al desarrollar tres experiencias: *Equilibrio Térmico*, *Dispersión de la Energía* y *Disipación de la energía en un dispositivo mecánico* (Figura 6.7, 6.8 y 6.9). Sus estudiantes estaban trabajando a

la par, en una secuencia didáctica dedicada al estudio de la energía, los conceptos implicados en las experiencias propuestas.

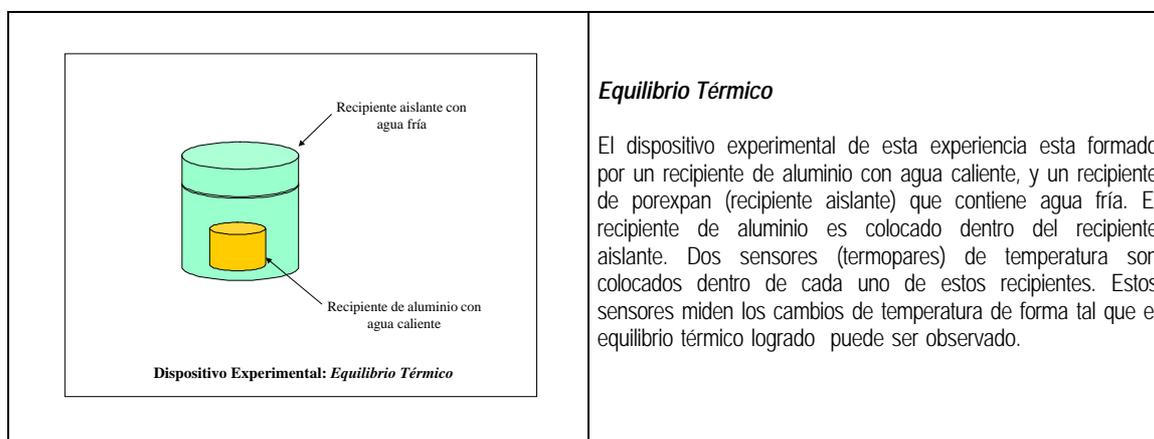


Figura 6.7

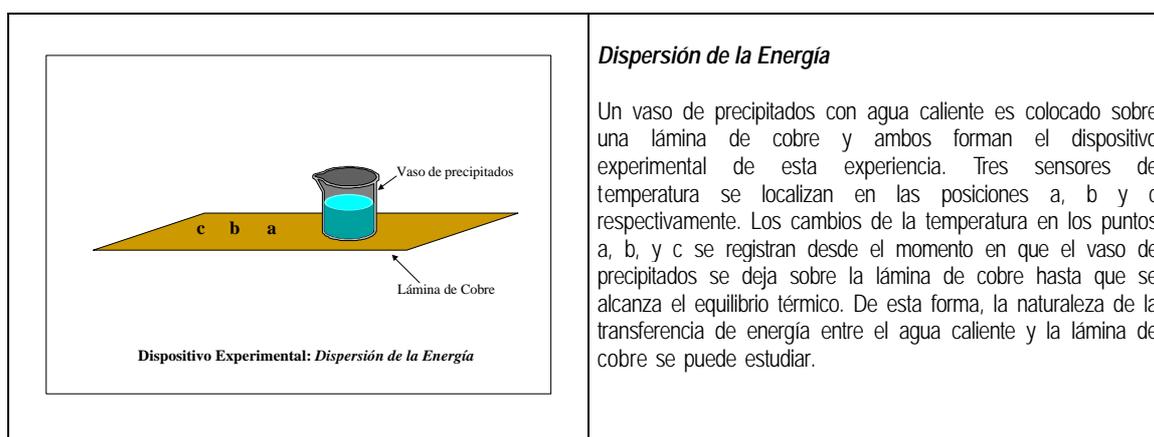


Figura 6.8

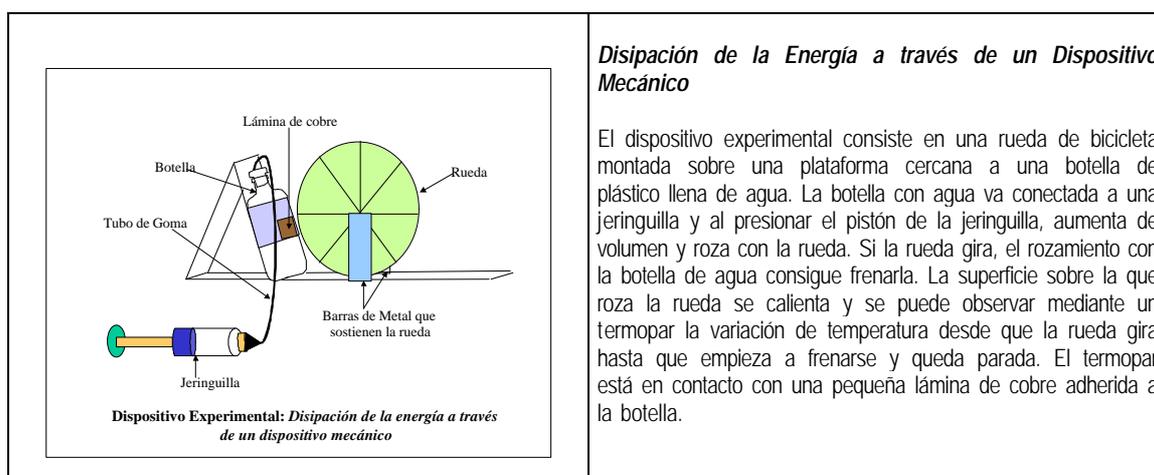


Figura 6.9

Se proporcionó a María los guiones de práctica (Ver Anexo 2), de cada una de las experiencias que se le propusieron realizar con MBL. Se le ofreció, a su vez, que los modificara para adaptarlos a las necesidades y conocimientos de sus estudiantes, pero no lo consideró necesario. La estructura de los guiones de las tres experiencias es idéntica: Descripción del proceso a analizar, Predicciones, Toma de datos, Análisis de las gráficas, Uso de términos científicos para explicar el fenómeno y Extensión de los resultados.

María planeó desarrollar, cada experiencia, en tres sesiones de clase, las dos primeras sesiones, las utilizaría para la introducción, las predicciones y la toma de datos. Se llevarían a cabo en laboratorio de Física donde disponía de dos ordenadores. La última sesión, la utilizaría para el análisis de los resultados y tenía planeado realizarla en el aula de informática donde disponía de 7 ordenadores en los cuales se había instalado, previamente el software de MBL.

Con todo el equipo experimental preparado, el material informático a punto, los guiones para cada estudiante repartidos, etc., se dio inicio al uso del MBL. Se siguió la evolución de María, en la forma de usar esta herramienta, al desarrollar tres experiencias, con tres grupos distintos de estudiantes. Por tanto, en las siguientes páginas se describe la evolución de María en cuanto al uso de MBL, en tres estadios:

- a. *Estadio 1:* Ineficiencia vía rigidez y ensayo y error
- b. *Estadio 2:* Automatización del manejo y uso del software y falta de comprensión de los objetivos didácticos del uso de MBL.
- c. *Estadio 3:* Inicio de la comprensión de los objetivos didácticos del uso de MBL.

En cada uno de estos estadios se describe su actuación desde la perspectiva de la informática, la perspectiva didáctica y la referida al trabajo con gráficas. Se describe así en forma consecutiva la forma en que presentó MBL y como la usó como herramienta informática, la forma en que enfocó el trabajo experimental con esta herramienta y la forma en que la usó para el Análisis de gráficas.

Estadio 1 Ineficiencia vía rigidez y ensayo y error

Con respecto a la presentación y uso de MBL como Herramienta Informática

A María se le propuso, que en una sesión previa al desarrollo de la actividad experimental presentara la herramienta informática a utilizar. Esta recomendación tenía la finalidad de promover que los estudiantes comprendieran las relaciones entre los distintos elementos que forman MBL, pudieran comparar el uso de esta herramienta con los métodos tradicionales de medida, tuvieran un primer contacto con el software, etc.

Estas recomendaciones le parecieron innecesarias a María, en consecuencia gran parte del tiempo de las primeras sesiones, de la primera experiencia, se desaprovechó porque los estudiantes desconocían la herramienta y cómo se usaba. Sumado a esto, estaba el hecho de que a ella misma le faltaba soltura y habilidades en el manejo del software, por tanto sus indicaciones, en este sentido, iban dirigidas a promover que se siguieran las instrucciones del guión de práctica: " *Todo esta aquí* (señalando el guión de práctica), *¿ lo hay que seguirlo?* ". Pero cuando por alguna razón, surgía alguna dificultad debido quizás a que los estudiantes no seguían al pie de la letra las instrucciones del guión, utilizaba el ensayo y error como método de solución de la misma.

En la primera sesión de la primera experiencia con el primer grupo, María estaba rígida y sólo daba instrucciones simples, dentro de las cuales hizo referencia al ordenador: " *... lo que hay que hacer es leer el guión de práctica, contestar las cuestiones y después pasáis al ordenador a hacer la experiencia* ". A continuación se acercó a los ordenadores y tomó entre sus manos los sensores y dijo: " *Estos son los sensores, los usaremos para medir la temperatura del agua fría y del agua caliente* " .

En esta misma experiencia, *Equilibrio Térmico*, pero con el segundo y tercer grupo durante la primera sesión, las explicaciones de María al presentar MBL consistían en frases probablemente incomprensibles para los estudiantes debido a que desconocían la mayoría de los términos que utilizaba en las mismas. A pesar de esto, es necesario destacar que en dichas explicaciones

llegó a identificar el papel o función del sensor, que en este caso específico era, simplemente, medir temperaturas:

- Segundo grupo: " ... Y con el ordenador, usaremos dos sensores que medirá n la temperatura del agua caliente y del agua fría . Muestra los sensores: " Yesto son los sensores. Este es del agua fría y este del agua caliente. Este, está en el canal 1 y este sensor para el canal 2. Por tanto, nosotros queremos que el ordenador haga dos gráficas. Una para el agua caliente y otra para el agua fría."
- Tercer grupo: " Para hacer la experiencia utilizaremos el ordenador... Para hacer la experiencia se necesitan dos sensores, uno tomará la temperatura del agua caliente y otro la temperatura del agua fría . Y agregó: " Hay que decirle al ordenador que haga dos gráficas, por que hay que utilizar dos sensores, por lo tanto utilizaremos dos canales y obtendremos dos gráficas como resultado." Calma el temor de los estudiantes referentes al uso de una herramienta que no conocen diciendo: " Otros grupos han realizado esta experiencia con el ordenador... Siguieron las instrucciones... Es fácil ."

En cuanto al manejo y uso del software para la toma de datos, María decidió que los estudiantes participaran en la preparación del mismo desde la primera experiencia. Para ello, una de las primeras cosas que hizo fue distribuir el trabajo a realizar entre los integrantes del grupo-clase: uno o dos estudiantes se encargarían del manejo del ordenador, dos de la preparación del dispositivo experimental y los restantes observarían lo que se hacía. Esta distribución se mantuvo a lo largo de las tres experiencias.

La toma de datos siempre la hacían dos grupos a la vez, pues sólo había dos ordenadores, María se colocaba en el centro de ambos grupos. Su primera instrucción, era la de leer las indicaciones del guión de práctica, referente a la preparación del software para la toma de datos y, a continuación seguirlas al pie de la letra. Estas instrucciones, durante la primera experiencia, fueron similares en los tres grupos-clases: " Hay que preparar los settings para la toma de datos, debemos seguir las instrucciones del guión de práctica... Sin las instrucciones no irá n a ningún lado... Lo primero que hay que hacer es entrar en el programa Multiscopē . A medida, que los estudiantes seguían las instrucciones aparecían los distintos menú del Programa. María dedicó tiempo a explicar las opciones del software que iban a ser utilizadas: " Piensen en los ejes de una

gráfica, donde la X es el eje horizontal y la Y el eje vertical. Esto es lo mismo. Promovió que los estudiantes reflexionaran sobre lo que hacían al tocar una tecla: " *Antes de tocar una tecla hay que pensar*". Durante todo este proceso de preparación del software de la herramienta, para la toma de datos, surgían problemas como, por ejemplo, no aparecía el plano cartesiano tal como se le necesitaba para que se proyectasen las dos gráficas en un mismo par de ejes y por tanto, María se veía turbada y promovía entonces repasar y verificar las indicaciones seguidas de forma mecánica (leyendo el guión de práctica), ensayar otros settings, etc. Esto se traducía en pérdida de tiempo, debido a que los ensayos eran, a veces muchos.

Con respecto al Enfoque del Trabajo Experimental con MBL

En cuanto al planteamiento del trabajo experimental, se recomendó a María que los estudiantes no buscaran sólo seguir indicaciones, sino que buscaran responderse algún interrogante. Los guiones que se le proporcionaron promovían la necesidad de que los estudiantes tuvieran una idea clara de lo que se esperaba de ellos al terminar la actividad, así como que hicieran predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener, comparándolas luego con los resultados y el modelo teórico trabajado en clase. Todo dentro de un ambiente de debate y continua interacción, siempre orientada por el profesor.

María inició la primera experiencia, con el primer grupo-clase, mencionando el título de la misma: " *Hoy vamos a hacer la experiencia de Equilibrio Térmico*". No se detiene a explicar el concepto o tema a tratar, en este sentido dijo a los estudiantes: " *Todo ha sido trabajado en clase. El equilibrio térmico ha sido trabajado en clase*". Acto seguido, promovió la lectura del guión de práctica: " *Lo primero que tendrás que hacer es leer el guión de práctica. Todo está allí*". Dicha lectura debía realizarse con prontitud: " *Tendrás que ir rápido, pues luego tenemos que hacer la práctica*". A continuación, presentó las predicciones como " *cuestiones a responder*". Las indicaciones durante esta primera experiencia, al trabajar con los otros grupo-clase fueron similares a la anteriormente descrita. Como sólo había dos ordenadores para aproximadamente 25 estudiantes, María tomó la decisión de que en futuras sesiones mientras unos estudiantes hacían las predicciones, otros realizarían la toma de datos. Como consecuencia algunos grupos de estudiantes hicieron predicciones después de haber realizado la toma de datos. Al cuestionarla sobre este hecho, argumentó: " *Si no se organiza bien surgen problemas, había a muchos estudiantes para dos ordenadores. Mientras unos estudiantes trabajaban con los*

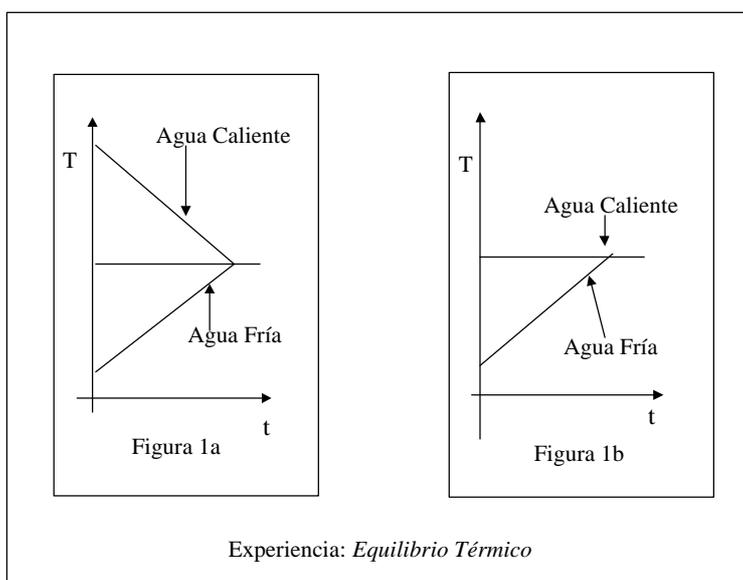
ordenadores, los otros estudiantes tenían que estar haciendo algo y había que llenar ese hueco. El problema que hubo fue que a lo mejor les dadas que hicieran las predicciones en casa y no las habían".

En esta primera experiencia, se hacía referencia a las predicciones como *cuestiones a responder*. Las respuestas a esas cuestiones no eran discutidas. La distribución en grupo de los estudiantes, en torno a una mesa, propiciaba el trabajo cooperativo, pero las *cuestiones a responder* eran respondidas la mayoría de las veces de forma individual.

María no se detuvo a discutir las predicciones de los estudiantes, por tanto muchas de sus dificultades fueron pasadas por alto. Por ejemplo, algunos predijeron que la forma de la gráfica que se obtendría, en la experiencia de *Equilibrio Térmico*, sería:

- La representada en la figura 1a, dos líneas rectas que partían de diferentes temperaturas y se unían en un punto en común, colocado a una temperatura intermedia.
- La representada en la figura 1b, donde expresaban que la temperatura del agua caliente no variaba, se mantenía constante, no así la temperatura del agua fría, pues esta era la que se acercaba al valor de la temperatura del agua caliente.

Después de la toma de datos, María continuaba promoviendo que los estudiantes siguieran sólo las instrucciones del guión de práctica, pero ya no en el laboratorio de Física y Química, sino en el aula de informática. Los apartados del guión que hacían referencia al uso de términos científicos para explicar el fenómeno observado y a la extensión de los resultados fueron dejados como deberes para hacer en casa.



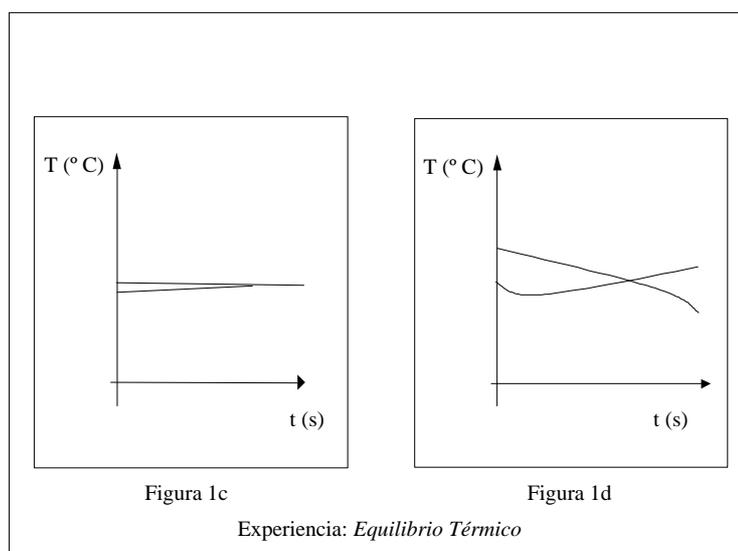
Con respecto al uso de MBL para el Análisis e Interpretación de gráficos

A María se le había recomendado que promoviera el análisis e interpretación de los datos que los estudiantes habían recopilado, utilizando las diversas facilidades del software como el cambio de escala, el zoom, la comparación tabla de datos - gráfica, etc. Pero durante las primeras sesiones sus principales preocupaciones se centraron en el manejo del equipo informático y en que cada grupo de estudiantes consiguiera grabar en un disquete los datos obtenidos para pasar a la siguiente sesión, en el aula de Informática.

María comenzaba el Análisis de los gráficos, después de haber distribuidos los ordenadores. Con todos los estudiantes sentados ante su correspondiente ordenador, en el aula de informática, María procedía a situarlos en lo que debían hacer y para ello retomaba lo hecho en la sesión anterior: " *El día de ayer, hicimos la experiencia... tomaron los datos... Bueno, el día de hoy vamos a analizar esos datos... Todos tomen el guión de práctica... Lean el apartado I... El Análisis de los resultados ... A partir de allí hay una serie de preguntas que hay que ir respondiendo... Nada más hay que seguir las instrucciones detalladas en el guión . Pasaba de grupo en grupo y vigilaba que estuvieran haciendo lo que les había dicho que hicieran: " *Ya terminaron la primera pregunta... Pasen a la siguiente, que dice (le a): A partir de la información que te brinda la gráfica experimental explica la variación de la temperatura, a medida que transcurre el tiempo, del agua caliente y del agua fría*". También daba indicaciones sobre el software: " *Ahora deben cambiar**

escalas. Que dice el guión sobre eso: En processsing, luego en Settings... ahora presiona la tecla sobre Graphs... Allí cambian la escala... Después de esto deben comparar las preguntas que respondieron en la sesión anterior con lo que dice en esta parte... Trabajen que todavía hay mucho que responder. De forma tal que daba indicaciones sobre las acciones concretas a realizar en el ordenador. Siempre ante una acción realizada se le oía decir cosas como: "Bueno, ir tomando nota y contestando las preguntas. Vale.. Ir haciendo los dibujos de lo que veis. Y luego tendrás que ir haciendo esto..." (señaló uno de los apartados del guión de práctica). "¿Por qué nos mata el tiempo?". Su visión del análisis de los datos con MBL para el análisis de gráficos era simplista: "¿Por qué hay que seguir el guión y responder las cuestiones que hay allí, para eso les ayuda el ordenador".

Es necesario señalar, además, que María estaba tan pendiente de atender los problemas informáticos de cada grupo de estudiantes, que no se percató de que las representaciones gráficas obtenidas, no eran siempre correctas. Por ejemplo, las gráficas de las Figuras 1c y 1d, no representan el fenómeno de equilibrio térmico (dos cuerpos a diferentes temperaturas en contacto dentro de un recipiente aislante). La gráfica de la Figura 1c, fue aceptada como correcta, a pesar de que en el eje de las ordenadas se podía leer que los dos cuerpos estaban a la misma temperatura casi desde el inicio del proceso. En la gráfica de la Figura 1d, se puede leer que dos cuerpos están a diferentes temperaturas, pero pasado un tiempo llegan al equilibrio, el cual se mantiene por un instante y a continuación el agua, inicialmente fría sigue aumentando su temperatura y el agua inicialmente más caliente continua enfriándose. Todo esto es algo que es imposible de que suceda, de acuerdo a las condiciones dentro de las cuales se planteó el estudio del fenómeno.



María parecía no estar preocupada por todo lo anterior y culpaba a sus estudiantes al decir: *"Simplemente, algunos estudiantes trabajan bien y otros trabajan mal. Es decir, hay quienes siguen los procedimientos y otros no. Todo estaba en el guión, los estudiantes no leen. Los estudiantes que quieren aprovechar la oportunidad de aprender lo pueden hacer, todo va en el interés".* Si se seguía al pie de la letra el guión de la experiencia, se podía llevar todo a buen término. En consecuencia, inicialmente, el análisis e interpretación de los resultados se transformó en una actividad centrada en responder, mecánicamente las cuestiones del guión de práctica.

Las preguntas que María formulaba a sus estudiantes, sobre las gráficas que obtenían, durante la primera experiencia, fueron retóricas y solamente sobre aspectos técnicos. Por ejemplo, ante una gráfica hacía preguntas como: *"¿Qué me dice que ocurre?"*. Los estudiantes respondían de la forma siguiente: *"El agua caliente se enfría y el agua fría se calienta, hasta llegar a la misma temperatura"*. Al acercarse a otro de los grupos de trabajo volvía a insistir sobre lo mismo: *"Esta es la gráfica del agua caliente (Señalando la gráfica sobre la pantalla del ordenador)... Tú mismo. ¿Qué te parece?"*. Después de algunas sesiones, pedía a sus estudiantes que pensaran sobre la forma de la gráfica, pero no hacía referencia a las ideas conceptuales detrás de la misma.

En cuanto a la gestión de la actividad, en el aula de informática, la inexperiencia de María le impidió tener la agilidad para dar a los grupos sin resultados o con datos erróneos otro disquete con datos de alguno de los otros grupos, para que procedieran al análisis de la experiencia. María no fue capaz de manejar estos problemas, por que no se anticipó a ellos.

En definitiva, la forma en que María usó MBL, en el estadio 1, se caracterizó por la ineficiencia producto de la rigidez con que promovió que se llevaran a cabo las distintas tareas, a lo largo de la actividad experimental y, al hecho de dedicar mucho tiempo a ensayar distintas soluciones antes las dificultades técnicas que surgían en cuanto al manejo del software de la herramienta. Todo esto siguiendo siempre, al pie de la letra, las instrucciones del guión de práctica.

Estadio 2

Automatización del manejo y uso del software y falta de comprensión de los objetivos didácticos del uso de MBL

Con respecto a la presentación y uso de MBL como Herramienta Informática

Durante la primera y segunda experiencia, *Dispersión de la Energía* a y *Disipación de la energía* a a través de un dispositivo mecánico, ya no hubo, como es natural presentación de la herramienta. La Frase de María hacía los estudiantes en este sentido fue: " *Y para hacer las medidas volveremos a usar el ordenador... Ustedes ya saben como va esto* .

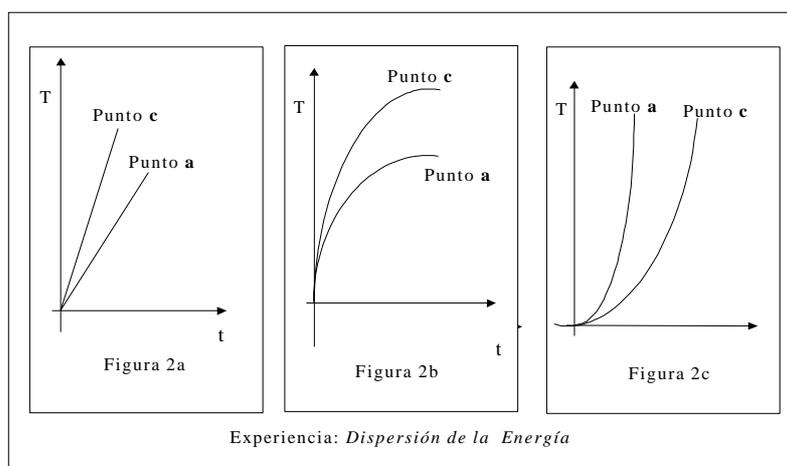
Con respecto al Enfoque del Trabajo Experimental con MBL

Al presentar la segunda experiencia, María hizo hincapié en que: " *El tema a estudiar hoy, Dispersión de la Energía a, ha sido tratado en clases* " . A continuación dio indicaciones de lo que había que hacer: " *Hay que leer el guión, luego pasan a tomar datos y contestan las cuestiones... Deben leer el guión, lo dice todo... Sino entienden preguntar* " . Después de esto distribuyó el trabajo a realizar entre los estudiantes: " *Dos grupos realizaran la toma de datos, mientras que los tres grupos restantes trabajarán el apartado de predicciones*."

A lo largo de esta experiencia, Dispersión de la Energía, María ya no se refiere a las predicciones como " *cuestiones a responder*" sino como tales: " *Después de leer hay que prever lo que pasará y luego con los resultados comparan si pasa o no pasará ;*" *Bueno, lo siguiente después de leer es hacer predicciones sobre lo que ocurrirá*" ; " *Antes de realizar la práctica (la toma de datos) nosotros teré is que hacer una predicció n... Adelantar lo que va a pasar. Teré is que hacer una predicció n y apuntar lo que pasará*" . María se ha dado ya cuenta de parte del papel de las predicciones. Sin embargo, continuó sin promover discusiones sobre ellas y en consecuencia, no le sirvieron para darse cuenta de las dificultades que los estudiantes ponían de manifiesto en las mismas. Por ejemplo, en las predicciones realizadas sobre la forma del gráfico, en la experiencia *Dispersión de la energía* a debían dibujar 3 curvas correspondientes a los 3 puntos *a*, *b*, y *c* de más cercano a más lejano de la fuente de calor. Algunos estudiantes dibujaron:

- Curvas o líneas rectas partiendo del origen, con diferentes alturas, Figura 2a y 2b. La línea o curva de menor altura representaba el punto más cercano *a* y la línea o curva de mayor altura representaba el punto más lejano *c*. Era algo incorrecto, que mostraba que confundían el punto más próximo a la fuente de calor y el punto más alejado de la fuente de calor con los puntos de los ejes del plano cartesiano trazado en el eje del ordenador. La localización en el espacio y la localización en el plano de la gráfica se mezclaban.
- Curvas donde se podía observar que no confundían los punto *a* y *c* con los puntos de los ejes del plano cartesianno trazado en el eje del ordenador, pero en cambio, dibujaban parábolas, pues, según decían: " *a menos tiempo la temperatura irá subiendo con mayor rapidez, punto a; en cambio en el punto c, se necesitará más tiempo para que la temperatura vaya subiendo (Figura 2c)* .

Las predicciones continuaban sin ser discutidas de forma general, en este sentido había discusiones a nivel de los pequeños grupos, entre los estudiantes y así ni ella ni éstos conocían su situación de partida.



En cuanto al manejo técnico del software, durante la toma de datos, la repetición de las acciones descritas en el estadio anterior, durante las sesiones de la primera experiencia parecía haber ayudado a María a superar, su falta de habilidades con respecto a la preparación del software y el hardware de MBL para la toma de datos. Es decir, ya no ensayaba soluciones ante las dificultades técnicas que se le presentaban con el software, pero continuaba siendo dependiente de las instrucciones del guión de práctica. María mostraba, además, resistencia a dar instrucciones a los estudiantes sobre la preparación de los *settings*, para la toma de datos: “ *El manejo es el mismo que en la experiencia anterior. Ustedes ya saben ¿o no funciona. Si no es así, consulten el guión de práctica o pregunten* . Pero, se veía obligada a ello, pues, a pesar de que los estudiantes ya no tenían tantas dificultades con el manejo y preparación del software, en contadas ocasiones surgía uno que otro problema. María por tanto, procedía a auxiliarlos y a repasar ellos lo que habían hecho y, era en esos momentos que se comprobaba que ya no hacía tanto uso del guión de práctica.

Se llegó pronto a una rutina en la que María parecía seguir una secuencia de pasos o cadena de acciones: la lectura del guión de práctica, responder las cuestiones que contenía, tomar datos y nuevamente, responder cuestiones.

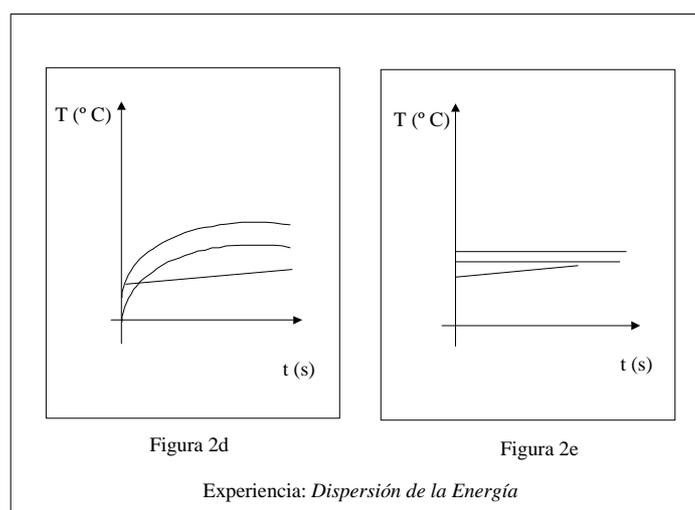
Los apartados del guión de práctica que promovían el uso del lenguaje científico para explicar el fenómeno y el que hacía referencia a la explicación a otras situaciones y que eran dejados como deberes para hacer en casa, tenían a su vez otra función, la de servir como ejercicios, es decir pasan a tener fines evaluativos (calificación). En cuanto a esto último María estaba contrariada,

pues los resultados de esas evaluaciones no mostraban ninguna mejora en el rendimiento de los estudiantes. Según ella: " *La herramienta introdució a un nuevo método de enseñanza, que se cumple y no hay cambios... Todo sigue igual... Los estudiantes no quieren aprender* .

Con respecto al uso de MBL para el Análisis e Interpretación de gráficos

A lo largo de la primera y segunda experiencia, su forma de promover el análisis de los gráficos fue similar, en los tres grupos-clases, a la seguida durante las predicciones y toma de datos. Es decir, al cabo de 6 sesiones ya se había logrado establecer la rutina arriba mencionada.

María continuo sin prestar atención a las gráficas que obtenían los estudiantes, como lo prueba aceptar gráficas como las de las figuras 2d y 2e. En la experiencia Dispersión de la energía, la obtención de una representación gráfica correcta de este fenómeno (Figura 2f) pasaba por tener presente aspectos como: la temperatura inicial de la lámina al momento de realizar las medidas; el hecho de que el sensor debía estar en contacto con la lámina antes de comenzar la medida a la temperatura ambiente; que inmediatamente después de colocar el vaso de precipitados sobre la lámina de cobre (por no decir simultáneamente), debía darse inicio a la toma de datos, etc. El no tener en cuenta estas precauciones daba pie a estos tipos de gráficas sobre los que no se discutía.



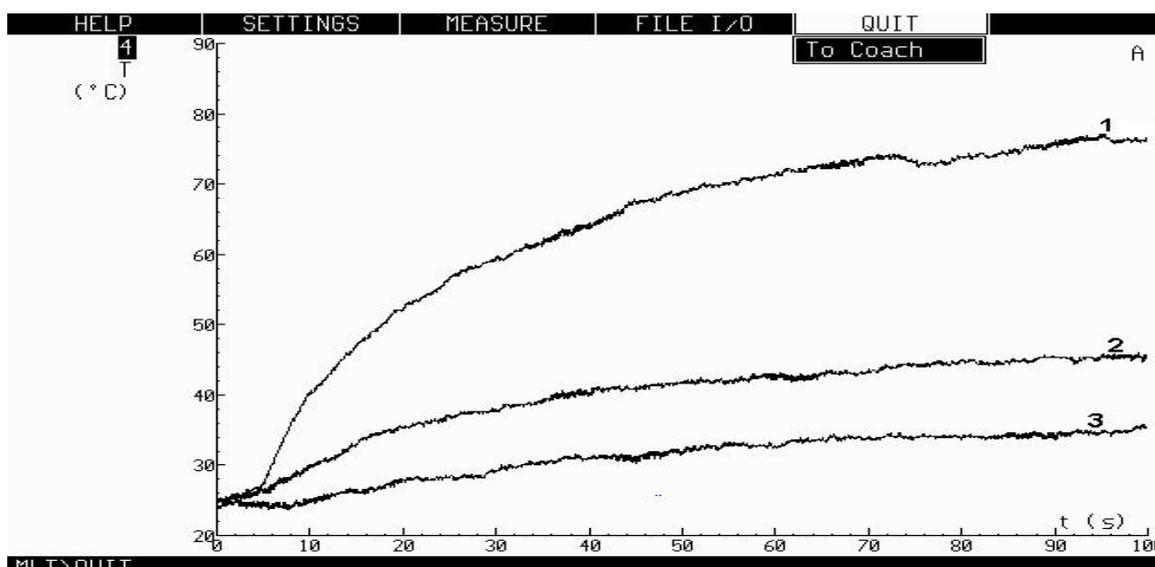


Figura 2f

Es necesario señalar, que así como María dejó de tener dificultades con el manejo del software para la toma de datos, en igual forma logró superar las dificultades con el manejo de dicho software para el análisis de los datos. En este sentido, también se mostraba resistente a dar instrucciones a los estudiantes, para ella esto ya era una dificultad superada. En cierta forma, el proceder de los estudiantes en este sentido le daba la razón. Pues, estos podían hacer cambios de escala, obtener la tabla correspondiente a la gráfica trazada, etc., sin seguir las instrucciones del guión de práctica o las instrucciones de María.

A pesar de que muchas de las representaciones gráficas obtenidas eran incorrectas tal como venimos señalando, María continuaba planteando cuestiones retóricas y sobre la forma del gráfico.

Se evidenciaba en María una falta de reflexión sobre los objetivos didácticos del uso que se le pretendía dar, en el guión de práctica, a la tabla de valores que servían para, por ejemplo, promover la comparación de la tabla de datos con la forma de gráfica. También le faltaba reflexión sobre el significado en sí, de los cambios de escala. Esto último, se puede apreciar en el hecho de que en sus explicaciones utilizó frases como las siguientes: " *En lugar de 200 en el eje " X , ponemos 100. Y así modificas también en el eje " Y"* " En una de estas sesiones ella dijo: " *A hacer un cambio de escala, se aumenta la temperatura*". Pero, después de haberlo repetido en varios grupos, un estudiante le interpeló diciendo: " *¿ ¿o puede ser que aumente la*

temperatura si siempre se mantienen entre 20 y 35 grados? La temperatura no cambia". María tuvo que reconocer su error.

En conclusión, en cuanto a este estadio podemos decir que María implantó una rutina automatizada que le permitió adquirir soltura en el manejo del software de MBL. Pero esto no implicó que entendiera los objetivos de cada acción que realizaba de forma automática y por tanto, sus acciones tenían algunas lagunas relevantes como el hecho de que no promovió discutir las respuestas de los estudiantes a las predicciones; no promovió usar las distintas opciones del software para mejorar la visión de los gráficos que obtenían los estudiantes. Esto último se debió al hecho de que no se percató que muchos de los gráficos obtenidos eran incorrectos.

Estadio 3 **Inicio de la comprensión de los objetivos didácticos del uso de MBL**

Con respecto al uso de MBL como Herramienta Informática

En la tercera experiencia, María demostró haber superados las dificultades técnicas en cuanto al manejo del software y el hardware de la herramienta, se le notaba más suelta y nada tensa. De forma tal que comenzó a dar una visión más global, en sus explicaciones, de la función de MBL de manera independiente del guión de práctica. Por ejemplo, dijo: " *... fíjense que el sensor este en contacto con la rueda. Después, van a trabajar en el programa " Multiscopes" . Lo primero que hay que hacer es calibrar el sensor... A ver el sensor no mide la temperatura del agua de la botella, el sensor mide la temperatura de la lámina y por eso lo vamos a usar" .* Había adquirido seguridad en el manejo técnico de MBL. Las dificultades de los estudiantes, que eran pocas a estas alturas las solucionaba sin necesidad de recurrir a la lectura del guión de práctica para encontrar la respuesta. Ella misma expresó que no aprendió realmente a utilizar MBL, hasta que estuvo en el aula con los estudiantes: " *Es importante que practiques el uso de la herramienta antes de usarla con los estudiantes. Los problemas aparecen cuando tienes a los estudiantes, porque van deprisa, porque se saltan procedimientos.... El primer día tienes que descubrir cual es el problema y cuando lo vuelves a repetir con otros estudiantes, sabes donde está el problema y lo resuelves antes" .* En otras palabras, María considera que la práctica necesaria

para tener un dominio completo del equipo informático lo irá aprendiendo a medida que lo use con los estudiantes.

Con respecto al Enfoque del Trabajo Experimental con MBL

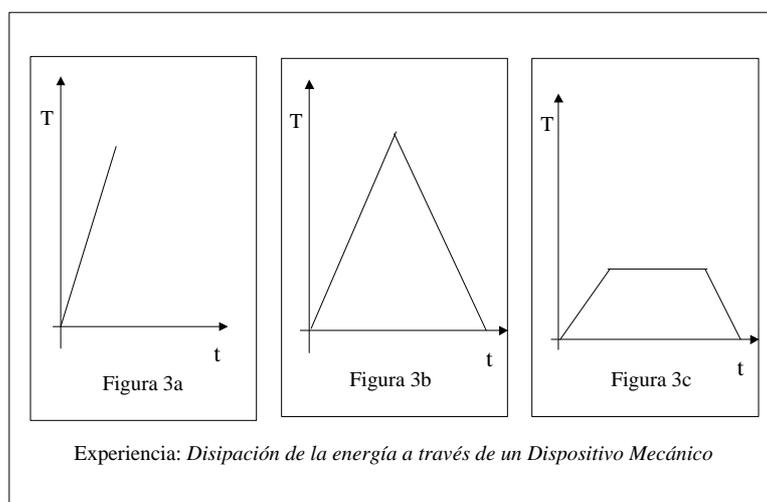
En el transcurso de la primera sesión de la tercera experiencia, María necesitaba ayuda pues la actividad en sí parecía desbordarla, no podía continuar la clase y controlar a la vez la disciplina de los estudiantes. Como consecuencia de este cúmulo de factores negativos en el aula, la investigadora/observadora decidió ayudar a María y se hizo cargo de uno de los grupos de estudiantes. Entra de esta forma, en el desarrollo de la experiencia otra dinámica de trabajo que la seguida hasta ese momento: se discutieron las predicciones realizadas; se centró la atención de los estudiantes, durante la toma de datos, sobre la relación gráfica-fenómeno; se orientó a los estudiantes a usar el software de MBL para optimizar la visión del gráfico que obtenían; se les cuestionó sobre la gráfica en la pantalla del ordenador; se promovió la comparación de las predicciones con los resultados que se obtenían, etc. María en lugar de centrarse en el trabajo con los otros grupos se dedicó a observar lo que hacía la investigadora y alguna que otra vez intervino con preguntas dirigidas a los estudiantes. Durante toda esta situación parecía reflexionar.

El día en que el segundo grupo de estudiantes iba a realizar la Experiencia 3 (después de haber usado varias veces unos guiones con el mismo enfoque didáctico y con una herramienta que se hacía más y más familiar para ella, y además, después de observar a otra persona haciendo uso de dicha herramienta), María se encontró en el aula, con un número menor de estudiantes al acostumbrado. En esta ocasión su forma de enfocar el trabajo experimental fue completamente diferente a las anteriores. Por tanto, planteó la experiencia a través de la lectura del guión de práctica: *"Vamos a ver en qué consiste la experiencia. Vale, empieza tú a leer... Comienza por el título".* Después de la lectura de cada párrafo cuestionaba a los estudiantes: *"Según lo que leemos, va a ver un calentamiento de la lámina de cobre. ¿Por qué se calienta? ¿De dónde sale el calor?".* Un estudiante respondió a esta pregunta: *"Sale de la fricción".* Aprovecha esto para introducir el concepto de trabajo, sin profundizar mucho en el mismo: *"Sale de la fricción, pero, ¿A qué se debe esto?... Debido al movimiento de la rueda y por lo tanto hacemos... un trabajo. Por tanto recuerden: hay dos maneras de transferir energía. Una a trabajo y otra a calor. Saben, eso es lo que hemos estudiado."*

María explicó de forma detallada a los estudiantes lo que iban a hacer a lo largo de toda la experiencia desde la perspectiva manipulativa: *"Este es el dispositivo experimental, está compuesto de una rueda, una botella con agua, una jeringuilla. Aquí hay una placa de cobre (señala donde)... entre la botella y la rueda... Y aquí (entre la botella y la rueda) pondremos... el sensor. Ponen a girar la rueda... así (hace una demostración)... y luego presionan la botella contra la rueda, así (hace una demostración)... Fíjense que el sensor esté en contacto con la rueda. Después, van a trabajar en el programa " Multiscopé ". Lo primero que hay que hacer es calibrar, para esto deben seguir las instrucciones del dossier. Deben trabajar rápidamente. Por último deben grabar. Para ello, harán lo que han hecho hasta el momento, grabar los resultados en un disquete. Pero, por favor grabenlo usando un nombre normal. Todo es igual, a lo que han hecho en las experiencias anteriores. Por último, en el aula de informática analizaremos las gráficas".* Es decir, al presentar la experiencia en su sesión número 18, María mostraba haber comprendido la probabilidad del proceso a seguir y lo explicaba a los estudiantes.

María introdujo la experiencia en este contexto aparentemente más favorable y propuso reflexionar sobre la situación física a la que hacía referencia la experiencia. Utilizó el montaje experimental para explicar en que consistía hacer predicciones: *" Vale, la jeringuilla esta conectada a la botella con agua... Ambas tienen agua. ¿ Qué pasa cuando se presiona la jeringuilla? ...El agua que contiene la jeringuilla comienza a salir y a entrar en la botella. Vale. Ahora vosotros debéis predecir que pasará cuando se da esto y la rueda esta en movimiento. Hay que hacer una gráfica como los otros días [hace referencia a las experiencias anteriores]. ¿ Cómo harán la gráfica? Recuerden aquí hay fricción y que aquí está el sensor .*

Después de las explicaciones precedentes dio a los estudiantes unos minutos para hacer las predicciones. Seguido pidió a algunos estudiantes que compartieran sus predicciones con sus demás compañeros, en esta actividad se pudo apreciar tres tendencias en las predicciones realizadas (Figura 3a, 3b, 3c). Los estudiantes que predijeron que la forma de la gráfica a obtener sería la representada en la figura 2a, sólo tomaron en cuenta, parte del proceso de frenado. Aquellos que predijeron que la forma de la gráfica a obtener serían las figuras 2b y 2c, tomaron en cuenta, aparentemente, todo el proceso de frenado. Estas gráficas dieron inicio a una breve discusión.



María, antes de dar inicio a la toma de datos hizo hincapié, en lo que se debía observar y durante la misma centró la atención de los estudiantes en la relación gráfica-fenómeno: “ *Vámonos a analizar el aumento de temperatura... Observa que este aumento se da cuando la rueda comienza a detenerse... Observen como eso se dibuja en la gráfica* . Al terminar, María promovió la comparación de las predicciones con los resultados obtenidos, a través de una discusión. Leía del guión de práctica las cuestiones referentes a las predicciones y, a continuación algunos estudiantes expresaban su opinión.

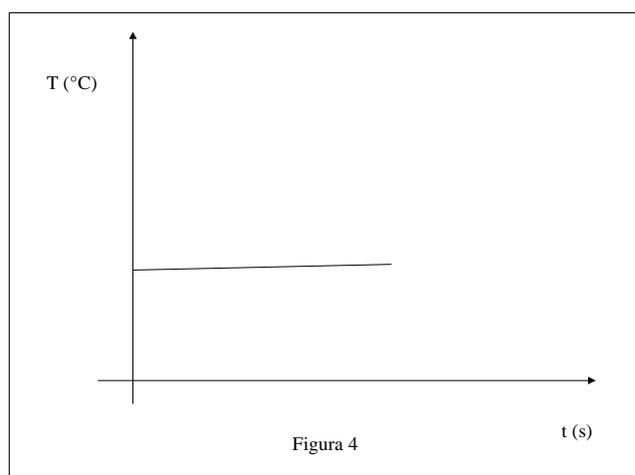
En la siguiente sesión, con este mismo grupo, al ir a trabajar al aula de informática, se encontró con la situación que la mitad de los estudiantes no tenía datos con los cuales trabajar. Tomó la decisión de dividir la clase en dos grupos, los que estuvieron en la sesión anterior y los que no tuvieron. El primero de los grupos señalados procedió a analizar los resultados y el segundo a hacer predicciones, no sin antes explicarles lo que tenían que hacer. Cuando este último grupo de estudiantes terminó las predicciones, solicitó a algunos estudiantes del primer grupo que explicaran al resto de sus compañeros de clase, los resultados obtenidos y que dibujaran en la pizarra la forma de la gráfica obtenida. Inició de esta forma una discusión sobre el fenómeno representado gráficamente en la que participaron algunos estudiantes. No sólo realizaron predicciones todos los estudiantes sino también que aprovechó el distinto nivel de competencia entre ellos para darles protagonismo.

Es necesario señalar que las cuestiones del guión de práctica referente al uso de la terminología científica y a la extensión de los resultados a otras situaciones, continuaban siendo tareas para la casa o ejercicios con fines evaluativos.

A partir de este momento, en las siguientes sesiones siguió este nuevo enfoque. Es cómo si hubiera acumulado suficiente *conocimiento y experiencia* y se sintiera lo bastante segura como para cambiar su habitual forma de enfocar el trabajo experimental. ¿Había comprendido los motivos por los que se le había sugerido un enfoque distinto? Las explicaciones recibidas en las sesiones de formación, las charlas informales sobre lo que se proponía a los estudiantes y su práctica al utilizar el MBL así como los guiones, comenzaban a dar unos frutos que podía poner en práctica en las mismas situaciones de contorno.

Con respecto al uso de MBL para el Análisis e Interpretación de gráficos

El uso que María daba a las distintas funciones del software para el análisis del gráfico, por ejemplo, dejó de estar en función de lo que decía o indicaba el guión de práctica. Es decir, ya había una función o utilidad detrás del uso de algunas de las opciones del software. Por ejemplo, uno de los grupos obtuvo un gráfico donde a penas se observan cambios en la temperatura (Figura 4) y con el objetivo de mejorar u optimizar la visión del mismo se le escuchó decir a los estudiantes: “ *Para poder apreciar los cambios de temperatura se debe analizar la tabla de datos cada 25 segundos, sino no se aprecia ningún cambio* . Había aprendido a analizar la frecuencia en la tabla de datos. “ *Escuchen. La diferencia de temperatura no es muy grande. Cambien la escala. ¿ Qué valores pondrá n? Observen a que valores a llegado la temperatura y cual es el valor mínimo y entonces cambien la escala* . Parece que también había adquirido la experiencia suficiente para hacer la siguiente propuesta: “ *Si no os convence eso podemos hacer otra cosa. Podéis repetir la toma de datos y grabar la mejor gráfica que salga. Como queráis* .



El saber adquirido a lo largo de las distintas experiencias realizadas con MBL le permitió relacionar el fenómeno que se estudiaba con la representación gráfica obtenida: "¿Porqué hay un aumento de temperatura? ... debido al movimiento de la rueda, por tanto hacemos un trabajo... Segú n la gráfica, ¿ cuándo se detuvo la rueda?" .Finalmente, parecía tener suficiente control de la situación para permitirse pasar de instrucciones rígidas a instrucciones flexibles. Y por tanto, así tener tiempo para dedicarlo al concepto que se estudiaba.

Al cuestionar a María sobre la experiencia vivida con el uso de MBL a lo largo del desarrollo de tres experiencias fue evidente en su respuesta, una agresividad latente con respecto a los estudiantes, detectada ya en otras ocasiones: " Haber hay muchos estudiantes que hañ an las cosas meá nicamente y lo que les interesaba era hacer la experiencia y luego ir al ordenador y ver que de allí sañ an cosas, pero no buscaban la finalidad de la prá ctica. El contenido en \$ no lo trabajaban, se nota que hacen las cosas por hacer. Hay bastantes estudiantes que hacen las cosas meá nicamente. Haber el estudiante que tení a interé s se fijaba y podí a comparar entre lo que é l pensaba y lo que sañ a, la explicacö n, etc. El estudiante que lo quiso hacer lo hizo, el procedimiento era correctö . La descarga de responsabilidades en los estudiantes la expresó una vez más.

Conclusiones

La forma en que María usó MBL, en el primer y segundo estadio, pasó de la ineficiencia, donde sus acciones no se apartaban de lo que decía el guión de práctica, todo esto matizado con instrucciones rígidas, a una rutina donde automatizó el manejo del software de MBL. Esto último

le permitió adquirir soltura en el manejo general de la herramienta. Todos estos aspectos de alguna forma impidieron que hiciera hincapié o tocara aspectos mucho más importantes de la experiencia, como el aprendizaje y comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes. En un tercer estadio, María comenzó a comprender el enfoque didáctico propuesto, lo que mejoró su forma de usar MBL. Todo esto nos señala algo muy importante, la ineficiencia de la formación que se dio a esta profesora en cuanto al uso de esta herramienta, pues, la misma no promovió que comprendiera el papel real de MBL dentro del trabajo experimental y las ventajas que ofrecen sus distintas características. En otras palabras, la relación *característica - enfoque didáctico*.

CAPÍTULO 7

PERFILES DE ACTUACIÓN DE LOS PROFESORES AL USAR MBL: APLICACIÓN DEL ICPAP-MBL

En este capítulo se describe la forma en que fue aplicado el ICPAP-MBL a las historias del capítulo precedente, así como también se presenta la representación gráfica de los perfiles de cada uno de los profesores de la muestra.

7.1 *Criterios-Acciones* para la aplicación del ICPAP-MBL

Al momento de aplicar el ICPAP-MBL a las historias presentadas en el capítulo anterior, se hizo necesario para esta tarea la construcción y diseño de un conjunto de criterios con la finalidad de valorar de forma adecuada la actuación de cada profesor de la muestra al usar MBL. Es decir, la valoración del uso de MBL debía hacerse, para cada historia, desde unos mismos criterios para asegurar la coherencia de este análisis. Pues, se pasa de un análisis cualitativo, estudios de casos, a un análisis cuantitativo (representación gráfica de perfiles), que se caracteriza por asignar un valor numérico a una acción determinada.

Lo anterior nos llevó a establecer como pauta de trabajo que los criterios a utilizar para valorar la forma de usar MBL, debían salir de las propias historias y de las recomendaciones dadas. Por tanto, tal como señalamos en el apartado 5.5 del capítulo 5, los *criterios-acciones* estarán distribuidos en tres niveles. El *Nivel 2*, formado por los ítems que representan las recomendaciones dadas sobre el uso de MBL. El *Nivel 1* constituido por el conjunto *acciones más frecuentes* de los profesores que denotaran una aceptación parcial de las recomendaciones. El *Nivel 0*, formado por el conjunto de acciones que denotan la *no aceptación de las*

recomendaciones. El conjunto de criterios elaborados y formados por estos tres niveles son presentados en las tablas 7.1 y 7.2 presentadas a continuación.

TABLA 7.1
CRITERIOS PARA VALORAR ÍTEMS QUE CONFORMAN EL ICPAP-MBL

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física			
ITEM	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 0
P1	Identificar todos los elementos o partes que forman MBL.	Identificar uno o algunos de los elementos o partes que forman MBL.	No identificar ninguna de las partes o elementos que forman MBL.
P2	Explicar cómo se usan y como funcionan los distintos elementos o partes de MBL (Software y Hardware) y como se relacionan entre ellas.	- Mencionar el uso y función de todos los elementos o partes que forman MBL, sin relacionarlos entre ellos. o - Mencionar el uso y/o función de uno o algunos de los elementos o partes que forman MBL, sin relacionarlos entre ellos.	No explicar como se usan y como funcionan los distintos elementos o partes que forman MBL.
P3	Asociar la <i>representación gráfica</i> en la pantalla del ordenador, con el <i>fenómeno</i> que se estudia, haciendo hincapié en que la construcción de dicha gráfica es simultánea a la toma de datos.	Asociar la <i>representación gráfica</i> , en la pantalla del ordenador, con el <i>fenómeno</i> .	No asociar la <i>representación gráfica</i> , en la pantalla del ordenador, con el <i>fenómeno</i> .
P4	Programar o describir una actividad que permita hacer comparaciones entre la función y precisión de las herramientas tradicionales con la función y sensibilidad de MBL.	- Hacer analogías entre la función de las herramientas tradicionales y la función de MBL. o - Hacer analogías entre la precisión de las herramientas tradicionales y la sensibilidad de MBL.	No programar, describir o hacer analogías entre la función y precisión de las herramientas tradicionales y la función y sensibilidad de MBL.
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL			
TE1	Plantear la experiencia haciendo referencia a situaciones u objetos cotidianos o familiares para los estudiantes.		No plantear la experiencia haciendo referencia a situaciones u objetos cotidianos o familiares para los estudiantes.
TE2	Presentar la experiencia como una actividad dirigida a dar respuesta a un interrogante o problema planteado.		Presentar la experiencia de forma tal que sólo se sigan las instrucciones del guión de práctica o las indicaciones dadas por el profesor.
TE3	Procurar que los estudiantes se apropien de los objetivos de la actividad, y se hagan cargo de las acciones o tareas a realizar para conseguir tales objetivos.	Mencionar los objetivos a lograr y las acciones a realizar para conseguirlos.	Dar consecutivas indicaciones sobre las acciones a realizar.
TE4	Estar pendiente de las reacciones o respuestas de los estudiantes ante las distintas actividades o preguntas planteadas, con la finalidad de volver a intervenir, volver a explicarlas, cambiar la forma de plantearlas, etc.		No tomar en cuenta la reacción o dificultades de los estudiantes ante determinadas acciones o tareas, quizás por tener pocas expectativas o esperanza de éxito.
TE5	Promover el uso de la terminología científica pertinente para explicar el fenómeno que se estudia.	Proponer como deber para la casa las actividades del guión de práctica, que hacen referencia al uso de la terminología científica. Lo que implica no trabajar en un ambiente de interacción/discusión con otros.	No mostrar sensibilidad o dar valor al papel del uso de la terminología científica pertinente para explicar el fenómeno que se estudia.
TE6	Promover ejercicios y/o actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a nuevas situaciones o a aplicarlos a otros contextos.	Proponer como deber para la casa las cuestiones o actividades del guión de práctica, que promueven la extensión de los resultados obtenidos a otras situaciones. Lo que implica no trabajar en un ambiente de interacción/discusión con otros.	No mostrar sensibilidad o dar valor al planteamiento de ejercicios, actividades o tareas que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a otras situaciones o a otros contextos.

TABLA 7.2
CRITERIOS PARA VALORAR ÍTEMES QUE CONFORMAN EL ICPAP-MBL

ITEM	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 0
TE7	Proponer cambios a las variables o parámetros que afectan al fenómeno que se estudia y, a la vez promover que se cuestione y discuta como afectan al fenómeno que se estudia.	Proponer que se realicen cambios a las variables o parámetros que afectan al fenómeno que se estudia, sin que sean discutidos o cuestionados, simplemente siguiendo las instrucciones del guión de práctica.	No plantear o discutir la posibilidad de otras condiciones o valores de las variables o parámetros que afectan el fenómeno que se estudia.
TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y que las discutan antes de la toma de datos.	Proponer que los estudiantes hagan predicciones de los resultados y de la forma del gráfico sin discutirlos, es decir, sólo siguiendo las indicaciones del guión de práctica.	- No proponer realizar predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener. o/y - Proponer hacer predicciones después de la toma de datos.
TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.	Proponer que se respondan las cuestiones del guión de práctica, donde se indica que se confronten los resultados con las predicciones realizadas en un apartado anterior.	No promover la confrontación de los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico correspondiente al fenómeno que se estudia.
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.			
HI1	Usar en el desarrollo de la experiencia con MBL, aquellas opciones del software que sean adecuadas al contexto, situación o fenómeno que se estudia, al nivel de los estudiantes, etc. Potenciando de esta forma, el uso de las mismas al máximo.	Usar en el desarrollo de la experiencia con MBL, aquellas opciones del software que sean adecuadas al contexto, situación o fenómeno que se estudia, al nivel de los estudiantes, etc. Pero, sin potenciar al máximo el uso de las mismas.	Usar durante el desarrollo de la experiencia con MBL, la opción de su software que tiene que ver con la toma de datos y su respectiva representación gráfica.
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.	Manejar los aspectos técnicos del software y hardware de MBL con mucha dependencia de las instrucciones del guión de práctica.	Manejar los aspectos técnicos del software y hardware de MBL por <i>ensayo y error</i> .
GR1	Plantear cuestiones sobre la forma del gráfico obtenido y sus puntos relevantes relacionándolos con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.	Plantear cuestiones sobre la forma del gráfico sin relacionarla con la evolución del fenómeno.	No promover el análisis del gráfico.
GR2	Promover mejorar la visión del gráfico obtenido, mediante el uso de determinadas opciones del software, con la finalidad de facilitar su correcta interpretación.		No usar ninguna de las opciones del software para mejorar la visión del gráfico obtenido, con la finalidad de facilitar su correcta interpretación.
GR3	Utilizar el gráfico obtenido como un medio o herramienta para promover la comprensión del concepto o fenómeno que se estudia.	Ante el gráfico obtenido plantear preguntas que hacen referencia al fenómeno o concepto que se estudia.	No usar el gráfico como medio o herramienta para promover la comprensión del concepto o fenómeno que se estudia.
GR4	Contrastar explícitamente la gráfica experimental, obtenida en tiempo real, con la gráfica teórica.	Acercar la gráfica experimental, obtenida en tiempo real, a la gráfica teórica mediante el uso de algunas opciones del software. Ello, sin hacer explícita la idea que subyace en esta acción.	No promover el análisis del gráfico.
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.		No promover el análisis cuantitativo del gráfico obtenido.

Después de elaborados los *criterios-acciones* presentados en las tablas 7.1 y 7.2 se procedió a aplicar el ICPAP-MBL a cada uno de las historias, con la finalidad de obtener el perfil de

actuación de cada profesor. A continuación se presentan los resultados obtenidos de esta tarea, los perfiles de actuación de cada uno de los profesores de la muestra al usar MBL.

7.2 Perfil de Actuación de Jordi al usar MBL

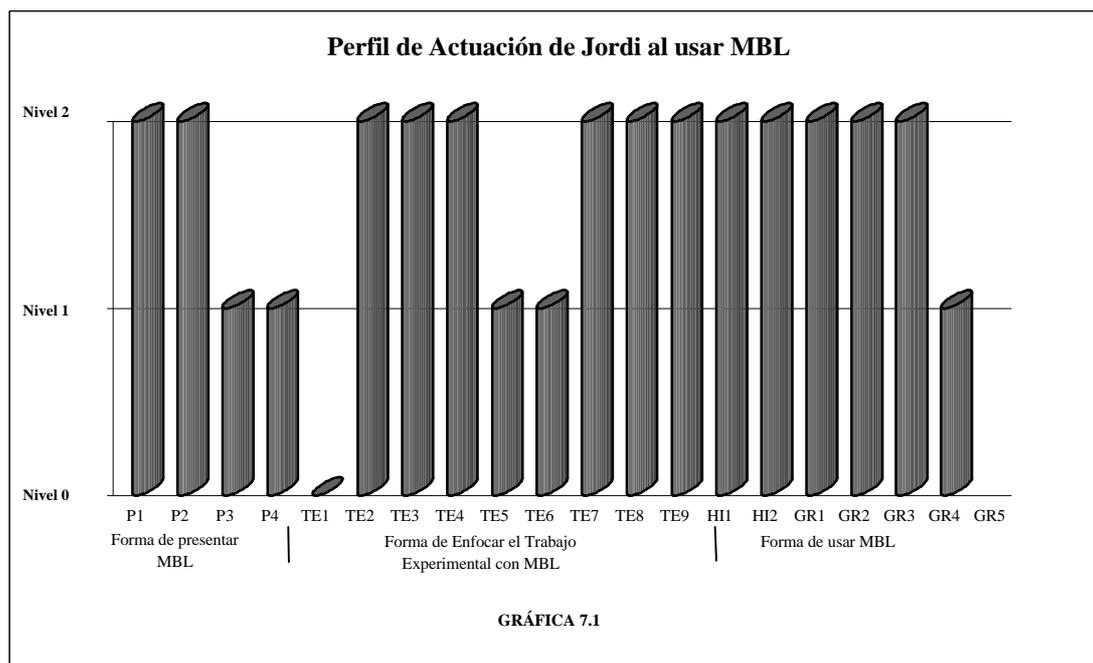
El perfil de actuación de Jordi (Gráfica 7.1) es producto de la aplicación del ICPAP-MBL (Tabla 7.3), en función de los criterios previamente elaborados (Tablas 7.1 y 7.2) a la descripción de su forma de usar MBL en la actividad experimental. A grandes rasgos podemos decir que la actuación de Jordi en las distintas categorías a analizar se caracterizó por:

- Aceptar algunas de las orientaciones que se le propusieron para realizar la experiencia con MBL, especialmente los aspectos referentes al uso de este equipo informático. Es necesario señalar, además, que este profesor otorgó importancia a que los estudiantes comprendieran las funciones de las distintas opciones de la herramienta.
- Ser consistente con las ventajas principales que concedió al MBL, ya que dedicó más tiempo al análisis de la experiencia, donde la discusión de los resultados de los cambios realizados a las variables que afectaban el fenómeno, fue un punto relevante. Además, de esto, constantemente evaluó el avance conceptual que la actividad experimental pretendía conseguir, pues los estudiantes dedicaron buena parte del tiempo a discutir, a partir de sus múltiples cuestiones, aspectos conceptuales relativos a Energía interna, Calor y Transferencia de Energía.
- Manejar con soltura el software (settings, cambio de escala, zoom, scan, etc.) lo que le permitió salvar obstáculos como la forma inadecuada de una gráfica, debido a falta de precauciones en la ejecución de la experiencia, a un tiempo de toma de datos inadecuado, etc.

TABLA 7.3
ICPAP-MBL

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física		PUNTUACIÓN			
		Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	
P1	Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.			X	
P2	Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.			X	
P3	Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.		X		
P4	Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.		X		
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.	X		
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.			X
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.			X
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.			X
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.		X	
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.		X	
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?			X
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.			X
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.			X
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1	Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.			X	
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.			X	
GR1	Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.			X	
GR2	Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.			X	
GR3	Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.			X	
GR4	Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.		X		
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.	-	-	-	

(-) No trabajó con estudiantes de niveles superiores



7.3 Perfil de Actuación de Marta al usar MBL

Para obtener el perfil de actuación de Marta al usar MBL, se aplicó a su historia el ICPAP-MBL (Tabla 7.4), en función de los criterios antes presentados (Tablas 7.1 y 7.2). Los resultados obtenidos de esto último, nos permitieron representar gráficamente su perfil de actuación (Gráfica 7.2). La actuación de Marta se caracterizó, porque:

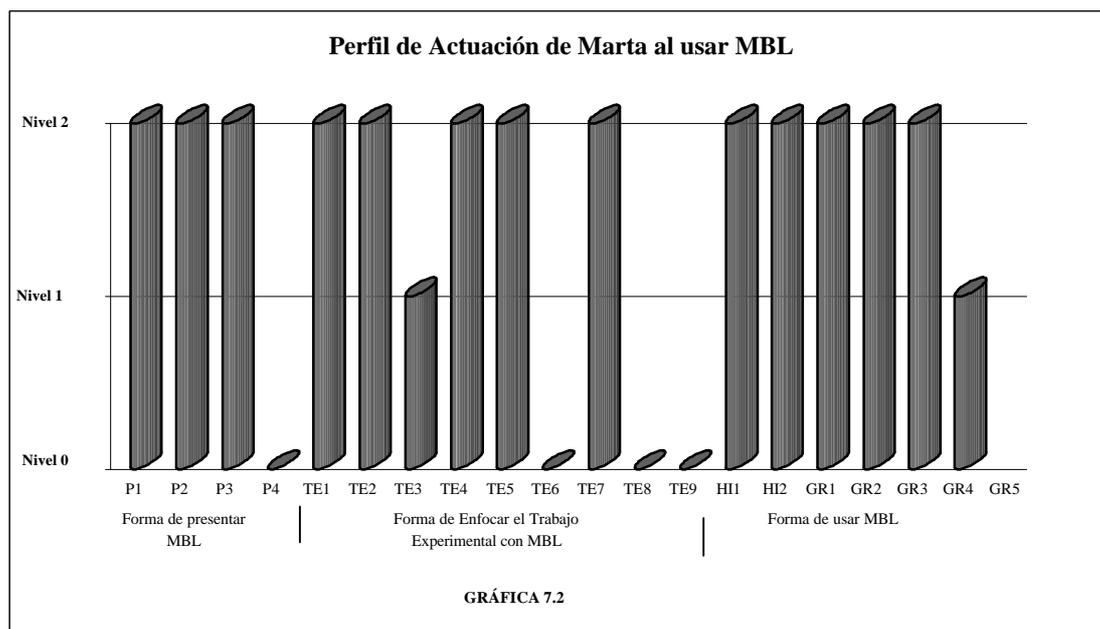
- Sus acciones hicieron evidente su casi total acuerdo con las recomendaciones en cuanto a la presentación de MBL, la única diferencia la encontramos en el hecho de que no aceptó el ítem P4.
- Sus acciones fueron muy flexibles, buscaba siempre acomodar el uso de esta herramienta a las necesidades de sus estudiantes. En igual forma, también, concedió importancia al uso del lenguaje ya que: a) intentó promover que sus estudiantes expresaran verbalmente o por escrito los resultados obtenidos; b) constantemente usó diálogos durante la sesión del trabajo experimental para detectar la evolución conceptual de los estudiantes. Ello le permitía cambiar lo planeado si era necesario.
- Sus acciones estaban dirigidas a hacer énfasis en la comprensión del concepto, la misma fue cuidadosamente guiada a través de la relación *gráfica-fenómeno*. Promovió la diferenciación entre los ruidos del gráfico y los puntos relevantes del mismo, así como la

constante repetición de la toma de datos en busca de conseguir correctas interpretaciones del gráfico.

TABLA 7.4
ICPAP-MBL

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física			PUNTUACIÓN		
			Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
P1	Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.			X	
P2	Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.			X	
P3	Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.			X	
P4	Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.	X			
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.			X
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.			X
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.		X	
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.			X
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.			X
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.	X		
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?			X
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.	X		
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.	X		
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia. Forma de usar MBL					
HI1	Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.			X	
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.			X	
GR1	Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.			X	
GR2	Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.			X	
GR3	Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.			X	
GR4	Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.		X		
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.	-	-	-	

(-) No trabajó con estudiantes de niveles superiores



7.4 Perfil de Actuación de Carles al usar MBL

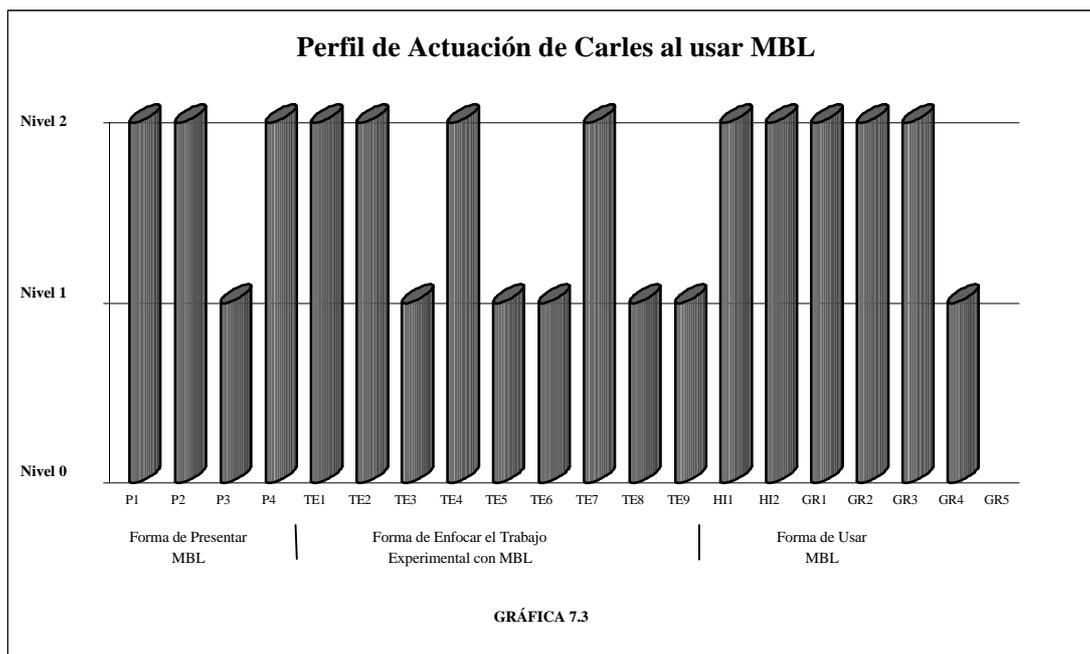
Al aplicar el ICPAP-MBL (Tabla 7.5), en función de los criterios presentados al inicio de este capítulo (Tablas 7.1 y 7.2), se obtuvo su perfil de actuación (Gráfica 7.3). La forma en que Carles usó MBL se caracterizó porque:

- Puso en evidencia su casi total acuerdo con las recomendaciones en cuanto a la forma de presentar MBL.
- Promovió un aprendizaje por descubrimiento al enfocar la actividad experimental asemejándola a un juego, *"hacer para aprender"* de forma que el estudiante re - descubriera el fenómeno.
- Dirigió la actividad de los estudiantes hacia el control de variables y con este objetivo promovió el uso de las opciones del software de MBL que servían a esos fines.

TABLA 7.5
ICPAP-MBL

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física			PUNTUACIÓN		
			Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
P1	Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.			X	
P2	Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.			X	
P3	Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.		X		
P4	Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.			X	
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.			X
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.			X
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.		X	
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.			X
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.		X	
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.		X	
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?			X
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.		X	
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.		X	
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1	Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.			X	
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.			X	
GR1	Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.			X	
GR2	Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.			X	
GR3	Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.			X	
GR4	Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.		X		
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.	-	-	-	

(-) No trabajó con estudiantes de niveles superiores.



7.5 Perfil de Actuación de Joan al usar MBL

El perfil de Actuación de Joan (Gráfica 7.4) ha sido elaborado al aplicar el ICPAP-MBL (Tabla 7.6), tomando en cuenta los criterios presentados al inicio de este capítulo (Tablas 7.1 y 7.2), a su historia. Su actuación con MBL se caracterizó porque:

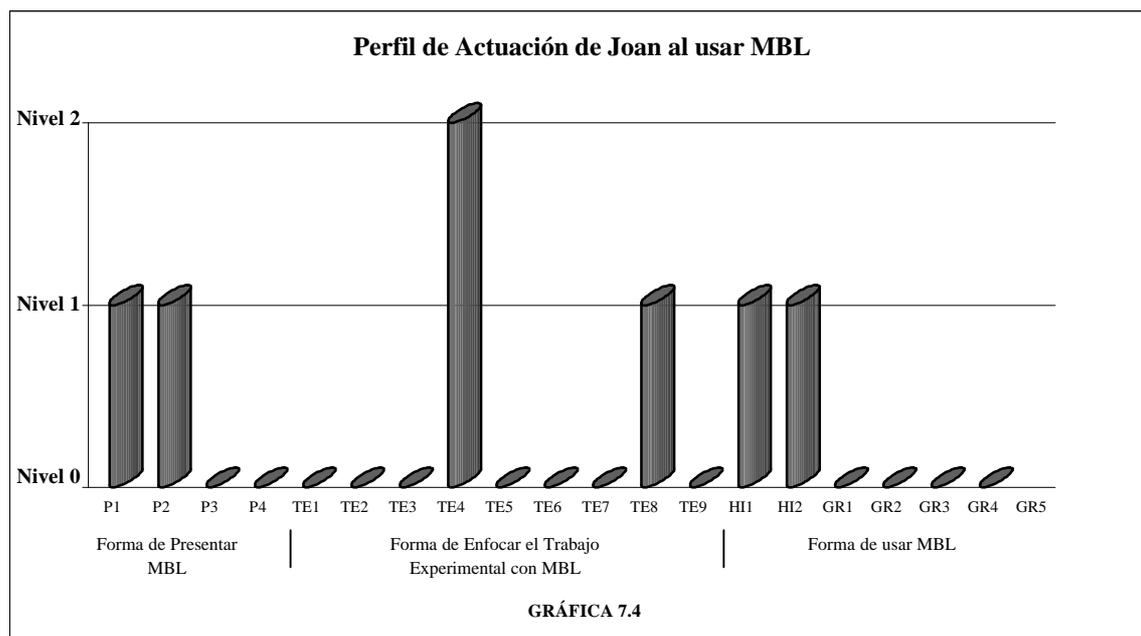
- Intentó superar su falta de experiencia en el manejo y uso de MBL, con una planificación donde controlaba en todo momento la actividad de sus estudiantes. Medio que utilizó para evitar perder el control de la clase, su principal temor, según algunas de sus acciones y comentarios. Unido a esto está el hecho, de que opina que el uso de esta herramienta puede *confundir y crear problemas* a los estudiantes.
- No compartió el enfoque didáctico propuesto para el uso de MBL. Esto puede estar unido a dos concepciones subyacentes en sus acciones, una sobre el papel del trabajo experimental y otra sobre el papel del guión de práctica. El primero es visto por Joan, como una actividad donde sólo se siguen instrucciones y se recogen datos. Para este profesor, el guión de práctica, es un guión de instrucciones que indica a través de su lectura, lo que se debe hacer autónomamente.
- Evitó el uso de algunas opciones del software de MBL para el análisis e interpretación del gráfico. Pues, una cosa era manejar, con cierta soltura, el software y otra muy distinta

manejar con soltura y claridad, todas las posibles dificultades que el uso de una herramienta desconocida, pudiera ocasionar a los estudiantes.

TABLA 7.6
ICPAP-MBL

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física			PUNTUACIÓN		
			Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
P1		Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.		X	
P2		Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.		X	
P3		Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.	X		
P4		Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.	X		
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.	X		
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.	X		
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.	X		
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.			X
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.	X		
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.	X		
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?	X		
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.		X	
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.	X		
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1		Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.		X	
HI2		Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.		X	
GR1		Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.	X		
GR2		Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.	X		
GR3		Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.	X		
GR4		Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.	X		
GR5		Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.	-		

(-) No trabajó con estudiantes de niveles superiores



7.6 Perfil de Actuación de Xavier al usar MBL

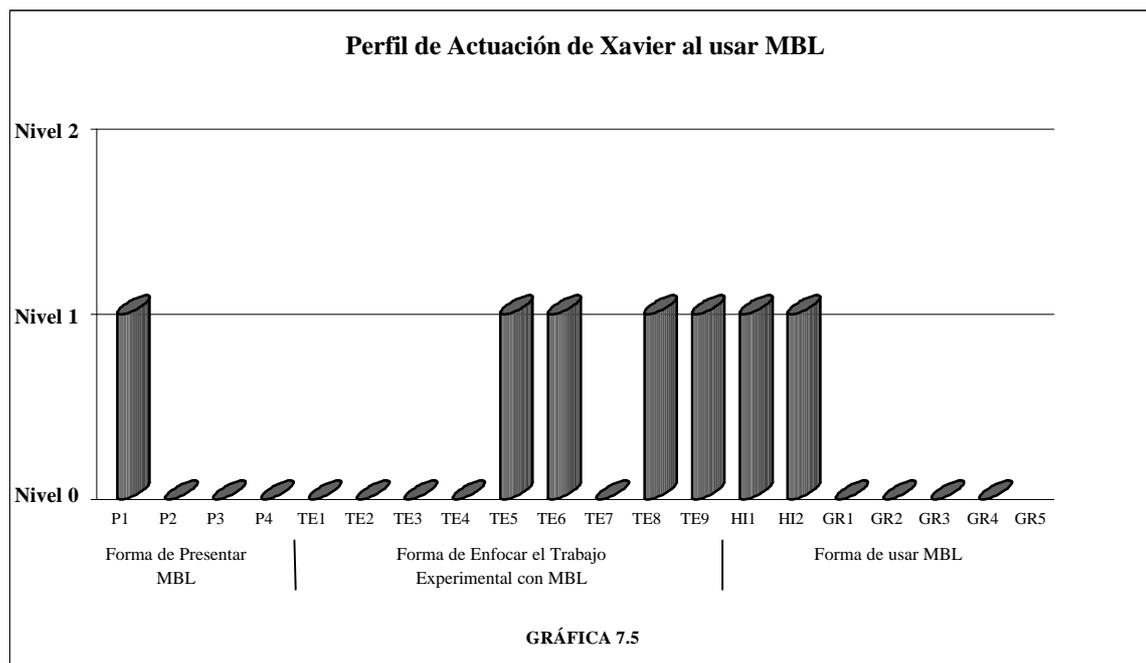
El perfil de actuación de Xavier (Gráfica 7.5) fue elaborado tomando en cuenta los criterios antes señalados (Tablas 7.1 y 7.2) al aplicar el ICPAP-MBL (Tabla 7.7) a su actuación dentro del trabajo experimental con MBL. La actuación de este profesor se caracterizó por:

- Promover la lectura constante del guión de práctica, sin propiciar la construcción de una representación mental del equipo informático.
- La visión que tiene del papel del profesor como autoridad y supervisor de la actividad en el aula, a lo largo del trabajo experimental, junto a la superposición de sus concepciones didácticas (predicciones, inferencias, trabajo en equipo, etc.), quizás producto de la poca reflexión, guió su forma de enseñar con MBL.
- No explotar al máximo las ventajas que las propiedades de esta herramienta le ofrecían. Optó por promover que los estudiantes siguieran al pie de la letra el guión de práctica, es decir que respondieran las cuestiones del mismo en cuanto al análisis e interpretación de los datos.

TABLA 7.7
ICPAP-MBL

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física			Puntuación		
			Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
P1	Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.			X	
P2	Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.		X		
P3	Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.		X		
P4	Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.		X		
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.	X		
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.	X		
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.	X		
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.	X		
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.		X	
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.		X	
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?	X		
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.		X	
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.		X	
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1	Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.			X	
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.			X	
GR1	Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.		X		
GR2	Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.		X		
GR3	Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.		X		
GR4	Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.		X		
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.		-	-	-

(-) No trabajó con estudiantes de niveles superiores.



7.7 Perfil de Actuación de Ricardo al usar MBL

El perfil de actuación de Ricardo (Gráfica 7.6) fue elaborado, tomando en cuenta los criterios presentados al inicio de este capítulo (Tablas 7.1 y 7.2), al aplicar a su historia el ICPAP-MBL (Tablas 7.8 y 7.9). Ricardo trabajó con dos grupos de estudiantes uno de IV de ESO y otro de Primero de Bachillerato, por lo tanto se aplicó el ICPAP-MBL a su actuación con ambos grupos de estudiantes. Su actuación se caracterizó por:

- No promover la construcción de un modelo mental del funcionamiento de MBL en los estudiantes de ambos grupos-clase.
- Promover un enfoque didáctico en torno a la concepción de *enseñanza-aprendizaje* que tiene: *Se aprende si se tiene interés*. Desde esta perspectiva, los estudiantes mayores, los que se orientan hacia estudios universitarios, tienen más interés por aprender, que los menores los cuales no tienen un interés definido por las Ciencias.
- Dejar el análisis e interpretación de los gráficos a la voluntad de los estudiantes más jóvenes, *grupo 1* y orientar a los estudiantes mayores, los del *grupo 2*, en la realización de dicho análisis.

TABLA 7.8
ICPAP-MBL
GRUPO 1

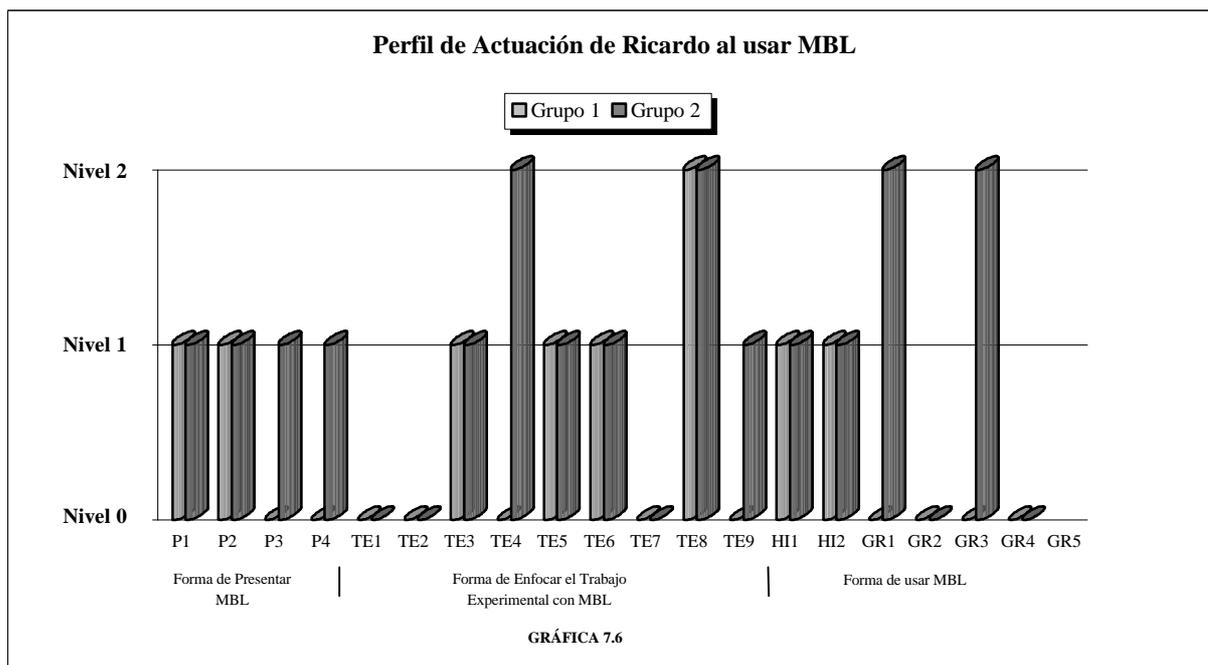
1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física		PUNTUACIÓN			
		Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	
P1	Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.		X		
P2	Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.		X		
P3	Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.	X			
P4	Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.	X			
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.	X		
	TE2	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.	X		
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.		X	
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.	X		
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.		X	
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.		X	
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?	X		
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.			X
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.	X		
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1	Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.		X		
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.		X		
GR1	Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.	X			
GR2	Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.	X			
GR3	Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.	X			
GR4	Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.	X			
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.	-			

(-) Este grupo de estudiantes no era de un nivel superior de enseñanza.

TABLA 7.9
ICPAP-MBL
GRUPO 2

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física			PUNTUACIÓN		
			Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
P1	Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.			X	
P2	Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.			X	
P3	Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.			X	
P4	Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.			X	
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.	X		
	TE2	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.	X		
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.		X	
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.			X
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.		X	
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.		X	
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?	X		
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.			X
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.		X	
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1	Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.			X	
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.			X	
GR1	Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.				X
GR2	Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.		X		
GR3	Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.				X
GR4	Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.		X		
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.		-		

(-) Este grupo de estudiantes no era de un nivel superior de enseñanza.



7.8 Perfil de Actuación de María al usar MBL

Se aplicó el ICPAP-MBL (Tablas 7.10, 7.11, 7.12) a la historia de acuerdo a los criterios presentados al inicio de este capítulo (Tablas 7.1 y 7.2). Con ello se elaboró su perfil de actuación (Gráfica 7.7). La actuación de María al usar el MBL se caracterizó por:

- No compartir en gran medida, las recomendaciones con respecto a la presentación de MBL a estudiantes que nunca antes habían usado esta herramienta (Estadio 1). Nivel de aceptación que pasó por un estadio 2, hasta llegar a un estadio 3. En este último estadio su aceptación por las recomendaciones fue mayor.
- Su evolución en la forma de enfocar el trabajo experimental con MBL y que pasó por:
 - a. Un primer estadio, en el cual estaba rígida y sólo daba instrucciones simples para que los estudiantes siguieran el guión.
 - b. Un segundo estadio, donde la repetición de un conjunto de acciones la llevaron a ir ganando flexibilidad y gestionando de forma más adecuada la clase.
 - c. Un tercer estadio, donde dio muestras de que comenzaba a comprender las razones de la estructura del guión y del enfoque didáctico subyacente.

Parece como si la repetida utilización de unas pautas inicialmente incomprendidas dio pie a una reflexión, más o menos explícita que favoreció el cambio en su forma de utilizar MBL al realizar la actividad.

El hecho de que su historia señala que el uso de MBL parece requerir del profesorado una formación específica, que los lleve a comprender, por ejemplo, el uso del zoom, la función de los cambios de escala y en general el análisis de un gráfico con esta herramienta. Pues, a pesar de que la forma en que María promovió el análisis e interpretación de los gráficos fue a más, es evidente que quedó lejos de las recomendaciones que se le dieron en este sentido. Ello se debió quizás, a la falta de una formación específica sobre la lectura y el análisis de gráficos al usar MBL.

TABLA 7.10
ICPAP-MBL
(ESTADIO 1)

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física			PUNTUACIÓN		
			Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
P1		Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.		X	
P2		Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.		X	
P3		Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.	X		
P4		Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.	X		
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.	X		
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.	X		
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.	X		
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.	X		
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.		X	
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.		X	
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?	X		
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.	X		
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.		X	
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1		Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.		X	
HI2		Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.	X		
GR1		Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.		X	
GR2		Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.	X		
GR3		Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.	X		
GR4		Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.	X		
GR5		Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.	-	-	-

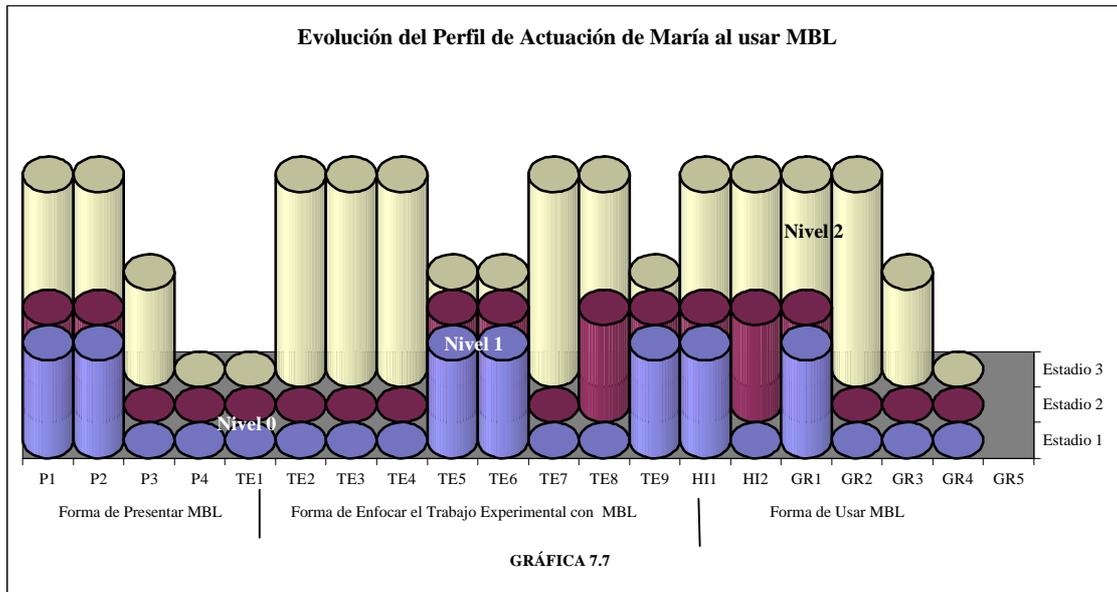
(-) No trabajó con estudiantes de grupos superiores

TABLA 7.11
ICPAP-MBL
(ESTADIO 2)

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física		PUNTAJACIÓN			
		Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	
P1	Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.		X		
P2	Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.		X		
P3	Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.	X			
P4	Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.	X			
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.	X		
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.	X		
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.	X		
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.	X		
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.		X	
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.		X	
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?	X		
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.		X	
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.		X	
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1	Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.		X		
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.		X		
GR1	Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.		X		
GR2	Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.	X			
GR3	Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.	X			
GR4	Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.	X			
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.	-	-	-	

TABLA 7.12
ICPAP-MBL
(ESTADIO 3)

1. Conjunto de Acciones o formas de presentar MBL a un grupo de estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases de Física		PUNTUACIÓN			
		Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	
P1	Identificar los elementos que conforman MBL. Esto implica presentar esta herramienta como un sistema formado por un conjunto de elementos: ordenador, interfaz, sensor (es), software, etc.			X	
P2	Dar una visión global del uso y función de los distintos elementos que forman MBL. Para ello, es esencial, hacer hincapié en el papel de cada uno de estos elementos y en la relación entre ellos.			X	
P3	Dirigir la atención de los estudiantes hacia dos hechos casi simultáneos y relacionarlos: la evolución del fenómeno durante la toma de datos y la gráfica que se dibuja en la pantalla del ordenador a medida que evoluciona el fenómeno.		X		
P4	Programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales (metro, termómetro, cronómetro, etc.) con la función y sensibilidad del sistema MBL.	X			
2. Conjunto de Acciones o formas de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL					
Planteamiento de la experiencia	TE1	Plantear la actividad experimental situando previamente el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano. Es decir, promover que los estudiantes comprendan que los fenómenos que se dan dentro de su entorno cotidiano, no están alejados o distantes de los fenómenos científicos que se estudian y analizan en las clases de Física.	X		
	TE2	Presentar la actividad experimental como un problema a resolver, es decir, que lleve a los estudiantes a interesarse por el fenómeno a estudiar y por tanto, a dirigir sus acciones a solucionarlo.			X
	TE3	Plantear la actividad experimental de modo que los estudiantes, tengan claro qué información obtendrán al finalizar la misma y que estén enterados de lo que se espera de ellos.			X
Desarrollo de la Experiencia	TE4	Regular las propias acciones a partir de la respuesta de los estudiantes. El profesor modifica, en mayor o menor medida, el ritmo de la actividad experimental o el énfasis de algunas acciones previstas en la planificación sobre determinados aspectos de la misma, en función de la reacción/respuesta de los estudiantes durante el desarrollo de la misma.			X
	TE5	Proponer a los estudiantes que hagan informes escritos o descripciones orales donde tengan que usar adecuadamente la terminología científica introducida durante la experiencia.		X	
	TE6	Proponer actividades que lleven a los estudiantes a extender los resultados obtenidos a situaciones más generales, más complejas o de aplicación a distintos momentos de la vida diaria.		X	
	TE7	Promover que los estudiantes cuestionen y discutan los resultados de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno. Por ejemplo: ¿Si hago esto, puede pasar esto? ¿Qué pasa si hacemos esto? ¿Qué pasa si hacemos esto otro?			X
	TE8	Promover que los estudiantes realicen predicciones de los resultados y de la forma del gráfico a obtener y las discutan, antes de la toma de datos.			X
	TE9	Promover que los estudiantes confronten los resultados obtenidos con sus predicciones y con el marco teórico de referencia.		X	
3. Conjunto de acciones o formas de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los gráficos de una experiencia.					
HI1	Ajustar los programas o los distintos menús del software de MBL a la actividad experimental, al contexto, al nivel de los estudiantes, etc. Con la finalidad de potenciar al máximo su uso.			X	
HI2	Manejar de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL, relacionados con el software y el hardware.			X	
GR1	Relacionar la forma del gráfico y sus puntos relevantes con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales.			X	
GR2	Proponer el uso de determinadas opciones del menú del software de MBL que faciliten la correcta interpretación y comprensión del gráfico obtenido y con ello del fenómeno que representa.			X	
GR3	Ayudar a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales subyacentes en la interpretación del gráfico relacionadas con el tema tratado.		X		
GR4	Proponer el análisis de las similitudes y diferencias entre las gráficas obtenidas en los experimentos con objetos reales y las gráficas correspondientes a los modelos teóricos del fenómeno que se estudia.	X			
GR5	Promover que los estudiantes de cursos superiores obtengan las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinen la pendiente, el área bajo la curva, ajusten el gráfico a una función matemática, etc.	-	-	-	



CAPÍTULO 8

COMPARACIÓN DE LOS PERFILES DE ACTUACIÓN Y ALGUNAS SUGERENCIAS PARA LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE FÍSICA EN EL USO DE MBL

En este capítulo analizaremos de forma comparativa el porcentaje de aceptación de las recomendaciones entre los profesores de la muestra. Para ello haremos uso de los resultados obtenidos de la aplicación del ICPAP-MBL. Este análisis lo hemos estructurado en tres partes: Comparación del porcentaje de aceptación de las recomendaciones entre los profesores; Comparación del porcentaje de aceptación de las recomendaciones por categorías entre los profesores; Comparación del porcentaje de aceptación de cada uno de las recomendaciones (ítems) que componen el ICPAP-MBL.

8.1 Información obtenida de la aplicación del ICPAP-MBL

Como resultado de la aplicación del ICPAP-MBL obtuvimos información numérica con respecto a la forma en que los profesores de la muestra han usado MBL. Dicha información la hemos colocado en la Tabla 8.1. Se contempla en la Tabla 8.1 tres dimensiones: profesor, ítems y niveles. En lugar de hacer una representación gráfica tridimensional, se ha elegido para su mayor facilidad de lectura esta tabla. La primera columna hace referencia a los profesores y esta distribuida de manera que a cada profesor le corresponde una fila, con excepción de Ricardo y María. Pues, al primero le corresponden dos filas (Grupo 1 y Grupo 2) y a la segunda le corresponden tres filas (Estadio 1, Estadio 2, Estadio 3). Dicho conjunto de filas correspondientes a los profesores, en esta primera columna, se repite a lo largo de la misma para cada nivel (Nivel 2, Nivel 1 y Nivel 0). En las columnas siguientes se representan cada uno de los 20 ítems del ICPAP-MBL, distribuidos en las tres categorías que venimos analizando (Forma de presentar MBL, Forma de enfocar el trabajo experimental y forma de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de gráficos).

TABLA 8.1

		ITEMS																				
		Forma de presentar MBL				Forma de enfocar el Trabajo Experimental con MBL									Forma de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de gráficos.							
Profesor		P1	P2	P3	P4	TE1	TE2	TE3	TE4	TE5	TE6	TE7	TE8	TE9	HI1	HI2	GR1	GR2	GR3	GR4	GR5	
		NIVEL 2				NIVEL 2									NIVEL 2							
Jordi		•	•				•	•	•				•	•	•							
Marta		•	•	•		•	•		•	•			•		•	•	•	•	•			
Carles		•	•		•	•	•		•				•		•	•	•	•	•			
Joan									•													
Xavier																						
R	G1																					
	G2								•								•		•			
Ma	E1																					
	E2																					
	E3	•	•										•	•	•	•						
		NIVEL 1				NIVEL 1									NIVEL 1							
Jordi				•	•					•	•										•	
Marta								•													•	
Carles				•				•		•	•		•	•							•	
Joan		•	•																			
Xavier		•																				
R	G1	•	•							•	•											
	G2	•	•	•	•					•	•											
Ma	E1	•	•							•	•											
	E2	•	•							•	•											
	E3			•						•	•											
		NIVEL 0				NIVEL 0									NIVEL 0							
Jordi						•																
Marta					•						•			•	•							
Carles																						
Joan				•	•	•	•			•	•	•	•	•								
Xavier			•	•	•	•	•															
R	G1			•	•	•	•															
	G2																					
Ma	E1			•	•	•	•															
	E2			•	•	•	•															
	E3					•	•															

R: Ricardo; Ma: María.

La tabla anterior nos señala a primera vista que:

1. Las acciones o formas de usar los *Experimentos en Tiempo Real* por parte de 3 de los 7 profesores de la muestra estuvieron mayoritariamente dentro del *Nivel 2*.
2. Las acciones o formas de usar los *Experimentos en Tiempo Real* por parte de 4 de los 7 profesores de la muestra estuvieron mayoritariamente dentro de los *Niveles 1 y 0*.
3. Las acciones de los profesores en cuanto a la identificación de los elementos que constituyen MBL (P1) y en cuanto a dar una visión global del uso y función de esta herramienta (P2) fueron resonantes en un alto porcentaje con las recomendaciones en este sentido. Pues, las acciones de 3 de 7 de los profesores mostraron que dichas recomendaciones fueron aceptadas en su totalidad y, las acciones de 4 de 7 profesores mostraron que fueron aceptadas parcialmente.
4. Las acciones de los profesores en cuanto a dirigir la atención de los estudiantes hacia la simultaneidad entre la evolución del fenómeno y la construcción gráfica (P3) y, en cuanto a programar una actividad o describir una situación que permita comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales con la función y sensibilidad del sistema MBL (P4) estuvieron distribuidas casi mayoritariamente en los *Niveles 1 y 0*. Es decir, en pocas ocasiones, los profesores hicieron hincapié en que se estaban obteniendo en tiempo real los gráficos del fenómeno que acontecía y tampoco compararon el instrumento de medida que utilizaban (MBL) con el instrumento de medida tradicional correspondiente.
5. Las acciones de 4 de los 7 profesores de la muestra, que estaban relacionadas con el enfoque didáctico del trabajo experimental con MBL estuvieron mayoritariamente dentro de los *Niveles 1 y 0*. Más específicamente podemos señalar con respecto a esta categoría que:
 - 5 de los 7 profesores de la muestra coincidieron en el *Nivel 1* con respecto a los ítems TE5 y TE6. Estos ítems están relacionados con el uso de la terminología científica y la extensión de los resultados a otras situaciones. Es decir, se dio poca importancia a éstos aspectos didácticos que favorecen la construcción y reestructuración del conocimiento científico.
 - Los ítems relacionados con las predicciones y su respectiva discusión fueron aceptados parcialmente por 5 de los 7 profesores de la muestra. Es decir, no hubo la resonancia que se esperaba entre las acciones de los profesores y las recomendaciones concernientes al uso de la ventaja que tiene esta herramienta al

permitir/facilitar a los estudiantes un ir y venir al contrastar sus ideas sobre lo que sucederá, con los resultados experimentales obtenidos.

- Los ítems que representan o componen el planteamiento del problema (TE1, TE2, TE3) y el que hace referencia a la discusión de los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno (TE7), tuvieron una baja aceptación por parte de los profesores. Es decir, los profesores no situaron el fenómeno a estudiar dentro de un contexto cotidiano, así como tampoco promovieron discusiones sobre los posibles cambios a las variables que afectaban el fenómeno que se estudiaba.
 - El ítem que hacía referencia a la regulación de las propias acciones en función de las respuestas de los estudiantes (TE4) tuvo un alto nivel de resonancia con las acciones de los profesores. Es decir, un alto porcentaje de profesores tomó en cuenta, en el desarrollo de la experiencia, las respuestas de los estudiantes ante las distintas actividades que realizaban para promover cambios en estas últimas.
6. Los ítems que representan las orientaciones de la categoría 3 (Forma de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de gráficos) estuvieron distribuidos de la siguiente forma:
- Las acciones de los profesores que hacían referencia a los ítems HI1 y HI2 (ajuste de MBL a las distintas condiciones en las cuales se le utiliza, y usó de MBL con soltura) estuvieron mayoritariamente (4 de 7) dentro del *Nivel 1*. Es decir, la alta dependencia que tenían los profesores del guión de práctica para el manejo del software de MBL fue la nota características.
 - Las acciones de 4 de los 7 profesores que hacían referencia al uso de MBL en cuanto al análisis de los gráficos estuvieron mayoritariamente en el *Nivel 1 y 0*. Un menor porcentaje de profesores, 3 de 7, mantuvieron sus acciones en el *Nivel 2* en cuanto a estas orientaciones. Más específicamente podemos decir que, las acciones de 4 de los 7 profesores de la muestra, concernientes al uso de las distintas potencialidades del software para mejorar la visión del gráfico (GR2) y las relacionadas a ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades conceptuales (GR3) estuvieron en el *Nivel 0*. En cuanto a las acciones de los profesores respecto a la recomendación de relacionar la forma del gráfico con la evolución del fenómeno (GR1), la misma osciló entre los *Nivel 0 y 1*. Las acciones de los profesores, en

cuanto a promover el contraste de la gráfica teórica con la experimental, esta fue aceptada sólo parcialmente por 3 de los 7 profesores.

Lo expresado en estos últimos párrafos sobre el uso de MBL para el análisis de gráficos nos señala:

- La poca o deficiente formación dada a los profesores en cuanto al uso de MBL para el análisis e interpretación de la información referida en los gráficos.

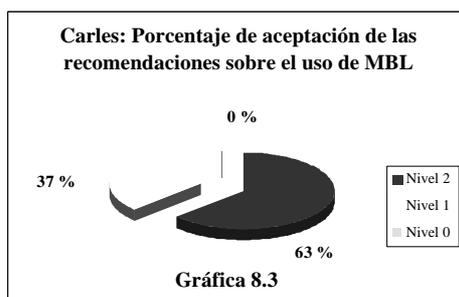
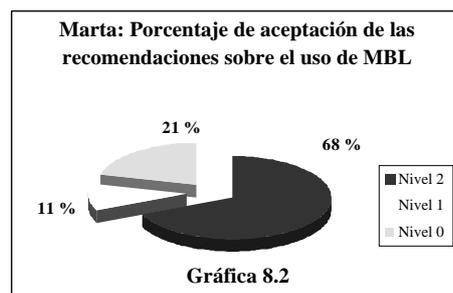
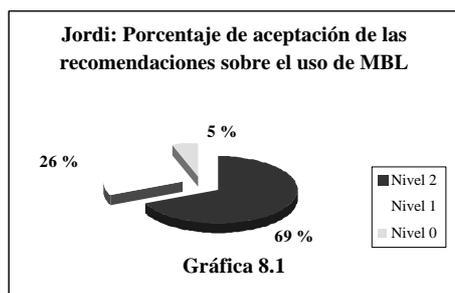
8.2 Comparación del porcentaje de aceptación de las recomendaciones entre los profesores

La primera información que hemos obtenido de la tabla 8.1 es la que hace referencia al número de ítems totalmente aceptados (*Nivel 2*), número de ítems parcialmente aceptados (*Nivel 1*) y número de ítems no aceptados (*Nivel 0*) por cada uno de los profesores. Esta información la presentamos desglosada para cada profesor en la tabla 8.2.

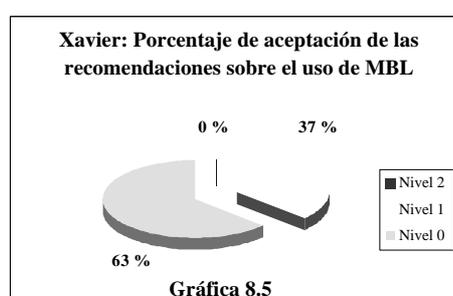
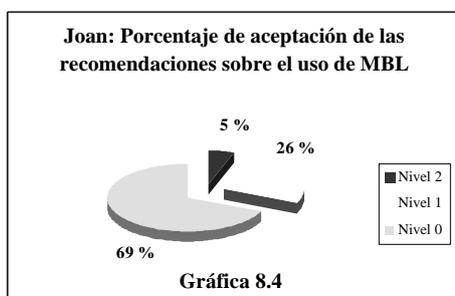
TABLA 8.2

Profesor	Número de ítems totalmente aceptados (Nivel 2)	Número de ítems parcialmente aceptados (Nivel 1)	Número de ítems no aceptados (Nivel 0)
Jordi	13	5	1
Marta	13	2	4
Carles	12	7	0
Joan	1	5	13
Xavier	0	7	12
Ricardo (G1)	1	7	11
Ricardo (G2)	4	10	6
María (E1)	0	7	12
María (E2)	0	9	10
María (E3)	11	5	3

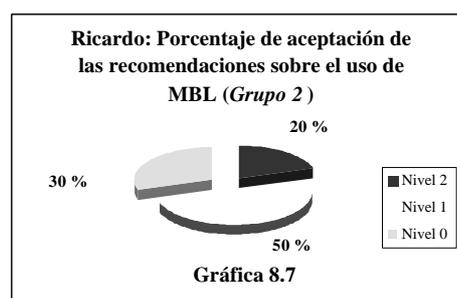
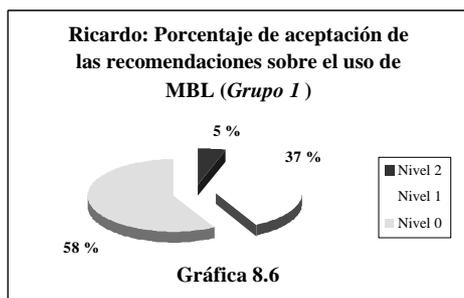
La información de la tabla 8.2 nos dice que los profesores con experiencia en el uso de MBL, Jordi, Carmen y Carles siguieron las orientaciones (*Nivel 2*), entre un 63 y 69 % (Gráfica 8.1, 8.2 y 8.3). El porcentaje de acciones de estos profesores en el *Nivel 1*, acciones que señalan una aceptación parcial de las recomendaciones fue de un 26 % para Jordi, un 11 % para Marta y de un 0 % para Carles. Con respecto a este último profesor sus acciones al usar MBL estuvieron comprendidas, solamente, entre el *Nivel 2* y el *Nivel 1*, es decir, aceptó mayoritariamente las recomendaciones sobre el uso de MBL.



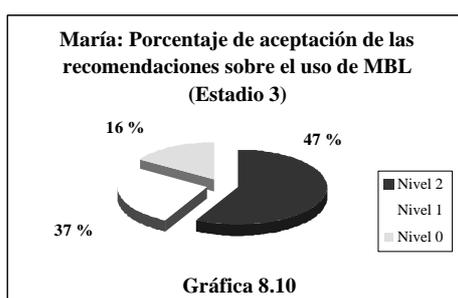
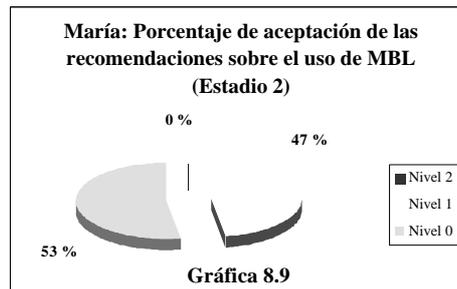
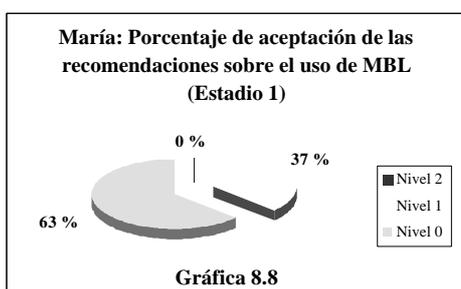
La forma de usar MBL por parte de Joan y Xavier se caracterizó por el bajo porcentaje de aceptación que mostraron hacia las recomendaciones dadas para el uso de esta herramienta, este fue de 5 % para el primero y de un 0 % para el segundo (Gráficas 8.4 y 8.5). Es decir, las acciones de estos profesores al usar MBL se encuentran en un alto porcentaje en el *Nivel 1* (26 y 37 %) y el *Nivel 0* (69 % y 63 %). Estos resultados señalan, por tanto la poca incidencia que tuvieron, en estos profesores, las recomendaciones dadas sobre el uso de MBL.



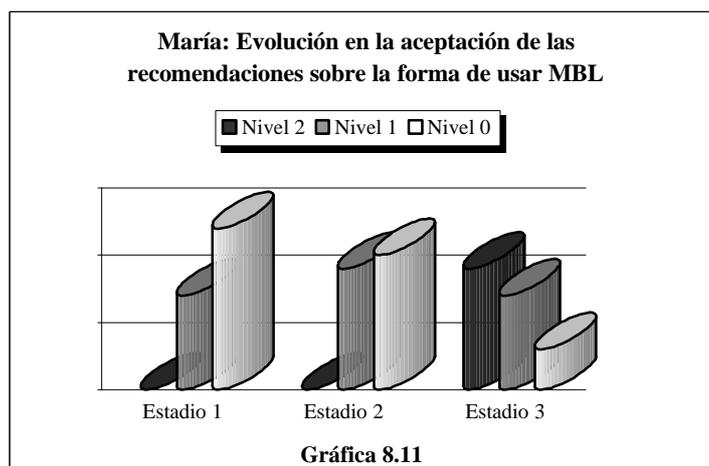
Con respecto a Ricardo, el nivel de aceptación de este profesor hacia las recomendaciones se caracterizó por no ser el mismo en los dos grupos-clases con los cuales trabajó (Gráficas 8.6 y 8.7). Con el *Grupo 1*, su aceptación de las recomendaciones fue de un 5 % y en el *Grupo 2* de un 20 %. La actuación de Ricardo, al usar MBL se caracterizó por estar mayoritariamente en nivel 1, un 37 %, en el *Grupo 1*, y un 50 % para el *Grupo 2*.



El nivel de aceptación de las recomendaciones de María se caracterizó por el hecho de que en los dos primeros estadios, su nivel de aceptación hacia las recomendaciones fue de un 0% (Gráficas 8.8, 8.9 y 8.10). Durante el paso del primer estadio al segundo estadio se puede apreciar que va cambiando su forma de usar MBL, pues sus acciones en el *Nivel 0*, del *Estadio 1* al *Estadio 2* se ven reducidas en un 10% y aumentadas en el *Nivel 1* en un 10%. La aceptación de las recomendaciones, por parte de María aumentó en el *Estadio 3*, pues, en este estadio sus acciones en el *Nivel 0* se ven reducidas hasta un 16%, y en cambio un 37% de su actuación correspondió en la fase final al *Nivel 1*, y un 47% llegó a ser del *Nivel 2*.



Lo anterior también nos señala que la aceptación de las recomendaciones para el uso de MBL, por parte de María estuvo sujeta a un cambio progresivo, evolución, el cual podemos ver claramente en la Gráfica 8.11.



8.3 Comparación por categorías del nivel de aceptación de las recomendaciones

Procedemos a comparar en este apartado el nivel de aceptación de las recomendaciones, pero de una forma un poco más específica, es decir, por categorías de ítems.

8.3.1 Categoría 1: Presentación de MBL a estudiantes que nunca antes han usado esta herramienta en sus clases

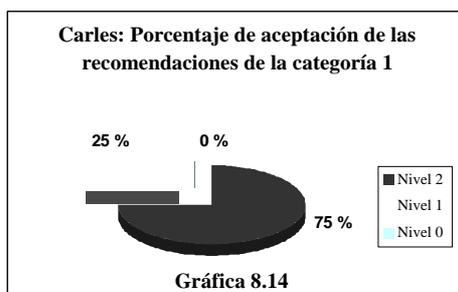
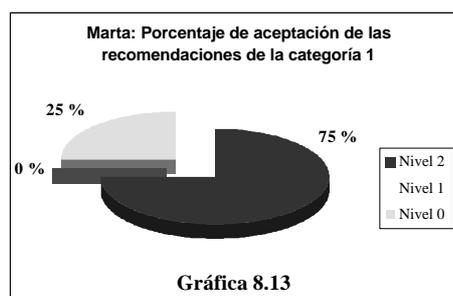
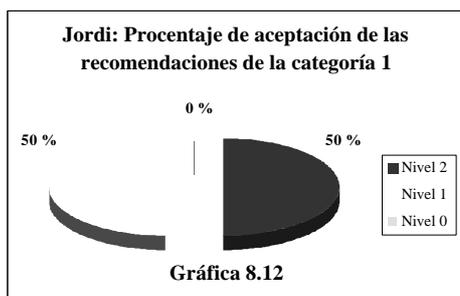
La información concerniente a esta categoría también ha sido obtenida de la tabla 8.1. Pero, para una mayor claridad la presentamos en la tabla 8.3.

TABLA 8.3

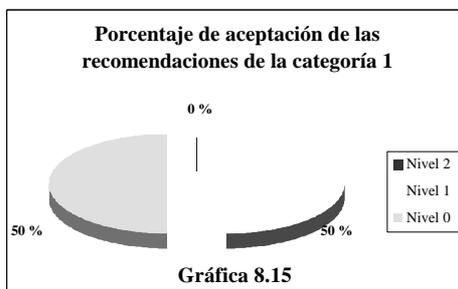
Profesor	Número de ítems totalmente aceptados (Nivel 2)	Número de ítems parcialmente aceptados (Nivel 1)	Número de ítems no aceptados (Nivel 0)
Jordi	2	2	0
Marta	3	0	1
Carles	3	1	0
Joan	0	2	2
Xavier	0	1	3
Ricardo (G1)	0	2	2
Ricardo (G2)	0	4	0
María (E1)	0	2	2
María (E2)	0	2	2
María (E3)	2	1	1

Como podemos apreciar en las gráficas 8.12, 8.13 y 8.14 el porcentaje de aceptación de las recomendaciones de la categoría 1 en los profesores con experiencia en el uso de MBL osciló

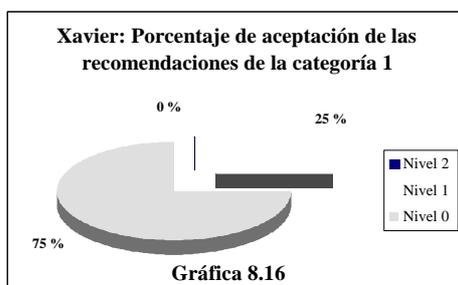
entre un 75 y 50 %. Es decir, la forma de presentar esta herramienta por parte de estos profesores estuvo mayoritariamente en el *Nivel 2* y el *Nivel 1*. Sólo se dio un caso en el cual, las acciones de uno de los profesores estuvieron en un 25 % en el *Nivel 0*. Por tanto, esto nos señala el alto nivel de aceptación de las recomendaciones concernientes a esta categoría por parte de estos profesores.



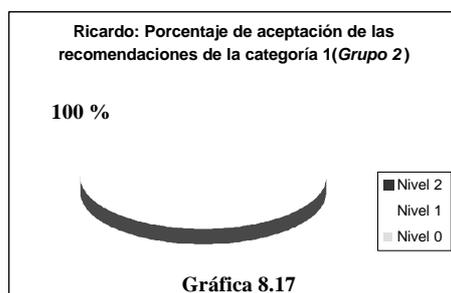
Las acciones de 3 de los profesores de la muestra al presentar MBL (Joan, Ricardo con el *Grupo 1*, María en los estadios 1 y 2), coincidieron y las mismas se caracterizaron por que dichas acciones no estaban en el *Nivel 2*, sino en el *Nivel 1* y *Nivel 0*. Esto lo vemos representado en la gráfica 8.15. Se puede decir de ello que es evidente el alto porcentaje de aceptación parcial de las recomendaciones de esta categoría.



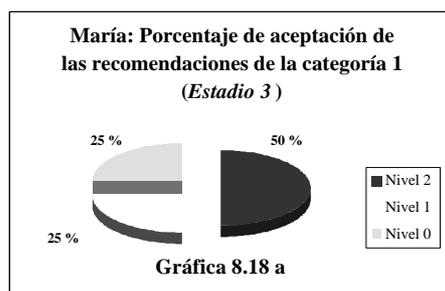
Xavier es el profesor que presentó un mayor nivel de rechazo de las recomendaciones concernientes a la presentación de la herramienta (Gráfica 8.16). Sus acciones estuvieron en un 75 % en el *Nivel 0* y un 25 % en el *Nivel 1*.



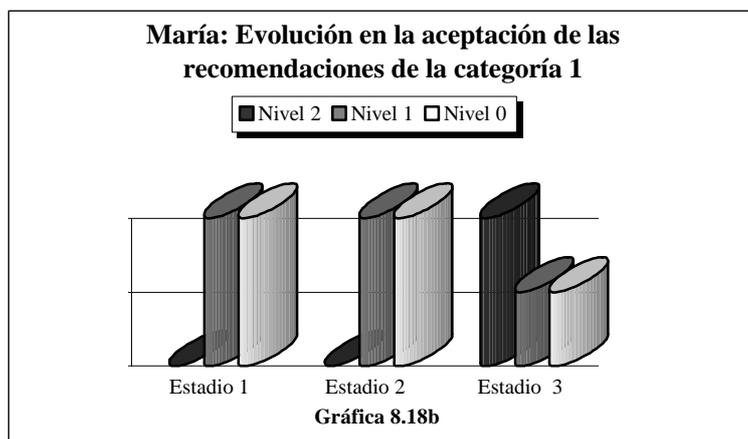
La actuación de Ricardo con el *Grupo 2* fue bastante diferente a su actuación con el grupo 1 (Gráfica 8.15), pues, sus acciones al presentar la herramienta a sus estudiantes estuvieron todas en el *Nivel 1*. Es decir, con este grupo, Ricardo demostró que había aceptado parcialmente las recomendaciones en este sentido (Gráfica 8.17).



Las acciones de María al presentar la herramienta cambian en el *Estadio 3* en comparación con las realizadas en los *Estadios 1* y *2* (gráfica 8.15). Esta profesora en el *Estadio 3* tuvo actuaciones en resonancia con las propuestas recibidas respecto a la forma de introducir MBL a grupos de estudiantes en un 50 % (*Nivel 2*). Es decir, disminuyó sus acciones del *Nivel 1* y del *Nivel 0* a un 25 % (Gráfica 8.18a).



Lo anterior señala que María a medida que desarrolló las distintas experiencias con MBL, fue aceptando las recomendaciones pertinentes en cuanto a la necesidad de que los estudiantes construyeran un modelo mental sobre la herramienta. Por tanto, se puede decir que la aceptación de María de las recomendaciones de la categoría 1, evolucionan tal como se puede leer en la gráfica 8.18 b.



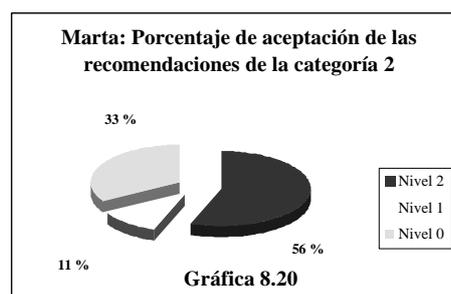
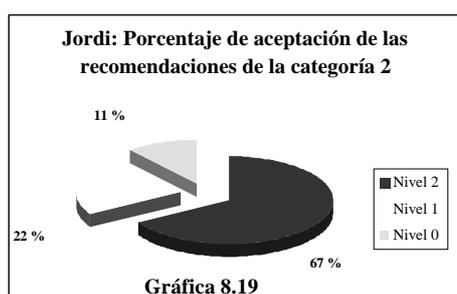
8.3.2 Categoría 2: Enfoque del Trabajo Experimental con MBL

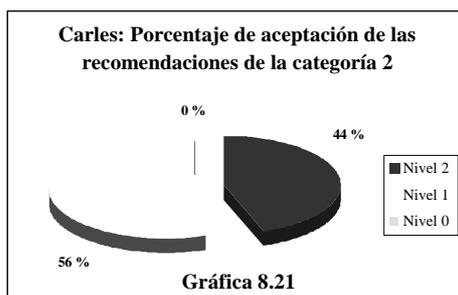
La información concerniente a esta categoría también ha sido obtenida de la tabla 8.1. Para una mayor claridad la presentamos en la tabla 8.4.

TABLA 8.4

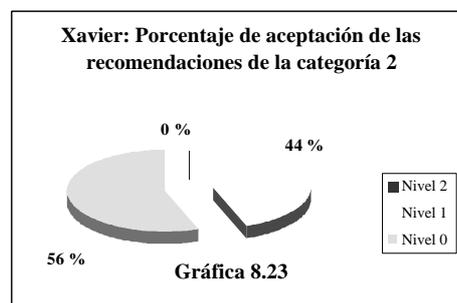
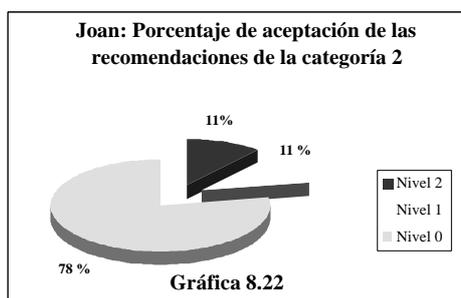
Profesor	Número de ítems totalmente aceptados (Nivel 2)	Número de ítems parcialmente aceptados (Nivel 1)	Número de ítems no aceptados (Nivel 0)
Jordi	6	2	1
Marta	5	1	3
Carles	4	5	0
Joan	1	1	7
Xavier	0	4	5
Ricardo (G1)	1	3	5
Ricardo (G2)	2	4	3
María (E1)	0	3	6
María (E2)	0	4	5
María (E3)	5	3	1

El nivel de rechazo de las recomendaciones que conforman la categoría 2 y hacen referencia a la forma de enfocar el trabajo experimental con MBL, es bajo entre los profesores con experiencia en el uso de MBL. Jordi presenta un 11 % de rechazo, Marta un 33 % y Carles un 0 %, es decir, las acciones del *Nivel 0* son relativamente escasas en estos profesores. En sentido opuesto, el porcentaje de aceptación, es decir, el porcentaje de acciones del *Nivel 2* es alto, Jordi un 67 %, Marta un 54 % y Carles un 44 %. Este último presenta un alto porcentaje de acciones en el *Nivel 1*, es decir, presenta una aceptación parcial de las recomendaciones de un 56 % en comparación con el 11 % de Jordi y el 33 % de Marta. Todo esto se puede apreciar en las gráficas 8.19, 8.20 y 8.21.

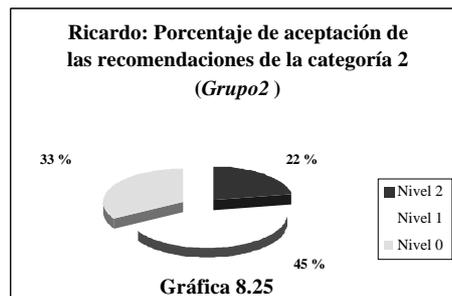
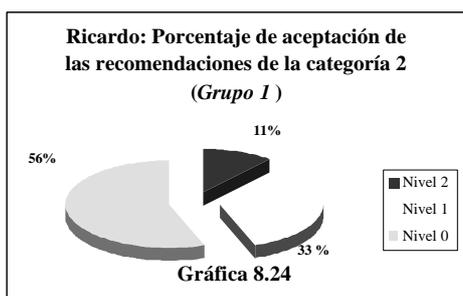




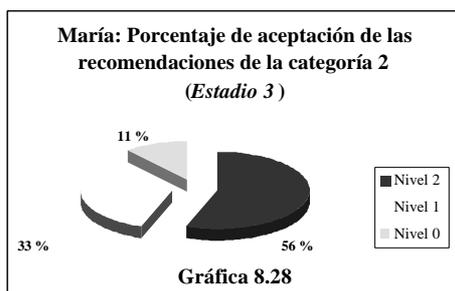
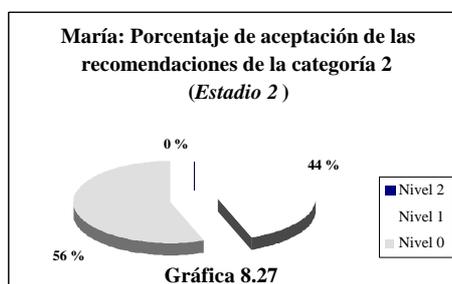
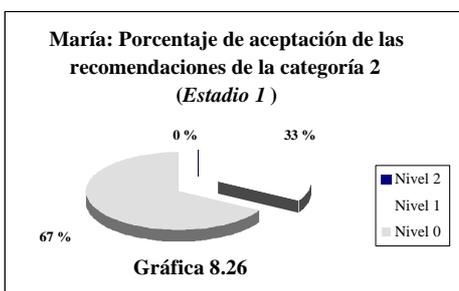
Joan y Xavier presentan un alto porcentaje de rechazo de las recomendaciones de la categoría 2. Un 78 % de rechazo del primero y un 56 % en el segundo, es decir, las acciones de estos profesores al enfocar el trabajo experimental con MBL se localizan en su mayoría en el *Nivel 0*. En cuanto al *Nivel 1*, podemos encontrar un porcentaje alto de acciones de Xavier dentro de este nivel, un 44 %, pero el mismo es menor en Joan, con un 11 %. Este último presenta un 11 % de acciones localizadas en el *Nivel 2*, en contraposición a Xavier de quien no encontramos reflejada en sus acciones ninguna de las acciones de este nivel (Gráficas 8.22 y 8.23).



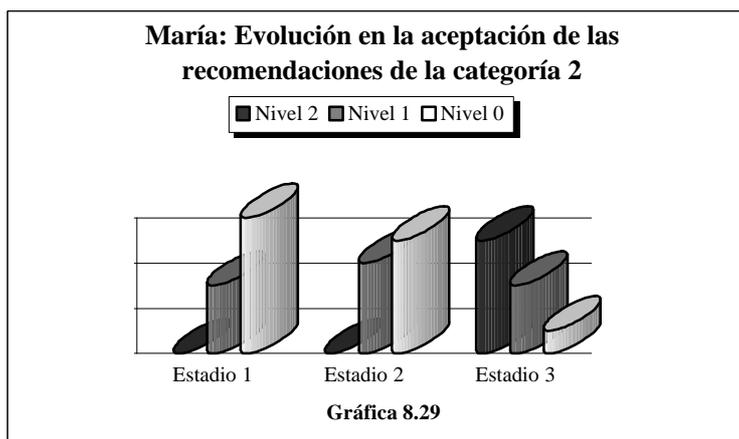
En cuanto a Ricardo este profesor presenta un bajo porcentaje de aceptación de las recomendaciones de la categoría 2, un 11 % en el *Grupo 1* y un 22 % en el *Grupo 2* (Gráficas 8.24 y 8.25). Es decir, encontramos pocas acciones del *Nivel 2*, en la actuación de este profesor al enfocar el trabajo experimental con MBL. Ricardo aceptó parcialmente algunas recomendaciones en este sentido, es decir, su actuación puede ser localizada en el *Nivel 1*, en un 33 % para el *Grupo 1* y un 45 % para el *Grupo 2*. El porcentaje de rechazo a las recomendaciones sobre como enfocar el trabajo experimental con MBL es alto con los estudiantes del *Grupo 1*, un 56 %. Porcentaje este que disminuye en el *Grupo 2* a un 33 % (*Nivel 0*).



María, al igual que en la categoría anterior presenta una evolución en cuanto a su aceptación de las recomendaciones. Es decir, su porcentaje de aceptación de las recomendaciones va aumentando de un estadio a otro. Como vemos en las gráficas 8.26, 8.27 y 8.28, esta profesora reduce su rechazo por las recomendaciones de un 67 % pasando por un 54 % hasta un 11 % (*Nivel 0*). Paralelo a estos sus acciones en el *Nivel 1* van aumentando de un estadio a otro, es decir, van de un 33 % a 44 %, disminuyendo a 33 % en el *Estadio 3*. Esto último va unido a un aumento de las acciones correspondientes al *Nivel 2*, que pasan de un 0 % en el *Estadio 1* y que se mantiene en el *Estadio 2*, para ir a cambiar de forma positiva en el *Estadio 3* a un 56 %.



María aumenta el número de actuaciones en resonancia con las recomendaciones propuestas. Esto se puede ver claramente reflejado en la gráfica 8.29.



8.3.3 Categoría 3: Uso de MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis e interpretación de los gráficos de una experiencia

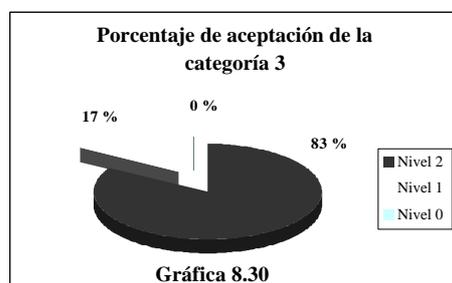
La información concerniente a esta categoría también ha sido obtenida de la tabla 8.1. Para una mayor claridad la presentamos en la tabla 8.5.

TABLA 8.5

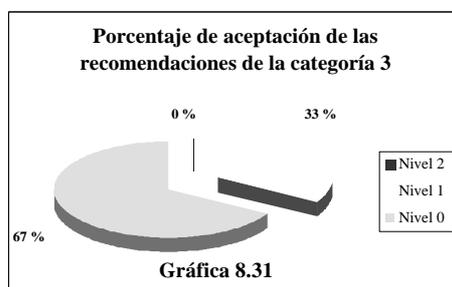
Profesor	Número de ítems totalmente aceptados (Nivel 2)	Número de ítems parcialmente aceptados (Nivel 1)	Número de ítems no aceptados (Nivel 0)
Jordi	5	1	0
Marta	5	1	0
Carles	5	1	0
Joan	0	2	4
Xavier	0	2	4
Ricardo (G1)	0	2	4
Ricardo (G2)	2	2	3
María (E1)	0	2	4
María (E2)	0	3	3
María (E3)	4	1	1

El porcentaje de aceptación de la categoría 3, por parte de los tres profesores con experiencia en el uso de MBL (Jordi, Marta, Carles), es el mismo. Como podemos ver en la gráfica 8.30, la actuación de estos profesores al usar MBL como herramienta informática y para el análisis de gráficos osciló solamente, entre los *Niveles 1 y 2*, es decir, no encontramos ninguna acción que permita referencia el *Nivel 0*. Este porcentaje de aceptación es alto en el *Nivel 2*, de un 83 % para cada profesor y mucho más bajo en el *Nivel 1*, acciones que se caracterizan por señalar una

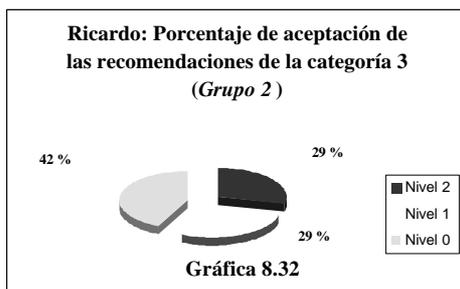
aceptación parcial de las recomendaciones, de un 17 % también para cada uno de estos profesores.



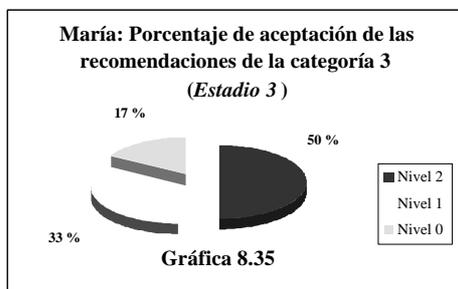
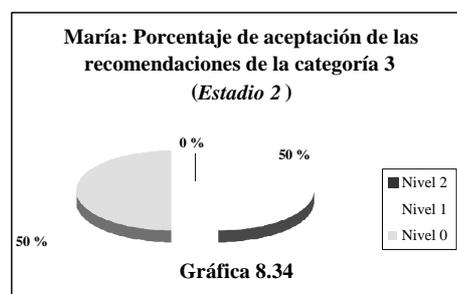
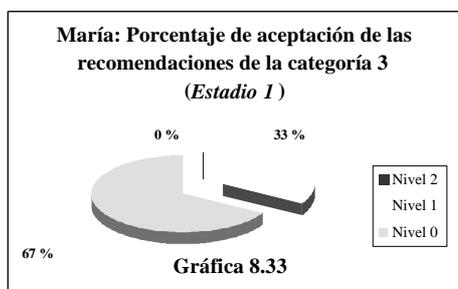
El porcentaje de aceptación de las recomendaciones de la categoría 3, es también el mismo para Joan, Xavier y Ricardo con el *Grupo 1* (Gráfica 8.31). La actuación de estos profesores osciló entre el *Nivel 1* y el *Nivel 0*, sin entrar para nada en el *Nivel 2*. Predominan las acciones características del *Nivel 0*, con un 67 %, es decir, un alto porcentaje de rechazo a las recomendaciones de la categoría 3. Estos profesores aceptan parcialmente algunas recomendaciones en un 33 %.



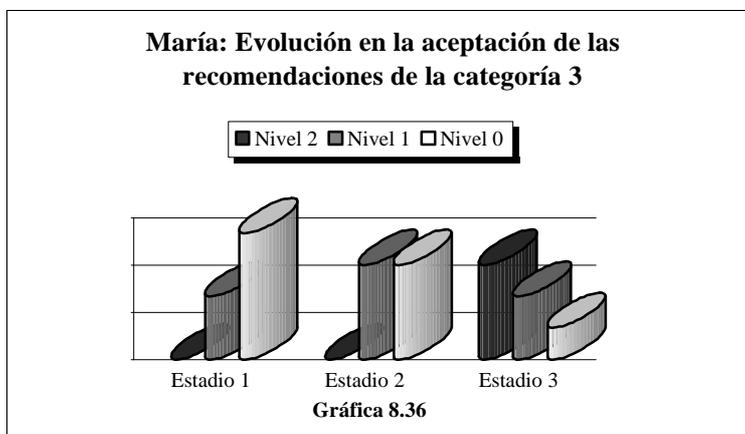
Ricardo se separa de este grupo de profesores al trabajar con el *Grupo 2* (Gráfica 8.32), de forma tal que su rechazo a las recomendaciones disminuye a un 42 % (*Nivel 0*) y, su aceptación aumenta a un 29 % (*Nivel 2*). En consecuencia disminuye también su aceptación parcial de algunas recomendaciones a un 29 % (*Nivel 1*).



La actuación de María en esta tercera categoría continuó con la constante de evolución de un estadio a otro. En los dos primeros estadios sus acciones se encontraron dentro del *Nivel 1* y el *Nivel 0*. Es decir, en este último nivel pasó de un 67 % (*Estadio 1*) a un 50 % (*Estadio 2*) de rechazo de las recomendaciones, en igual forma pasó de una aceptación parcial de las recomendaciones de un 33 % (*Estadio 1*) a un 50 % (*Estadio 2*) en el *Nivel 1*, lo que fue en detrimento del *Nivel 0*. En el *Estadio 3*, disminuye aún más, el número de acciones correspondientes al *Nivel 0* a un 17 %, la aceptación parcial de algunas de las recomendaciones disminuye a un 33 % (*Nivel 1*). Todo ello va a favor del *Nivel 2*, el cual ve aumentada el número de acciones que caracterizan al mismo en un 50 %, es decir, esto demuestra que María aumentó su porcentaje de aceptación de las recomendaciones (Gráficas 8.33, 8.34 y 8.35).



Lo anterior también señala una evolución en la aceptación de las recomendaciones de la categoría 3 por parte de María. Evolución que se puede ver representada claramente en la gráfica 8.36.



8.4 Comparación del porcentaje de aceptación de cada uno de las recomendaciones (ítems) que componen el ICPAP-MBL

La información analizada en este apartado también ha sido obtenida de la tabla 8.1. Para mayor claridad la hemos representado en la tabla 8.6.

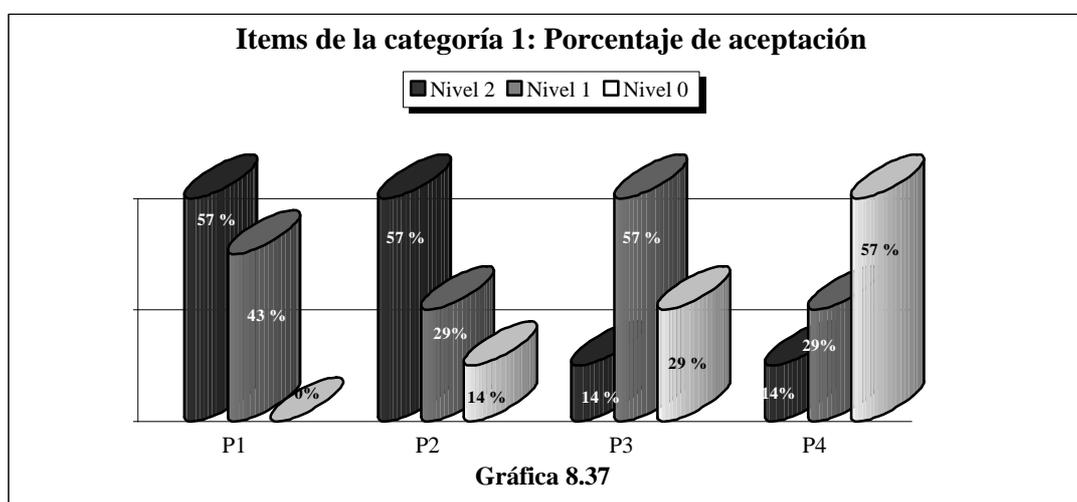
TABLA 8.6

ITEM	Aceptación total (Nivel 2)	Aceptación parcial (Nivel 1)	No aceptación (Nivel 0)
P1	3 + 1	4 - 1	0
P2	3 + 1	3 - 1	1
P3	1	2 + 2	4 - 2
P4	1	1 + 1	5 - 1
TE1	2	0	5
TE2	3 + 1	0	4 - 1
TE3	1 + 1	3	3 - 1
TE4	4 + 2	0	1
TE5	1	5	1
TE6	0	5	2
TE7	3	0 + 1	4 - 1
TE8	2 + 1	4	1 - 1
TE9	1	4	3 - 1
HI1	3	4	0
HI2	3 + 1	3 + 1	1
GR1	3 + 2	1 - 1	3 - 1
GR2	3 + 1	0	4 - 1
GR3	3 + 1	0 + 1	4 - 2
GR4	0	3	4
GR5	-	-	1

Este análisis por ítem presenta una dificultad, algunos profesores (Ricardo y María), no aceptaron ciertos ítems, ya sea al trabajar con un grupo determinado de estudiantes (el caso de Ricardo) o en determinados estadios de su evolución (el caso de María). Por tanto, ante esta disyuntiva hemos tomado la decisión de colocar un signo más (+) seguido de un número 1 ó 2, en el caso que sea uno o los dos profesores los que acepten posterior al primer momento este ítem. Por ejemplo, en el ítem P1, María no aceptó en su primer y segundo estadio este ítem, pero sí lo aceptó en el tercer estadio, por tanto este cambio es representado: 3 + 1 colocado en el Nivel 2. El 3 significa que fue aceptado desde un primer momento por tres de los profesores y el más 1, indica que a posteriori fue aceptado por uno de los profesores. Como inicialmente el rechazo de María a este ítem era parcial, Nivel 1 y luego lo aceptó, se le resto al número inicial de profesores que lo aceptaron, dentro de los cuales estaba María, quedando: 4 - 1.

8.4.1 Ítems de la categoría 1: Forma de Presentar MBL a estudiantes que nunca han usado esta herramienta

En la gráfica 8.37 podemos apreciar el porcentaje de aceptación por parte de los profesores de los distintos ítems que conforman la categoría 1.



La información contenida en dicha gráfica nos permite resaltar lo siguiente:

1. Un 57 % de los profesores (4 de 7) identificaron los elementos que conforman MBL y señalaron la relación existente entre los mismos (P1), así como también dieron una visión

global del uso y función de los distintos elementos que conforman MBL (P2). Por tanto sus acciones se mantuvieron dentro del *Nivel 2*.

2. Un 57 % de los profesores (4 de 7) asociaron la representación gráfica, en la pantalla del ordenador, con el fenómeno (P3). Ello señala una aceptación parcial de la recomendación en este sentido, pues, no hicieron hincapié en la simultaneidad *representación gráfica-fenómeno* (Nivel 1).
3. El ítem P1 fue el único que mostró tener un nivel alto de aceptación, ya que las acciones de los profesores se mantuvieron en resonancia con las orientaciones a las que hace referencia el mismo, al oscilar siempre entre el *Nivel 2* y el *Nivel 1*. Nunca hubo un rechazo total del mismo por parte de los profesores.
4. Un 57 % de los profesores de la muestra (4 de 7), rechazaron programar o describir una actividad que permitiera a los estudiantes comparar la función y precisión de las herramientas tradicionales con la función y sensibilidad de MBL. Es decir, en este sentido sus acciones fueron todas del *Nivel 0*. Sólo un 29 % de los profesores aceptaron parcialmente la orientación en este sentido, pues, hacían analogías entre la función de las herramientas tradicionales y la función de MBL o la precisión de las herramientas tradicionales y la sensibilidad de MBL.

8.4.2 Items de la categoría 2: Forma de Enfocar el Trabajo Experimental con MBL

En la gráfica 8.38 podemos apreciar el porcentaje de aceptación por parte de los profesores de los distintos ítems que conforman la categoría 2. La información contenida en dicha gráfica nos permite resaltar lo siguiente:

1. Un 86 % de los profesores (5 de 7) regularon sus acciones en función de la respuesta de los estudiantes (TE4), manteniéndose de esta forma dentro del Nivel 2.
2. Un 57 % de los profesores (4 de 7) presentaron la actividad experimental como un problema a resolver (TE2), manteniéndose de esta forma dentro del Nivel 2.
3. Un 43 % de los profesores (3 de 7) promovieron que los estudiantes discutieran los posibles cambios a realizar en las variables que afectan el fenómeno (TE7) y promovieron discutir las predicciones realizadas previo a la toma de datos (TE8). Es decir, en cuanto a estas dos orientaciones mantuvieron sus acciones dentro del *Nivel 2*.

4. Un 57 % de los profesores (4 de 7) promovieron que los estudiantes hicieran predicciones sin propiciar que fueran discutidas previo a la toma de datos (TE8), así como también promovieron que los estudiantes confrontaran sus predicciones sólo con los resultados, sin hacer referencia al marco teórico (TE9). Es decir, sus acciones en este sentido fueron del Nivel 1.
5. Un 43 % de los profesores (3 de 7) mencionaron a los estudiantes los objetivos a lograr con el trabajo experimental y las acciones a realizar para conseguirlos (TE3). Con ello señalaron su aceptación parcial de la recomendación sobre promover que los estudiantes se hicieran con los objetivos de la actividad (Nivel 1).
6. Un 71 % de los profesores (5 de 7) no plantearon la experiencia haciendo referencia a situaciones u objetos cotidianos o familiares para los estudiantes (TE1). Es decir, sus acciones en este sentido se mantuvieron dentro del Nivel 0.
7. Un 71 % de los profesores (5 de 7) propusieron a los estudiantes como deber para la casa las actividades del guión de práctica que hacían uso de la terminología científica (TE5), así como las actividades referentes a la aplicación de los resultados a otras situaciones (TE6). Es decir, su aceptación de las orientaciones en este sentido fue parcial (Nivel 1).

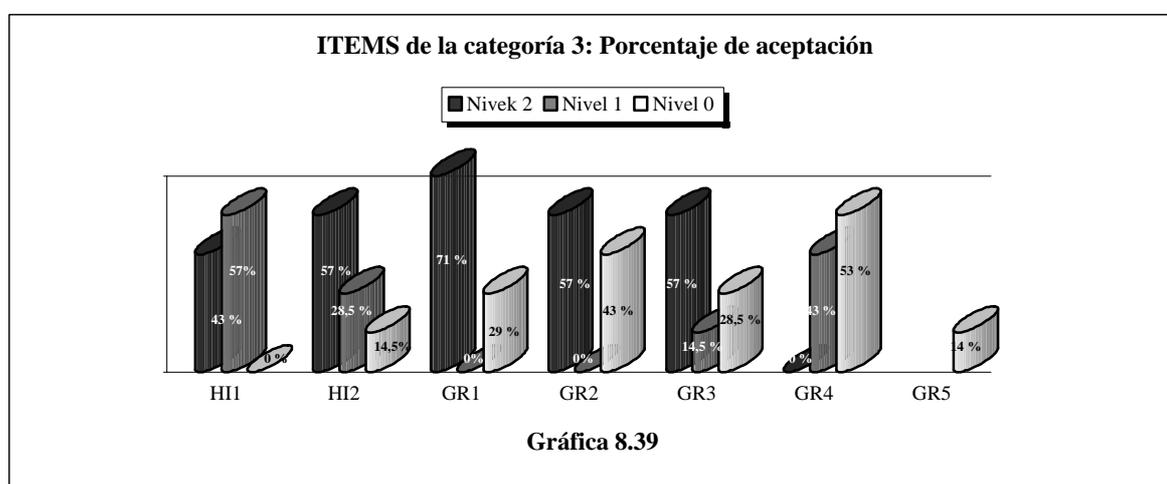
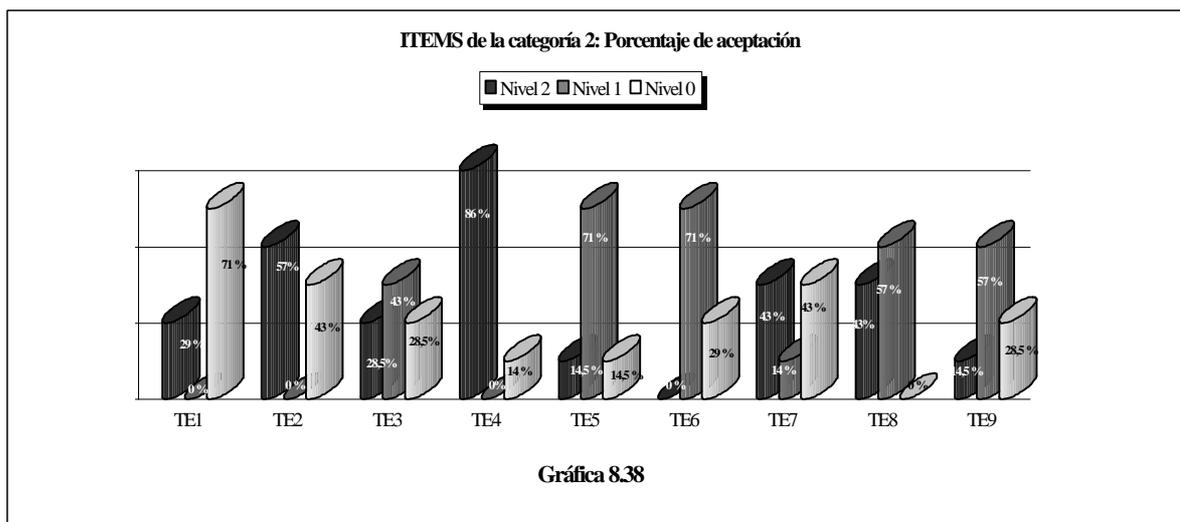
8.4.3 Ítems de la categoría 3: Forma de usar MBL como herramienta informática y cómo herramienta para el análisis e interpretación de gráficos

En la gráfica 8.39 podemos apreciar el porcentaje de aceptación por parte de los profesores de los distintos ítems que conforman la categoría 3. La información contenida en dicha gráfica nos permite resaltar lo siguiente:

1. Un 43 % de los profesores (3 de 7) usó las opciones del software adecuándolas al contexto y a los estudiantes (HI1). De esta forma sus acciones se mantuvieron dentro del Nivel 2. Esta recomendación, fue aceptada parcialmente (Nivel 1) por un 57 % de profesores (4 de 7), de forma tal que no potenciaron al máximo el uso de las mismas.
2. Un 57 % de los profesores (4 de 7) manejó de forma adecuada y con soltura los distintos aspectos técnicos de MBL relacionados con el software y el hardware (HI2). Es decir, estos profesores mantuvieron sus acciones en este sentido dentro del Nivel 2. Con respecto a esta orientación cabe señalar también que un 28,5 % de los profesores manejó los aspectos técnicos del hardware y el software con mucha dependencia del guión de práctica (Nivel 1).

- Un 14,5 % de los profesores usó el ensayo y el error para manejar el software y el hardware de esta herramienta (Nivel 0).
3. Un 71 % de los profesores (5 de 7) planteó cuestiones sobre la forma del gráfico obtenido y sus puntos relevantes relacionándolos con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales (GR1). Es decir, sus acciones en este sentido fueron del Nivel 2. Un 29 % de los profesores no promovió el análisis del gráfico obtenido (Nivel 0).
 4. Un 57 % de los profesores de la muestra (4 de 7) promovió mejorar la visión del gráfico obtenido mediante el uso de determinadas opciones del software, con la finalidad de facilitar su correcta interpretación (GR2). Estos profesores mantienen las acciones en este sentido dentro del Nivel 2. Un 43 % de los profesores (3 de 7) no promovieron mejorar la visión del gráfico a través del uso de algunas de las opciones del software (Nivel 0)
 5. Un 57 % de los profesores (4 de 7) usaron el gráfico obtenido como un medio para promover la comprensión del concepto que se estudiaba (GR3). Es decir, las acciones en este sentido son del Nivel 2. Un 14,5 % de los profesores ante el gráfico obtenido planteaba preguntas que hacían referencia al fenómeno que se estudiaba (Nivel 1). Un 28,5 % de los profesores no usó el gráfico obtenido como un medio para promover la comprensión del concepto que se estudiaba (Nivel 0).
 6. Un 43 % de los profesores (3 de 7) acercaron la gráfica experimental, obtenida en tiempo real, a la gráfica teórica mediante el uso de algunas opciones del software. Sin hacer explícita la idea que subyace en esta acción (GR4). Es decir, sus acciones en este sentido son del Nivel 1. Un 53 % de los profesores rechaza del todo poner en práctica las orientaciones en este sentido (Nivel 0).
 7. El ítem GR5 sólo fue valorado para uno de los profesores, el cual no lo tomó en cuenta.

Toda la información presentada en este capítulo da respuesta a una de las cuestiones a investigar sobre la probabilidad de aceptación de un conjunto de orientaciones por parte de este grupo de profesores.



8.5 Sugerencias

En función de lo anterior nos permitimos proponer algunas sugerencias para una eficaz implementación de MBL dentro de las aulas de secundaria.

Los resultados obtenidos para esta investigación, así como resultados similares de investigaciones a nivel europeo, señalan que la formación de profesores de Física dirigida hacia un adecuado uso de los Experimentos en Tiempo Real debe ser amplia y abarcar dominios muy distintos: uso de la informática, didáctica de las Ciencias referida al trabajo de laboratorio y uso del lenguaje visual referido a las gráficas. Por tanto, a continuación desarrollamos los aspectos relacionados con:

- Las características y propiedades de MBL
- La presentación de MBL a estudiantes que nunca antes la han usado.
- El enfoque del trabajo experimental con MBL
- El uso de MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de gráficos.

Con respecto a las características y propiedades de MBL

La formación de profesores de Física en el uso de MBL debe hacer hincapié en la importancia que tiene:

- Conocer las características técnicas del hardware de MBL de modo que puedan ellos mismos construir un modelo mental adecuado de su funcionamiento.
- Analizar de manera rigurosa los posibles usos que se le puede dar, dentro del proceso didáctico, a las facilidades de MBL.
- Comprender que una cosa, son las características técnicas de MBL y otra muy distinta las ventajas que dichas características representan para el proceso didáctico. El uso de una nueva tecnología no puede erigirse como un bastión de una nueva y mejor formación.
- Comprender que para un uso adecuado de MBL, dentro del trabajo experimental con estudiantes de secundaria, es necesario e indispensable adquirir cierta soltura en el uso y manejo técnico de las distintas posibilidades u opciones del software y hardware de la misma antes de su implementación en el aula. Conviene reconocer que una cosa es dominar los aspectos técnicos de la herramienta fuera del contexto de una clase (interacción profesor-MBL sin estudiantes) y otra muy distinta dominar la herramienta dentro del contexto de una clase (profesor-estudiantes-MBL). Por tanto, el profesor debe tomar las medidas necesarias para evitar perder el control de la clase.

Con respecto a la presentación de MBL a estudiantes que nunca antes la han usado

En este sentido es importante que la formación de los profesores de Física, para el uso de esta herramienta haga hincapié en:

- Que es necesario presentar a los estudiantes la interrelación entre los elementos del hardware y el software y el papel de cada uno.
- Que el proponer seguir instrucciones escritas sin dar explicación del papel de cada elemento de MBL, en cuanto al manejo técnico del mismo no es la mejor opción para que los estudiantes se familiaricen con la misma.
- Que es importante para el adecuado desarrollo de una experiencia con MBL que los estudiantes conozcan y estén familiarizados previo a la misma, con el manejo, uso y función de dicha herramienta. Por lo tanto, habrá que arbitrar unas primeras situaciones para aprender a manejar los equipos y para adquirir cierta fluidez con el software.
- Que es importante para el uso adecuado de todas las potencialidades de la herramienta que el uso de las mismas esté adecuado a las dificultades e intereses de los estudiantes. El profesor puede además tener previstas opciones que requieren mayor dificultad para atender a la diversidad respecto a los alumnos más rápidos o ágiles en el aprendizaje del uso de esta tecnología.
- Que un uso adecuado de MBL impone estudiar fenómenos, procesos o situaciones que por su rapidez o su larga duración justifique el uso de unos instrumentos de tanta sensibilidad.

Con respecto al enfoque didáctico

En este sentido es importante que la formación de los profesores de Física, para el uso de esta herramienta haga hincapié en:

- Que el uso de MBL tiene sentido dentro del trabajo experimental en Física si se hace uso de sus ventajas principales: proporciona más tiempo para el análisis de los datos y discusión de los resultados.
- Que el enfoque didáctico que se utilice en los Experimentos en Tiempo real conviene que esté articulado como un ciclo de aprendizaje durante el cual se plantean unos interrogantes a los alumnos, se procura que se apropien de los objetivos a conseguir, se les propone analizar el fenómeno y hacer predicciones de su evolución, se les facilita el equipo técnico para la toma de datos y obtención de gráficos y se gestiona la interacción en el aula de modo que el debate de las predicciones realizadas y los resultados sea la norma, así como la aplicación de los resultados a nuevas situaciones y la demanda de expresiones escritas utilizando apropiadamente el lenguaje científico.

- Que es importante para que los estudiantes comprendan la relación gráfica-fenómeno hacer hincapié durante la toma de datos en la simultaneidad entre la evolución del fenómeno y la representación gráfica del mismo.
- Que el uso adecuado de MBL requiere de una adecuada gestión del material que se dispone en función del tiempo y del número de estudiantes con los cuales se va a utilizar esta herramienta.

Con respecto al uso de MBL para el análisis de gráficos

En este sentido es importante que la formación de los profesores de Física, para el uso de esta herramienta haga hincapié en aspectos ligados a la interpretación del lenguaje visual relacionado especialmente con la lectura de los gráficos obtenidos en la pantalla:

- Cómo usar las distintas opciones del software de MBL para el Análisis de un gráfico.
- Cómo ayudar a los estudiantes a relacionar la evolución del fenómeno a través del análisis del gráfico obtenido en tiempo real. Por ello es importante plantear cuestiones sobre la forma del gráfico obtenido y de sus puntos relevantes relacionándolos con la evolución del fenómeno y sus momentos cruciales. En estudiantes de cursos superiores esto puede representar saber obtener las coordenadas de los puntos relevantes del gráfico, determinar la pendiente, el área bajo la curva, etc.
- Lo importante que es para la comprensión del fenómeno hacer explícitas las ideas que subyacen en las distintas acciones que se realizan al mejorar la visión de un gráfico.
- Lo importante que es comprender y conocer las dificultades de los estudiantes que manifiestan en sus interpretaciones de los gráficos obtenidos.
- Lo importante que es contrastar la gráfica real obtenida con la gráfica teórica que representa el fenómeno que se estudia. Como se ha expresado anteriormente, la vieja tradición de presentar la Ciencia como una verdad revelada en lugar de un conocimiento construido hace que las gráficas que muestran los libros de textos se consideren las correctas en lugar de las ideales. Analizar un fenómeno real, por lo tanto, ha de suponer siempre obtener una gráfica que raramente va a coincidir con una función matemática perfecta tal como los textos científicos suelen presentarla.

Por último, es necesario señalar que consideramos muy importante para la adecuada integración del uso de esta herramienta en el trabajo experimental, en las clases de Física en secundaria, involucrar al profesorado en este trabajo. Ello a través de proponerles usar MBL en la solución de un problema de su interés. La solución de dicho problema debe estar íntimamente ligada a la interacción constante con la herramienta, de esta forma consideramos que el profesorado se sentirá motivado a encontrar soluciones para integrar MBL de forma adecuada a su trabajo. En consecuencia, el uso de MBL en el aula formará parte de los objetivos internos del profesorado y no de unos objetivos externos: los de un investigador.

Dejamos para futuros estudios el cómo articular una formación del profesorado de Física que tenga presente estos requisitos. Un primer intento fue llevado a cabo en un seminario, de 40 horas, realizado en agosto de 2000 en Panamá.

CONCLUSIONES

1. La investigación que presentamos ha corroborado que los estudios de casos resultan ser una herramienta útil para la presentación de tipos de actuaciones en el aula. Un laborioso trabajo de recogida de datos ha permitido establecer, sin pretender agotarlo, un panorama de lo que acontece en las aulas al situar unos equipos MBL para el trabajo experimental con alumnos de Secundaria. Los estudios de casos han hecho posible describir ciertos patrones de funcionamiento, descifrar motivaciones que conducen al profesor a elegir las materias o los enfoques más apropiados. Han permitido ponderar rasgos personal con preparación científica o bien con recursos didácticos.

2. Haber fijado los objetivos a los que van dirigidos cada una de las acciones y estrategias propuestas, a la vez que haber delimitado tales acciones, ha permitido hacer un seguimiento en profundidad de cada uno de las sesiones de clase y un tratamiento homogéneo de las actuaciones de los profesores. La buena disposición de los profesores de la muestra, aceptando utilizar unos guiones del trabajo experimental elaborados por nosotros mismos, ha facilitado enormemente la tarea.

3. Ha resultado útil distinguir en las actuaciones de los profesores, encaminadas a la consecución de ciertos objetivos explicitados, tres dimensiones: la referente a la presentación de la herramienta informática como tal puesto que era una novedad para los alumnos, la referente al enfoque didáctico con el que orienta el trabajo experimental y, la referente al uso de la herramienta informática y al tratamiento de las gráficas.

4. Teniendo presentes estas tres dimensiones, se han distinguido 20 ítems que corresponderían a otros tantos aspectos sobre los que se deseaba tener información. Con ellos se ha elaborado un instrumento (ICPAP-MBL) que, al igual que la plantilla de un patrón, hace posible y fácil la comparación de las actuaciones.

5. Este instrumento ICPAP-MBL ha resultado también de gran utilidad y una buena guía para hacer el análisis comparativo cuantitativo. Mediante este análisis resulta posible y ágil mostrar gráficamente los resultados de las actuaciones de cada profesor.

6. La formación dada a los profesores de la muestra consistió, como hemos visto en cuatro sesiones de formación, en entrega de orientaciones didácticas, en extensos guiones de práctica siguiendo las mismas pautas y en asistencia técnica a los respectivos centros de Secundaria durante las sesiones de preparación del uso de MBL, en el laboratorio. Pero, los estudios de casos realizados, los perfiles de actuación de los profesores al usar MBL y el análisis comparativo realizado nos permiten formular las siguientes conclusiones:

6.1. Con respecto a la Presentación de MBL a estudiantes que nunca antes han usado MBL

La formación y el soporte dados a los profesores novatos de la muestra de esta investigación se han revelado insuficientes para que presentaran la tecnología MBL a sus estudiantes de modo que:

- Previo a la experiencia, identificaran todos los elementos o partes que constituyen la herramienta y explicaran cómo esas diferentes partes se relacionan entre sí de modo que los estudiantes puedan construirse un modelo mental de su funcionamiento.
- Vean la importancia de la comprensión, por parte de los estudiantes, de la simultaneidad entre la evolución del fenómeno y su representación gráfica.
- Otorguen a la tecnología utilizada el papel que le corresponde dentro de la actividad experimental.

Los profesores de la muestra ya expertos en el uso de MBL, que habían manejado largamente los pros y contras de esta tecnología no tuvieron estas dificultades.

6.2. Con respecto al Enfoque del Trabajo Experimental

Un alto porcentaje de profesores de la muestra no puso en práctica el enfoque didáctico propuesto para el trabajo experimental con MBL. Esto podemos interpretarlo desde distintas vertientes:

a. El modelo de enseñanza en el cual los profesores fundamentaban el enfoque didáctico que seguían

Las recomendaciones orales y las orientaciones didácticas escritas no dieron pie a que los profesores modificaran su modelo de enseñanza. Así, por ejemplo, Xavier no cambió su modelo de enseñanza por descubrimiento. Las creencias y prácticas habituales de los profesores primaron por encima de toda otra sugerencia. Así Carles, por ejemplo, enfocó y planificó el trabajo experimental de forma tal que sus estudiantes debían buscar la razón de las cosas por sí mismos.

b. La visión que tenían algunos profesores sobre el papel del Trabajo Experimental

Las experiencias se diseñaron con el objetivo de dar mucha importancia al análisis del fenómeno, sin embargo, algunos profesores hicieron ver a sus estudiantes que lo importante del trabajo experimental o de la *práctica*, como lo llamaban, era la toma de datos. Parece que esta visión sobre el trabajo experimental, en la que el proceso de análisis e interpretación de los datos es lo esencial, no se tomó en cuenta. Algunos profesores no usaron las distintas opciones del software de la herramienta y en algunas ocasiones dieron por terminada la experiencia, justo después de la toma de datos.

Dicho de otro modo, la ventaja de utilizar la tecnología MBL para que el tiempo dedicado al trabajo en el laboratorio esté dedicado en buena parte al análisis de datos, no fue aprovechada por los profesores novatos. Siguió siendo prioritario para ellos el trabajo destinado a la recogida de datos. Es decir, el uso de la herramienta por sí misma no es suficiente para detectar sus potencialidades didácticas. Por otro lado, las escasas sesiones de formación tampoco fueron suficientes para conseguirlo.

c. La visión que tenían algunos profesores sobre el papel del guión de práctica

El guión de práctica fue usado por algunos profesores novatos como una receta a seguir, palabra por palabra, lo que puso en evidencia que éstos no parecieron comprender el papel del mismo y se limitaron a repetir de forma mecánica las actividades que contenía. Una consecuencia de esto fue que el guión de práctica llegó a reemplazar o a ejercer, en algunos casos, el papel del profesor durante el trabajo experimental. Consistentes con este proceder, algunos profesores no dieron explicaciones a los estudiantes sobre lo que tenían que hacer, escudándose en que *el guión lo tenía todo y lo decía todo*.

Podemos considerar que ante la falta de dominio de una tecnología, hay probabilidades de que los no expertos sigan al pie de la letra unas indicaciones escritas, sin intentar modificarlas para adaptarlas a sus circunstancias. A la inversa podríamos decir que solo pueden modificarse unos guiones de práctica si se comprende la finalidad de cada uno de sus ítems en particular de todo el guión en conjunto. Muchos de los profesores con la información y formación recibida no pudieron apropiarse de los objetivos a los que iban dirigidos cada uno de sus ítems.

d. La formación didáctica que tienen algunos profesores en aspectos menos divulgados

La formación dada a los profesores que iban a implementar MBL demostró ser deficiente y poco eficaz en promover que:

- Comprendieran la necesidad de los estudiantes de hacerse con los objetivos de la experiencia como una forma de autorregular sus acciones. Pues, un alto porcentaje de profesores no dieron importancia a la necesidad de los estudiantes de hacerse con los objetivos de la experiencia y no comenzaron las mismas comunicándoles los objetivos.
- Comprendieran el papel de las predicciones. Las predicciones tenían un lugar sobresaliente en los guiones de práctica. Los estudiantes tenían que hacer las predicciones acerca de lo que ellos obtendrían. Aunque este punto se enfatizó en las recomendaciones y durante las sesiones de formación, la práctica fue muy diferente de lo que se esperaba. Se observaron diferentes modelos de comportamiento de los profesores en este sentido:

- Las predicciones se dejaron como deberes para la casa con el objetivo de “ahorrar tiempo”.
- Las predicciones se hicieron después de la toma de datos.
- Las predicciones fueron inútiles porque no fueron discutidas.
- En algunos casos las predicciones se hicieron de forma individual prohibiéndose la comparación y discusión de las mismas.
- Comprenderan las concepciones implicadas en la forma de la gráfica que los alumnos predecían que se obtendría al hacer la experiencia. Estas gráficas (predicciones) habrían de tener la misión de poner de relieve sus concepciones alternativas pero no se captó su finalidad.

e. La formación didáctica que tenían algunos profesores en aspectos habitualmente considerados

Algunas de las recomendaciones dadas a los profesores sobre el enfoque didáctico hacían referencia directa a acciones que llevan años promoviéndose desde las instancias educativas y por tanto, muchas han sido tratadas en su formación inicial. La resistencia de los profesores a aceptar dichas recomendaciones hacen pensar en que la formación inicial recibida en este sentido no fue suficiente para que las aceptaran. Por ejemplo, no ha sido suficiente para que los profesores:

- Comprenderan la importancia de introducir la experiencia relacionándola con la vida diaria. Pues un alto porcentaje de profesores hicieron sólo referencia, en algunos casos, al concepto o fenómeno a estudiar sin relacionarlo con el entorno cotidiano de los estudiantes.
- Comprenderan lo beneficioso que sería para el estudiante plantear la actividad experimental como un problema a resolver. Ésta es una forma de motivarlo al estudio del mismo y de plantearle un reto sobre el cual encontrar solución.
- Comprenderan lo beneficioso que sería para los estudiantes reestructurar el nuevo conocimiento adquirido, a través de actividades que los lleven a aplicarlos a otras situaciones.
- Adquirieran el hábito de regular sus propias acciones en función de las respuestas de los estudiantes. Esta sensibilidad para adaptarse a la situación de aula y a las necesidades de

los alumnos no es fácil de adquirir sino es a través de una reflexión sobre el ejercicio de la profesión promovida por un deseo de superación.

f. La influencia de factores de tipo personal

La visión que algunos profesores tenían sobre sí mismos o sobre sus alumnos influyó mucho en el enfoque que le dieron al trabajo experimental. Por ejemplo, Joan ante su inseguridad respecto al uso de la tecnología limitó al mínimo el uso de las facilidades de la herramienta y finalmente transformó a los estudiantes en simples observadores de lo que él mismo hacía. Su empeño en la utilización de MBL parecía proceder de su deseo de autoafirmación respecto al grupo de profesores de su Departamento que tienen una preparación académica más idónea.

En el caso de Ricardo su visión sobre el interés de sus estudiantes, condicionó en todo momento su forma de enfocar la experiencia. Si el estudiante tiene interés por aprender esto es garantía del éxito del trabajo, sino es así la actividad está destinada a fracasar y no merece la pena dedicarle excesivo esfuerzos.

6.3. Con respecto al uso de MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de datos

Muchos fueron los factores que intervinieron en la forma de usar MBL como herramienta informática y como herramienta para el análisis de los datos. Entre ellos podemos mencionar:

a. La falta de dominio del Software por parte de los profesores.

Se detectaron grandes diferencias en el uso del software entre los profesores con experiencia y los profesores sin experiencia con el uso y manejo de MBL. Los últimos, no mostraron una comprensión global del manejo del software para transmitir esta visión a sus estudiantes. Los profesores sin experiencia en el uso de esta herramienta se limitaron a sí mismos al uso de unas cuantas opciones del software, que previamente habían planeado usar y que estaban especificadas en el guión de práctica. Mientras que los primeros cambiaban de una opción a

otra, los profesores sin experiencia estaban agobiados por cada cambio. Estas diferencias lógicamente fueron muy evidentes al momento de promover el análisis de los gráficos obtenidos.

b. La falta de conocimiento sobre la representación gráfica a obtener

La falta de conocimiento, en algunos de los profesores sobre la gráfica que debían obtener los estudiantes influyó mucho en el análisis y comprensión del fenómeno o concepto que se estudiaba. Este desconocimiento de los conceptos de algún profesor se hizo evidente cuando aceptó como correctas gráficas que no representaban adecuadamente el fenómeno que se estudiaba.

c. La falta de relación entre la gráfica y el marco conceptual a la base de la misma.

Un alto porcentaje de los profesores no hizo referencia al marco conceptual a la base de la gráfica. La representación gráfica fue presentada la mayoría de las veces como un ente aislado del fenómeno o concepto que se estudiaba.

d. La falta de explicación por parte de los profesores de las ideas que subyacen a algunas de sus acciones al mejorar la visión del gráfico que se analiza.

Algunos profesores usaron algunas de las opciones del software para acercar la gráfica obtenida a la gráfica teórica, esto se hizo evidente a través de sus acciones, pero no explicaban a los estudiantes él porque de estas acciones. Por ejemplo, el usar la acción filtro para eliminar ruidos, nos dice que este profesor intenta asemejar la representación gráfica obtenida a la gráfica teórica. Pero la ventaja que ofrece MBL para discutir en una clase de Física las semejanzas y diferencias entre la gráfica teórica y la gráfica real del fenómeno que se estudia no fue explotada al máximo. Esto puede estar fundamentado en una visión no constructivista de la Ciencia, según la cual, por ejemplo, las gráficas correspondientes a funciones matemáticas se presentan como las ideales a alcanzar, no haciendo ver que las gráficas correspondientes a fenómenos reales tienen más matices. Sólo si se simplifican se obtienen gráficas ideales que nos son útiles para utilizar los modelos explicativos que hemos construido desde la Ciencia.

Por último, es necesario señalar que estos resultados son resonantes con los obtenidos globalmente en el proyecto europeo STTIS (Stylianidou et Al, 2000 (RW1.2), STTIS Final Report, 2001) del cual formó parte la presente investigación en una primera fase. Forma parte de las conclusiones del proyecto STTIS el señalar que las herramientas informáticas en general todavía tienen que convertirse en algo obvio y natural para los profesores de Ciencias. Se llegó a estas conclusiones después de trabajar con grupos de profesores de Ciencias de distintos países europeos (Inglaterra, Francia, Noruega, España e Italia). De acuerdo con tales resultados, los profesores que usan herramientas informáticas en sus clases son la excepción y no la regla. En cada país puede hacerse referencia a profesores novatos o casi novatos en el uso de este tipo de herramientas y a la novedad que representa para los alumnos su uso en las clases de Ciencias.

También el proyecto STTIS señala que los profesores son conscientes de las dificultades que tienen para moverse dentro de este territorio desconocido. Un buen número pasó mucho tiempo tratando de evitar los previsibles problemas y algunos acabaron haciendo clases que los defraudaban a ellos y a los observadores. Muchos manifestaron su confianza en superar las dificultades que enfrentaron, su poca satisfacción por la forma en que lo estaban utilizando y sus reflexiones sobre como lo harían si lo volviesen a hacer.

A pesar de las realidades prácticas que les impidieron llegar a los objetivos esperados, los profesores no renunciaron ni rechazaron el discurso global según el cual el uso de herramientas informáticas pueden favorecer la adquisición de mejores objetivos educativos. Así sigue siendo aceptado por la mayoría de los profesores que el trabajo con MBL puede favorecer el desarrollo en los estudiantes de habilidades analíticas, por ejemplo. *“Los estudios de casos, de forma bastante uniforme muestran que esta cantidad de ambiciones escondidas en lo que pueden parecer dificultades mundanas, suelen ser las consecuencias reales de utilizar una herramienta informática tal como se presenta: El uso arbitrario de algunos de los signos, las decisiones tomadas por los programadores sobre la precisión con la que presentar los resultados, la forma en que las entidades conceptuales se representan en las simulaciones, la sensibilidad de los sensores son ejemplos de estas realidades prácticas que pueden influir seriamente sobre otros objetivos”.* Nos hemos visto todos abocados a analizar un fenómeno dinámico, en continuo proceso de cambio. Por lo tanto, al igual que concluían los investigadores del proyecto STTIS

(1997 –2000), poco puede decirse de cómo van a utilizar los profesores de Física las herramientas informáticas cuando les resulten habituales en los años venideros.

Por el momento podemos sólo señalar la necesidad de normalizar el uso de herramientas informáticas en las clases de Ciencias a través de una formación del profesorado de Ciencias adecuada para estos fines. Una formación, donde el profesorado este involucrado activamente, en la solución de un problema donde el uso de herramientas informáticas sea clave.

TERCERA PARTE

ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍAS

ANEXO 1

RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA OPTIMIZAR EL USO DE LA TECNOLOGÍA MBL CON ESTUDIANTES DE SECUNDARIA

Las orientaciones dadas a los profesores, para la puesta en práctica de MBL en sus clases de Física, se agruparon en tres categorías (Pintó 1998, STTIS).

- Recomendaciones prácticas relativas al uso de MBL como herramienta informática.
- Recomendaciones relativas al enfoque didáctico.
- Recomendaciones relativas al análisis e interpretación de gráficos.

La primera categoría esta pensada para usar adecuadamente las herramientas informáticas, la segunda está destinada a dar un enfoque didáctico al trabajo experimental con MBL coherente con el enfoque dado en el resto de los campos de la Didáctica. Y finalmente, se han recogido algunas sugerencias para sacar el máximo partido a las gráficas que se obtienen a partir de los datos que MBL proporciona.

1. Recomendaciones prácticas relativas al uso de MBL cómo *Herramienta Informática*

Un apropiado uso de la tecnología MBL requiere que los estudiantes hayan construido sus propias ideas sobre como trabaja un sensor y hayan elaborado su propio modelo de la relación entre sensores, interfaz y ordenador. Por lo tanto lo primero que hay que hacer es mostrar a los estudiantes como trabaja globalmente un equipo MBL.

Es necesario hacer una sesión inicial práctica sencilla para introducir el software con aquellos estudiantes que nunca han usado el programa y así mostrarles las opciones más importantes. Los estudiantes rápidamente aprenden la forma de usar los menús y de usar los diversos ítems. Por lo tanto, debe dedicarse un tiempo breve a la introducción del software.

El uso de esta tecnología en la primera fase de la introducción de la medida de algunas magnitudes físicas no es aconsejable. Los instrumentos de medida tradicional, cronómetros, termómetros, cintas métricas, balanza, siguen teniendo su utilidad. Es evidente que para hacerse una idea del instrumento, de la sensibilidad del aparato, para hacer estimación de cantidades, introducción de errores en la medida, es más útil el instrumento tradicional

Es necesario tener presente que muchos estudiantes han asumido la siguiente concepción social: si un ordenador es bueno y nuevo, las gráficas siempre serán correctas y por lo tanto no es necesario volver a hacer el experimento ni analizar los errores. Consideran que los errores son debidos al funcionamiento defectuoso del ordenador, a alguno de sus componentes o al observador. Por ejemplo, consideran que con un equipo instrumental informático obsoleto no es posible obtener datos correctos "posiblemente conducirá a errores en los experimentos".

Los estudiantes no siempre leen el guión con detenimiento. A veces tienen dificultades de comprensión y en ocasiones, es preferible, no describir en los guiones todas las instrucciones para no hacerlos excesivamente farragosos. Por todas estas razones, es importante dar indicaciones verbales y escritas.

2. Recomendaciones relativas al *Enfoque Didáctico*

La motivación por el uso de la tecnología MBL es mayor y de mayor duración cuando los sensores toman datos a partir de propiedades del cuerpo de los estudiantes (su movimiento, temperatura, etc.) o a partir de fenómenos que consideran de su mundo real.

No es adecuado utilizar prioritariamente la tecnología MBL como experiencias de cátedra si partimos de que los estudiantes han de construir su propio aprendizaje con la ayuda del profesor y la interacción con otros estudiantes. Para que los estudiantes puedan expresar sus ideas previas, aplicar los modelos aprendidos, replantear sus propios modelos, encontrarse con las dificultades propias del diseño de cualquier experiencia, etc., es conveniente que manejen individualmente o por pequeños grupos los sensores y el ordenador.

Planificar experimentos como pequeños ciclos de aprendizaje es una buena forma de ayudar a los estudiantes a que evolucionen sus concepciones previas; a mejorar la forma de razonar: comparar sus predicciones con sus resultados provoca una autorregulación de la forma de pensar sobre el fenómeno. Hacer comparar los resultados con los modelos/teorías hace que el estudiante tenga que pasar del análisis de lo concreto al caso general y comprender el papel de esta construcción que llamamos Ciencia.

Cuando realizamos prácticas que tienen por objetivo que los estudiantes aprendan un modelo científico, éste previamente ha de ser enseñado en la clase teórica, así como hay que realizar los gráficos pertinentes, de manera que los que vean posteriormente en pantalla sean significativos. La inducción del modelo no es posible ni pretenderlo sería adecuado.

Los estudiantes se fijan a veces en partes de la gráfica que no son significativas para el concepto científico. Saber seleccionar que parte es significativa para el fenómeno en estudio y cuál no, forma parte del proceso de enseñanza en la metodología científica. Por otro lado debido al proceso de enseñanza de modelos muy sencillos, a veces los estudiantes desprecian parte de la gráfica que representa un hecho importante, o ajustan cualquier representación gráfica al modelo aprendido aunque las diferencias sean evidentes. Es claro, que hay que mantener un equilibrio entre la aplicación de los modelos sencillos y el estímulo del pensamiento divergente.

Es necesario darse cuenta que el uso del MBL supone superar un importante reto: dar un correcto enfoque epistemológico de la ciencia. Hacer entender al alumnado, que en ocasiones es interesante ajustar un fenómeno al modelo teórico estudiado mientras que en otras, es necesario ampliar los conocimientos después de haber discutido nuevas situaciones, no es tarea fácil, pero debe ser un objetivo importante en la enseñanza de las ciencias.

Los estudiantes con facilidad para la introspección se sienten motivados durante largo tiempo con el uso de la tecnología MBL. Los estudiantes con dificultades para la reflexión y sólo dispuestos a las actividades manuales pueden experimentar un cierto rechazo en la utilización de la tecnología MBL tal como lo enfocamos nosotros. Los estudiantes con poco nivel de desarrollo intelectual (por su edad, su medio, etc.) están muy dispuestos a jugar con el

ordenador pero, no lo están para reflexionar sobre las gráficas que se obtienen, para repetir las experiencias, para comparar datos, para analizar variaciones, discutir sobre errores, etc. El uso de la tecnología MBL resulta muy útil especialmente para los estudiantes dispuestos a la reflexión sobre los resultados de las experiencias prácticas. El uso del MBL puede coadyuvar a la atención a la diversidad.

Un profesorado competente y motivado, dispuesto a mantener una continua interacción con los estudiantes, a adecuar los diseños de las prácticas a las necesidades de éstos y a superar las dificultades que se vayan planteando en la utilización del programa es también una condición necesaria para favorecer el interés por la Ciencia y sus métodos. Solamente se ha podido comprobar que la interacción estudiante-estudiante y estudiante-profesor son una garantía fundamental para el aprendizaje significativo.

3. Recomendaciones relativas al *Análisis e Interpretación de Gráficos*

Es necesario que el estudiante establezca la conexión entre las imágenes sobre la pantalla y el fenómeno real que tiene lugar, que visualice tales imágenes como representaciones de la evolución del fenómeno con el tiempo.

Enseñar a interpretar gráficos forma parte de la alfabetización científica de la población. Por lo tanto, es necesario asegurarse que el llamado error icónico que los estudiantes suelen hacer podrá superarse.

Los estudiantes no siempre utilizan los datos obtenidos para dar explicación de una experiencia. Hemos constatado que las observaciones de las gráficas que ofrece la pantalla son también interpretadas a través de sus concepciones teóricas sean alternativas o sean correctas. También aquí, las concepciones guían las observaciones, como dice R. Duit.

Conviene servirse de la facilidad y rapidez de repetición de la experiencia para obtener gráficas con menos ruidos, gráficas en diferentes escalas, gráficas de diferentes settings experimentales, gráficas después de explorar los resultados de cambiar algunas variables, etc.

Las facilidades ofrecidas por los softwares permite trabajar a profundidad características de las gráficas como: pendiente en cada punto, tendencias generales y valores promedios. El software de MBL usualmente ofrece oportunidades para aprender a interpretar gráficas de los niveles más cualitativos o los más cuantitativos. Dependiendo de la edad y el nivel de educación del estudiante podemos profundizar más en algunos aspectos que en otros.

ANEXO 2

GUIONES DE PRÁCTICA DE LAS EXPERIENCIAS PROPUESTAS PARA EL USO DE MBL CON ESTUDIANTES DE SECUNDARIA

EXPERIENCIA 1

Equilibrio Térmico



Muchas veces al tomar café nos encontramos con que está muy caliente. ¿Cómo podemos enfriar el café rápidamente? Existen algunas formas de lograr esto. Una posibilidad es verter el café dentro de una taza fría. Pasados unos minutos la temperatura del café disminuye. Si todavía no está a la temperatura que te agrada, transvasas el café. Este procedimiento es muy común, pero, alguna vez te has preguntado: ¿Por qué se enfría el café?

A. Proceso a estudiar

En esta experiencia estudiarás lo que ocurre entre dos cuerpos, a diferentes temperaturas, al ponerlos en contacto. ¿Qué le ocurre al cuerpo más caliente? ¿Qué le ocurre al cuerpo más frío? ¿Qué podrías decir de la energía interna del agua caliente y del agua fría?

B. Descripción del sistema

El sistema que va a ser objeto de estudio está formado por una flanera con agua caliente. La flanera con agua caliente se introduce dentro del recipiente de porexpan, cuidando de no mezclar el agua caliente con el agua fría (ver figura 1).

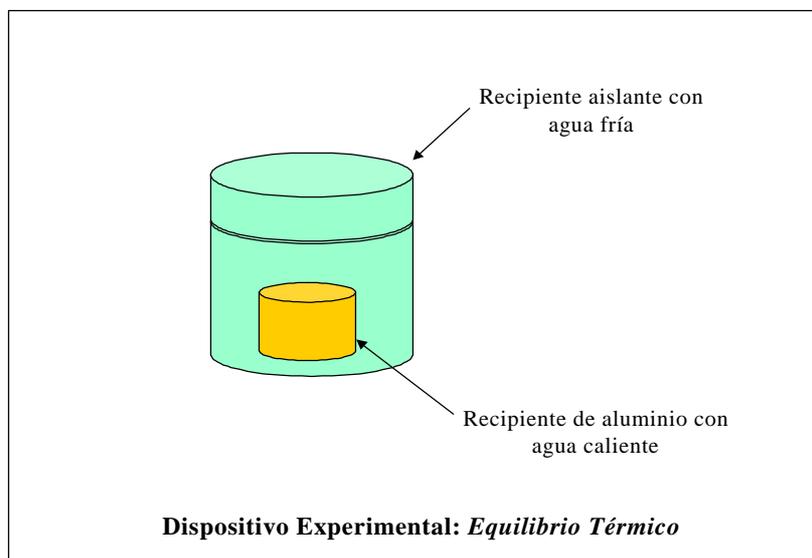


Figura 1

C. Herramientas Informáticas a utilizar

Para medir la temperatura del agua fría y del agua caliente se utilizarán dos sensores de temperatura (termopares), conectados a sendos amplificadores. Como mostramos en la figura 2.

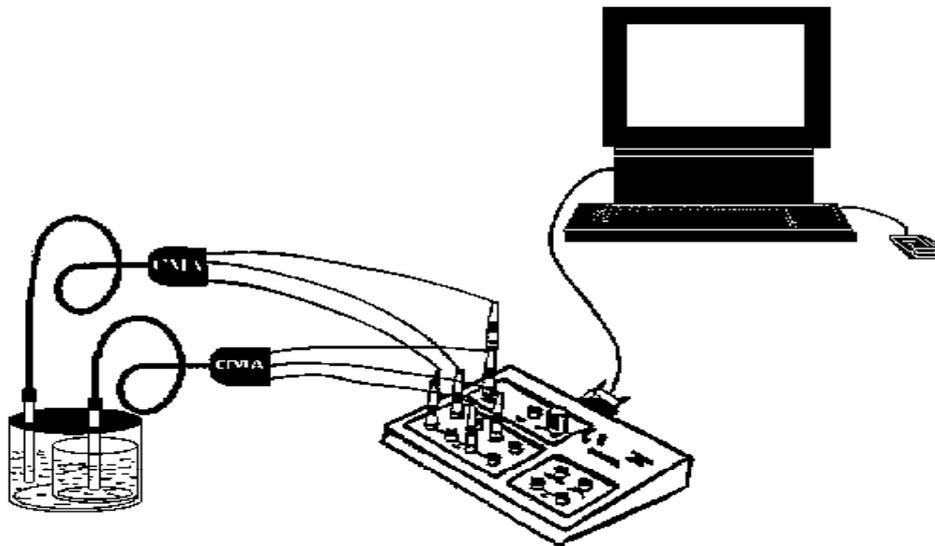


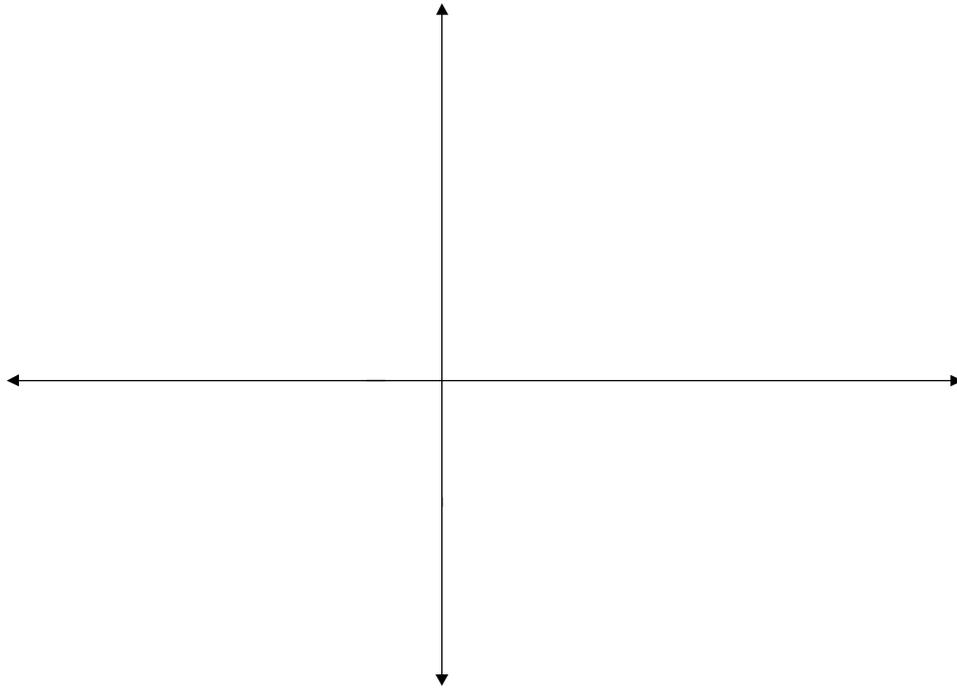
Figura 2

D. Descripción cualitativa del fenómeno observado

1. Imagina que viertes agua fría en el recipiente de porexpan y seguidamente introduces la flanera con el agua caliente dentro del mismo, cuidando de no mezclar el agua fría con el agua caliente. A continuación colocas la tapa al recipiente de porexpan para aislarlo. Explica con tus propias palabras lo que crees que le ocurrirá a la temperatura del agua fría después de transcurrido cierto tiempo.
2. Explica con tus propias palabras el porqué de los cambios de temperatura.

E. Predicciones

1. Si colocarás dos sensores de temperatura, uno dentro del agua fría y otro dentro del agua caliente (ver figura 2), de forma tal que en el ordenador se dibujará las curvas temperatura-tiempo del agua fría y la del agua caliente, ¿cuál piensas que sería la forma de la curva en ambos casos? Explica tu respuesta y dibuja en los siguientes ejes, la forma que crees tendrá la curva Temperatura-tiempo tanto del agua caliente como la del agua fría.



2. Imagina que construiste la forma de las gráficas anteriores estableciendo una determinada escala, ¿cómo cambiaría la información proporcionada por cualquiera de las gráficas que dibujaste si cambias la escala del eje de la x ? ¿Si cambias la escala del eje de la y ? Explica tu respuesta y dibuja las gráficas en los siguientes ejes.



Cambio de escala en el eje de la x .



Cambio de escala en el eje de la y .

F. Preparación del sistema

Antes de comenzar la toma de datos debes llevar a cabo las indicaciones siguientes en el orden que se te presentan en la Figura 3.

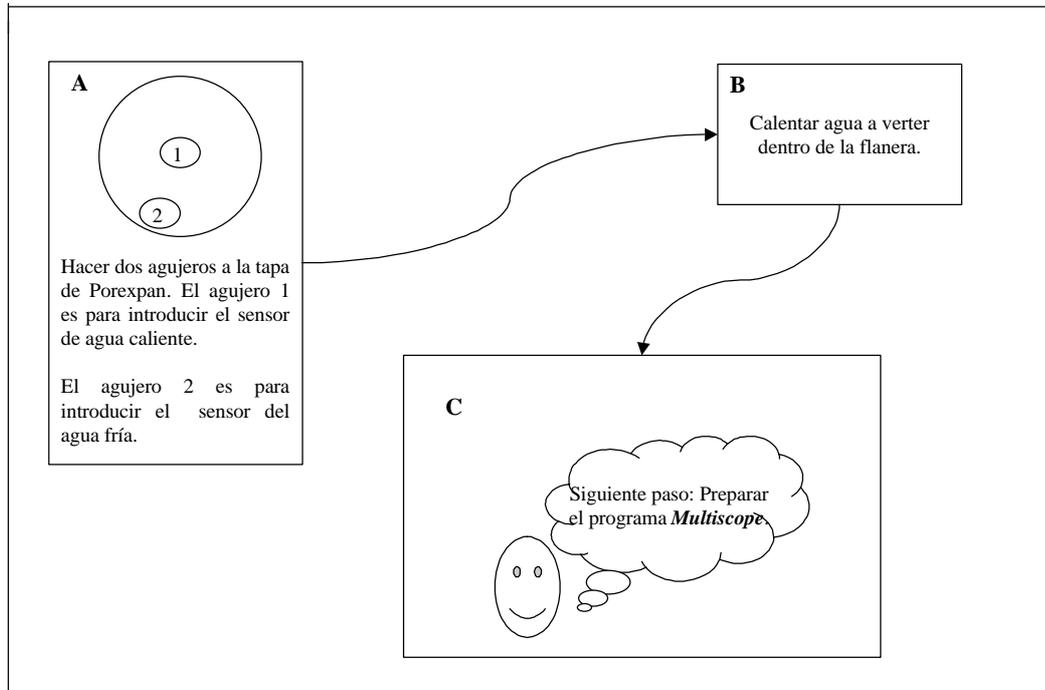


Figura 3

G. Preparación del programa *Multiscope*.

Dirige tu atención a la pantalla del ordenador, donde encontrarás un par de ejes. Este par de ejes es parte del programa de toma de datos: Programa *Multiscope*. Para preparar este programa debes comprobar en el menú *Settings* la información que te detallamos en el cuadro a continuación.

- En *Measurement (Medida)* presiona la tecla *Enter (Entrar)* y comprueba que el tiempo de la toma de datos es de 10 minutos. Si no es así, presiona nuevamente la tecla *Enter (Entrar)* y selecciona 10 minutos a continuación presiona la tecla *Enter (Entrar)* y después la tecla *Esc (Escape)* para salir.
- A continuación pasa a *Retrieve Calibration (Recuperar Calibración)*. Introduce el disquete que te proporcionará tu profesor en la disquetera, a continuación selecciona la unidad *a* y presiona la tecla *Enter (Entrar)*. Seguido seleccionas *B053-04* y presiona la tecla *Enter (Entrar)* y la tecla *Esc (Escape)*. Debes estar en el canal 1.
- Debido a que vas a trabajar con dos sensores debes repetir todo el procedimiento del punto 2, para *Channel 2 (Canal 2)*.
- Si has realizado todos los pasos de forma correcta te aparecerán dos ejes de coordenadas en la pantalla del ordenador.

H. Toma de datos

Para iniciar la toma de datos debes seguir las instrucciones que te detallamos a continuación y en el orden en que te las presentamos.

1. Vierte agua fría dentro del recipiente de Porexpan.
2. Coloca la flanera, con agua caliente dentro del recipiente de Porexpan. Cuida de no mezclar el agua fría con el agua caliente.
3. En el menú *Measure (Medir)* selecciona *Start (Inicio)* y presiona la tecla *Enter (Entrar)*. Inmediatamente aparecerá sobre el eje vertical, del par de ejes que tienes sobre la pantalla del ordenador un punto oscilante. Este punto marcará la temperatura del cuerpo que está en contacto con el sensor de temperatura.
4. Introduce los sensores dentro del recipiente de Porexpan, a través de los agujeros de la tapa. Después cierra el sistema con la tapa.
5. Presiona la barra espaciadora y se iniciará la toma de datos de la temperatura de los líquidos de ambos recipientes.
6. Graba las gráficas.

- *Para grabar las gráficas sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo.*
- *Introduce un disquete en la unidad a.*
- *En el menú File I/O (Archivo) selecciona Combined (R + S) (Combinados D + A) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *Selecciona la opción Save (Guardar) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *En Save (Guardar) selecciona la unidad a y presiona la tecla Enter (Entrar). A continuación presiona la tecla Esc (Escape).*
- *Asígnale un nombre a tus resultados (no más de 8 caracteres) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *Presiona la tecla Esc (Escape) hasta salir de Combined (R + S) (Combinados D + A).*

7. Obtener gráfica combinadas en un solo par de ejes.

- *Desde este momento trabajarás en el programa Processing (Tratamiento) para lo cual debes salir del programa Multiscope. Sigue las instrucciones que te detallamos a continuación.*
- *En el menú Quit (Salir) presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *Aparecerá en la pantalla el siguiente mensaje: Quit Multiscope? (¿Quieres salir del programa Multiscope?) Selecciona Yes (Si) y presionas la tecla Enter (Entrar).*
- *En Programs (Programas) selecciona el programa Processing (Tratamiento) y presiona la tecla Enter.*
- *Al entrar en Processing (Tratamiento) encontrarás los siguientes menús: HELP (Ayuda), SETTINGS (Ajustes), PROCESS (Proceso), ANALYSE (Análisis), FILE I/O (Archivos) y QUIT (Salir).*
- *Introduce el disquete con los resultados en la unidad a.*
- *En el menú File I/O (Archivos) selecciona Combined (R + S) (Combinados D + A) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *Selecciona Retrieve (Recuperar) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *Selecciona el archivo que contiene las gráficas que grabaste y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *En el menú Settings (Ajustes) selecciona Display (Ver) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *En Display (Ver) selecciona Screen (Pantalla) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *Esta opción contiene tres alternativas selecciona Combined (Combinado) y presiona la tecla Enter (Entrar).*

8. Imprime esta gráfica.

- *Para imprimir la gráfica sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo (recuerda que desde el punto anterior te encuentras dentro del programa Processing (Tratamiento)).*
- *En el menú File I/O (Archivos) selecciona Combined (R + S) (Combinados D + A) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *Selecciona la opción Print (Imprimir) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *En Execute (Ejecutar) presiona la Enter (Entrar).*
- *Presiona la tecla Esc (Escape) hasta salir de File I/O (Archivos).*

I. Análisis e interpretación de los resultados

1. Observa la forma de la gráfica experimental (la que imprimiste) y compárala con tus predicciones (cuestión 1 de la sección E). ¿Existen diferencias o semejanzas entre la forma de la gráfica experimental y la forma de las gráficas de tus predicciones? Explica tu respuesta.

2. A partir de la información que te brinda la gráfica experimental explica la variación de la temperatura, a medida que transcurre el tiempo, del agua caliente y del agua fría.

3. Cambio de Escala:
Cambia la escala del eje de la x de la gráfica experimental.
Cambia la escala del eje de la y de la gráfica experimental.
Observa lo que sucede en ambos casos.

- *Sigues trabajando en el programa Processing (Tratamiento). Para cambiar la escala de los ejes de la gráfica sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo.*
- *En el menú Settings (Ajustes) selecciona Graphs (Gráficas) y presiona la tecla Enter (Entrar).*
- *A continuación observarás en la pantalla del ordenador los valores máximos y mínimos de ambos ejes de la gráfica. Los valores que observas pueden ser cambiados. Después de cada cambio presiona la tecla Enter (Entrar). Estos cambios deben realizarse tanto para la gráfica A, como para la B. Si no lo haces así corres el riesgo de no poder cambiar de escala.*
- *Presiona Esc (Escape) para salir de Graphs (Gráficas) después de realizados los cambios.*

4. Compara con tus predicciones (cuestión 2 del punto E) lo observado al cambiar las escalas. ¿Cómo afectan los cambios de escala a la forma de la gráfica? ¿A la información que proporcionan?

5. Observa la tabla de datos de la gráfica.

- Si no sabes como tener acceso a la tabla de datos sigue las indicaciones detalladas a continuación (recuerda que te encuentras dentro del programa Processing (Tratamiento)).
- En el menú Process (Proceso) selecciona Select data (Seleccionar datos), y presiona la tecla Enter (Entrar).
- De las tres alternativas que se presentan selecciona Show table (Mostrar Tabla) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Presionando las teclas $\rightarrow, \leftarrow, \downarrow, \uparrow$, que encontrarás en el teclado podrás ver todos los valores representados en la tabla de datos.
- Para salir de la tabla de datos presiona la tecla Esc (Escape).

6. Explica como varía la temperatura según la tabla de datos.

7. ¿Estas variaciones de temperatura se ven reflejadas de la misma forma en la gráfica? (utiliza la opción zoom si necesitas observar detalles de la gráfica). Da tu interpretación de lo que observas y compárala con la de tus compañeros.

- Si no sabes, donde encontrar la opción Zoom (Aumentar) y como utilizarla sigue las indicaciones detalladas a continuación.
- En el menú Process (Proceso) selecciona la opción Zoom (Aumentar), y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Presionando las teclas $\rightarrow, \leftarrow, \downarrow, \uparrow$, que encontrarás en el teclado podrás moverte a lo largo de gráfica. Cuando quieras ampliar una sección de la gráfica selecciónala con estas teclas y presiona la barra espaciadora.
- Para salir de Zoom (Aumentar) presiona la tecla Esc (Escape).

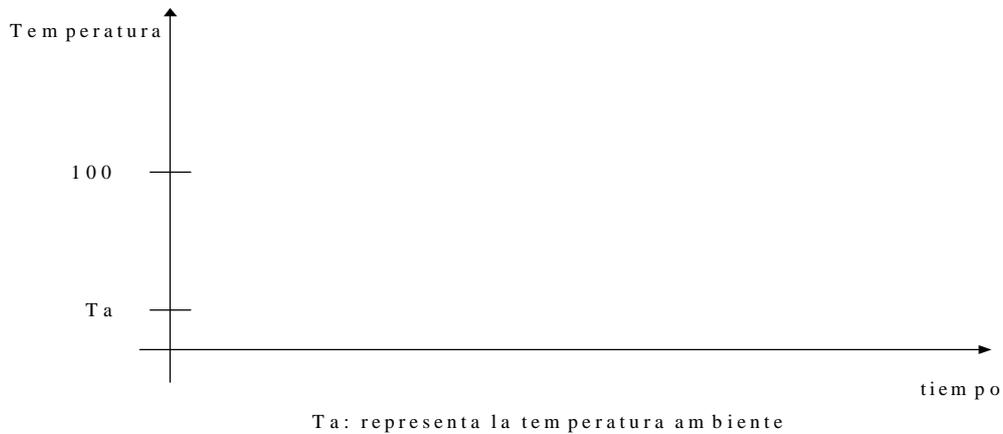
J. Uso de términos científicos para explicar el fenómeno observado

1. Explica que sucede en el agua fría del recipiente de porexpan, al introducirle la flanera con agua caliente y aislar todo el sistema. Utiliza todos o algunos de los siguientes términos científicos: *calor, energía, energía interna, transferencia de energía, equilibrio térmico, degradación de la energía y temperatura.*

2. ¿Qué significado tiene para ti el término equilibrio térmico?

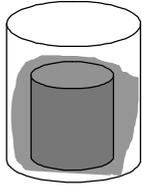
K. Extensión de los resultados

1. Se tiene una taza de té caliente sobre la superficie de una mesa, dibuja la curva Temperatura-tiempo que se dibujaría en la pantalla del ordenador si colocamos un sensor dentro de la taza de té y otro sensor justo al lado de la taza. Utiliza los ejes presentados a continuación, ten presente que en los mismos aparece representada la temperatura del ambiente (el aire que rodea la taza).

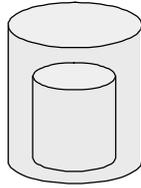


2. Ahora, puedes responder la siguiente cuestión: ¿Por qué en la situación presentada al inicio de la experiencia, el café se enfría?
3. En la página siguiente aparecen cuatro figuras, que representan la situación de la energía durante todo el proceso. Elige el orden en que deberían colocarse para que expresen correctamente la transferencia de energía entre la flanera y el recipiente de porexpan. Las diferentes tonalidades de color representan la temperatura durante el proceso. Explica el por qué del orden que eliges.

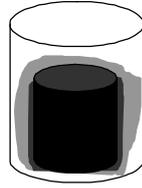
a



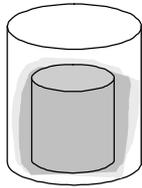
b



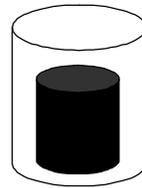
c



d



e



EXPERIENCIA 2

Dispersión de la energía

Todos hemos sentido en alguna ocasión el calentamiento que se experimenta en una habitación al poner en marcha la calefacción. ¿Cómo se produce este calentamiento desde el lugar que está la calefacción hasta cualquier rincón de la habitación?

En esta experiencia esperamos encontrar la respuesta a esta pregunta. Para ello estudiarás cómo se calienta el entorno que rodea un recipiente con agua caliente.

A. Proceso a estudiar

Un vaso de precipitados con agua caliente, se coloca sobre una lámina de cobre. La lámina se calienta. ¿Cómo tiene lugar este calentamiento de la lámina? ¿Se calienta toda ella a la vez? ¿Qué pasa entre el vaso de precipitados y la lámina de cobre?

B. Descripción del sistema

Tu sistema estará formado por una lámina de cobre no muy delgada, un vaso de precipitados con agua (aproximadamente a una temperatura de 70 °C), el aire y objetos que le rodean. Ver figura 1.

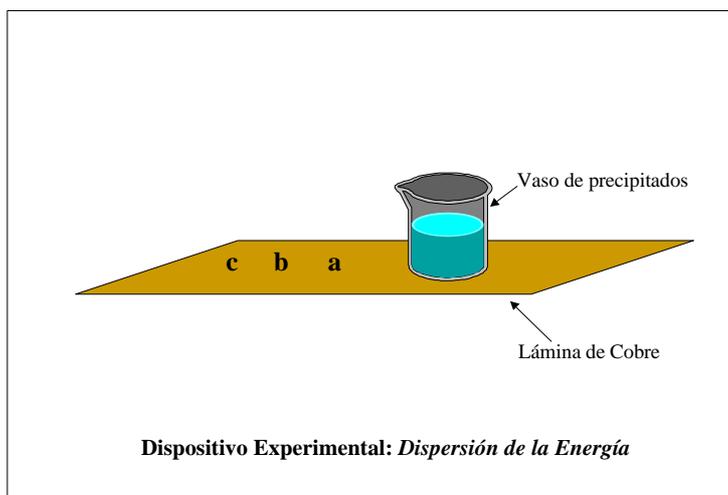


Figura 1

C. Herramientas informáticas a utilizar

Para medir la temperatura de la lámina de cobre utilizarás un sensor de temperatura, conectado a una computadora, a través de un amplificador, como mostramos en la figura 2.

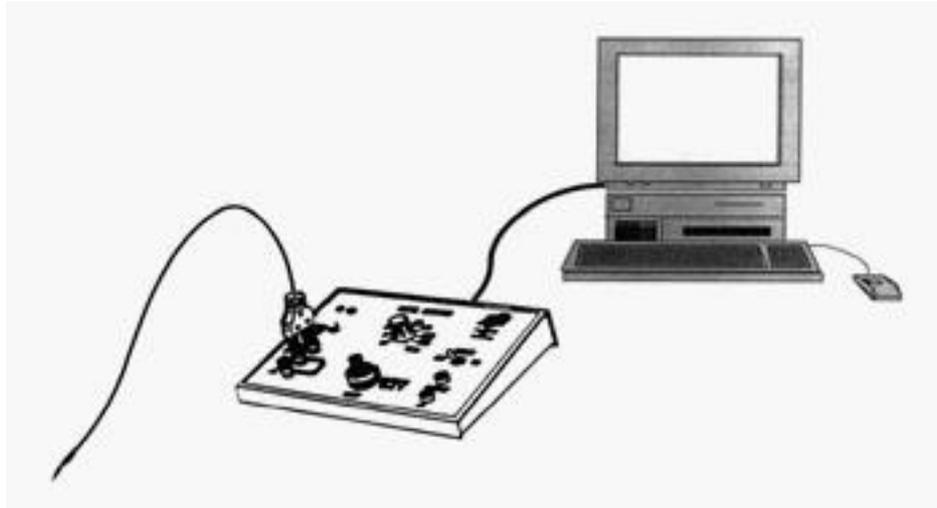


Figura 2

D. Descripción cualitativa del fenómeno a observar

1. Imagina que colocas el vaso de precipitados, con agua muy caliente, sobre la lámina de cobre. Explica que le ocurrirá a la temperatura del vaso de precipitados con agua caliente y a la temperatura de la lámina de cobre.
2. Explica con tus propias palabras el porqué de estos cambios de temperatura.

E. Predicciones

1. Dibuja la forma que piensas tendrá la gráfica temperatura-tiempo al colocar el sensor de temperatura en el punto *a* señalado en la figura 1. Utiliza los ejes de la figura 3.

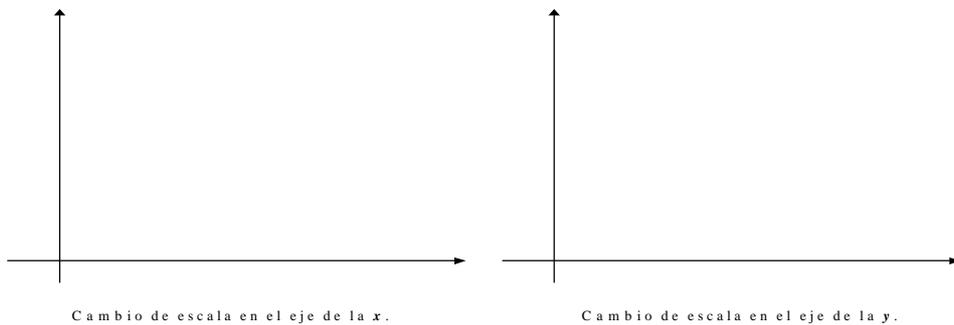


Figura 3

2. En los ejes de la figura 3 dibuja, también la forma que piensas tendrá la gráfica Temperatura-tiempo al colocar el sensor de temperatura en el punto *c* de la figura 1. La forma de esta gráfica, ¿es igual o

distinta a la curva que dibujaste, para el punto **a**? Explica las diferencias o semejanzas que puedan tener.

3. Imagina que construiste la forma de las gráficas anteriores estableciendo una determinada escala, ¿cómo cambiaría la información proporcionada por cualquiera de las gráficas que dibujaste si cambias la escala del eje de la **x**? ¿Si cambias la escala del eje de la **y**? Explica tu respuesta y dibuja las gráficas en los ejes a continuación



F. Preparación del sistema de Medida

Lo primero que debes hacer es preparar los elementos del sistema con el cual trabajarás. En tu mesa de trabajo coloca la lámina de cobre de forma tal que te permita realizar la experiencia sin complicación alguna. En el centro de la lámina marca el contorno del vaso de precipitados, formando una figura circular. Marca con un punto, una posición cualquiera del perímetro del círculo dibujado. Este punto te servirá de referencia para trazar las distancias **a**, **b**, **c** y **d** respectivamente (ver figura 4).

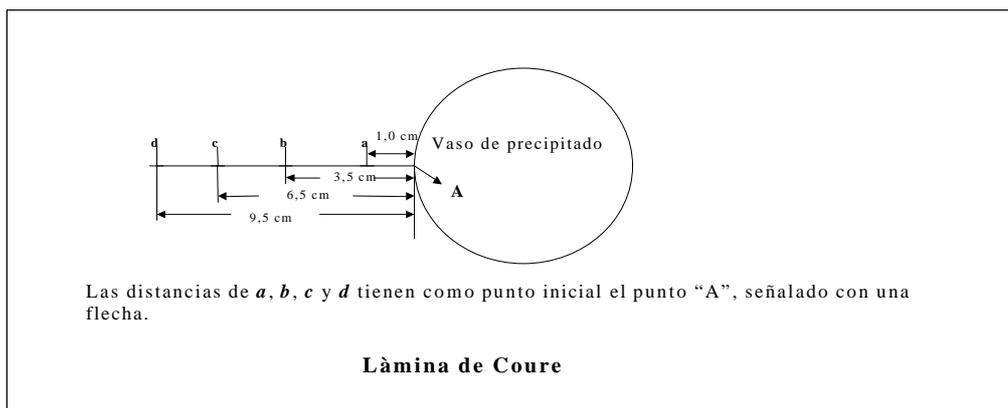


Figura 4

Prepara un vaso de precipitados con agua a una temperatura de 70 °C aproximadamente.

G. Preparación del programa Multiscope

Dirige tu atención a la pantalla de la computadora, donde encontrarás un par de ejes. Este par de ejes es parte del programa de toma de datos: Programa **Multiscope**. Para preparar este programa debes comprobar en el menú **Settings** la información que te detallamos en el cuadro a continuación.

- En *Measearument (Medida)* presiona la tecla *Enter (Entrar)* y comprueba que el tiempo de la toma de datos es de 50 segundos. Si no es así, presiona nuevamente la tecla *Enter (Entrar)* y selecciona 50 segundos a continuación presiona la tecla *Enter (Entrar)* y después la tecla *Esc (Escape)* para salir.
- A continuación pasa a *Retrieve Calibration (Recuperar Calibración)*. Introduce el disquete que te proporcionará tu profesor en la disquetera, a continuación selecciona la unidad a y presiona la tecla *Enter (Entrar)*. Seguido seleccionas *B053-04* y presiona la tecla *Enter (Entrar)* y la tecla *Esc (Escape)*. Debes estar en el canal 1.
- Si has realizado todos los pasos de forma correcta aparecerá un par de ejes cartesianos en la pantalla de la computadora

H. Toma de datos

Después de preparado el programa **Multiscope** debes seguir las instrucciones que te detallamos a continuación y en el orden en el cual te las presentamos.

1. En el menú **Measure (Medida)** selecciona **Start (Inicio)** y presiona la tecla **Enter (Entrar)**. Inmediatamente aparecerá sobre el eje vertical, del plano cartesiano que tienes en la pantalla de la computadora un punto oscilante. Este punto marcará la temperatura del cuerpo que está en contacto con el sensor de temperatura.
2. Observa la temperatura inicial de la lámina de cobre y anótala en tu cuaderno. Para ello debes colocar la punta del sensor de temperatura en el punto **a** (ver figura 2) y mantenerla en esta posición. Cuida de que no se mueva, utiliza para esto cinta adhesiva y si es preciso la mantienes en su lugar con la punta de un lápiz.
3. Presiona la barra espaciadora, del teclado, para que se inicie la toma de datos de la temperatura de la lámina de cobre.
4. Coloca rápidamente el vaso de precipitados, con agua caliente, en el círculo dibujado sobre la lámina de cobre para poder observar los cambios de temperatura de la lámina.
5. Graba la gráfica obtenida sobre la pantalla de la computadora.

- Para grabar las gráficas sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo.
- Introduce un disquete en la unidad a.
- En el menú *File I/O (Archivo)* selecciona *Combined (R + S) (Combinados D + A)* y presiona la tecla *Enter (Entrar)*.
- Selecciona la opción *Save (Guardar)* y presiona la tecla *Enter (Entrar)*.
- En *Save (Guardar)* selecciona la unidad a y presiona la tecla *Enter (Entrar)*. A continuación presiona la tecla *Esc (Escape)*.
- Asígnale un nombre a tus resultados (no más de 8 caracteres) y presiona la tecla *Enter (Entrar)*.
- Presiona la tecla *Esc (Escape)* hasta salir de *Combined (R + S) (Combinados D + A)*.

6. Imprime la gráfica obtenida.

- Para imprimir la gráfica sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo (recuerda que desde el punto anterior te encuentras dentro del programa Processing (Tratamiento)).
- En el menú File I/O (Archivos) selecciona Combined (R + S) (Combinados D + A) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Selecciona la opción Print (Imprimir) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- En Execute (Ejecutar) presiona la Enter (Entrar).
- Presiona la tecla Esc (Escape) hasta salir de File I/O (Archivos).

7. Repite todos los pasos desde el 1 al 8 para los puntos **b**, **c** y **d** respectivamente.

I. Análisis e interpretación de los resultados

1. Observa la forma de las gráficas experimentales. ¿Qué pasa con la temperatura a lo largo del proceso según lo representado en las gráficas experimentales obtenidas para los puntos **a**, **b**, **c** y **d**? Explica tu respuesta.

2. ¿Existen diferencias o semejanzas entre la forma de las gráficas experimentales del punto **a** y **c** y la forma de las gráficas de tus predicciones para dichos puntos (cuestión 1 y 2 de la sección E)?

3. Cambio de Escala:

Cambia la escala del eje de la **x** de la gráfica experimental.

Cambia la escala del eje de la **y** de la gráfica experimental.

Observa lo que sucede en ambos casos.

- Para cambiar la escala de los ejes de la gráfica sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo. Lo primero es salir del programa Multiscope e ir al programa Processing.
- En el menú Quit (Salir) presiona la tecla Enter(Entrar).
- Aparecerá en la pantalla del ordenador el siguiente mensaje: Quit Multiscope? (¿Quieres salir del programa Multiscope?). Selecciona Yes (Si) y presiona la tecla Enter (entrar).
- En Programs (Programas) selecciona el programa Processing (Tratamiento) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Introduce en la unidad A el disquete que contiene los resultados que deseas analizar.
- En el menú Combined (R+S) (Combinado (D+A) selecciona Retrieve (recuperar) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Selecciona en la unidad A, el archivo que contiene la gráfica que quieres analizar y presiona la tecla Enter(Entrar)
- En el menú Settings (Ajustes) selecciona Graphs (Gráficas) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- A continuación observarás en la pantalla del ordenador los valores máximos y mínimos de ambos ejes de la gráfica. Los valores que observas pueden ser cambiados. Después de cada cambio presiona la tecla Enter (Entrar). Estos cambios deben realizarse tanto para la gráfica A, como para la B. Si no lo haces así corres el riesgo de no poder cambiar de escala.
- Presiona Esc (Escape) para salir de Graphs (Gráficas) después de realizados los cambios.

4. Observa la tabla de datos de la gráfica.

- Si no sabes como tener acceso a la tabla de datos sigue las indicaciones detalladas a continuación (recuerda que te encuentras dentro del programa Processing (Tratamiento)).
- En el menú Process (Proceso) selecciona Select data (Seleccionar datos), y presiona la tecla Enter (Entrar).
- De las tres alternativas que se presentan selecciona Show table (Mostrar Tabla) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Presionando las teclas $\rightarrow, \leftarrow, \downarrow, \uparrow$, que encontrarás en el teclado podrás ver todos los valores representados en la tabla de datos.
- Para salir de la tabla de datos presiona la tecla Esc (Escape).

5. Explica como varía la temperatura según la tabla de datos.

6. ¿Estas variaciones de temperatura se ven reflejadas de la misma forma en la gráfica? (utiliza la opción **Zoom** si necesitas observar detalles de la gráfica). Da tu interpretación de lo que observas y compárala con la de tus compañeros.

- Si no sabes, donde encontrar la opción Zoom (Aumentar) y como utilizarla sigue las indicaciones detalladas a continuación.
- En el menú Process (Proceso) selecciona la opción Zoom (Aumentar), y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Presionando las teclas $\rightarrow, \leftarrow, \downarrow, \uparrow$, que encontrarás en el teclado podrás moverte a lo largo de gráfica. Cuando quieras ampliar una sección de la gráfica selecciónala con estas teclas y presiona la barra espaciadora.
- Para salir de Zoom (Aumentar) presiona la tecla Esc (Escape).

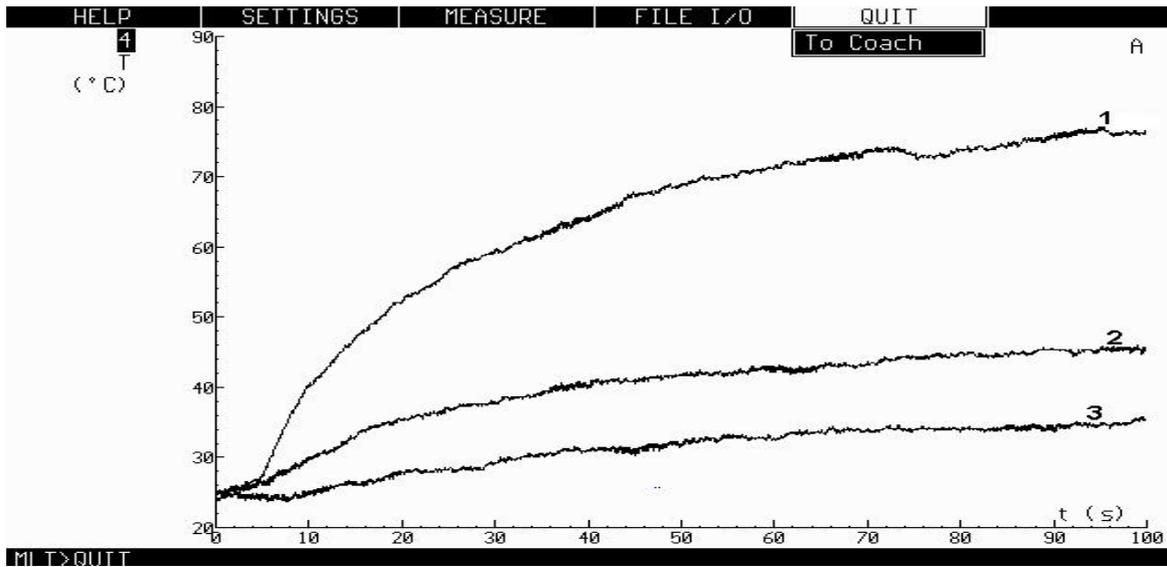
7. Entre las cuatro gráficas obtenidas experimentalmente, ¿observas diferencias? ¿Observas semejanzas? ¿Por qué? Explica tu respuesta.

J. Uso de términos científicos para explicar el fenómeno observado

1. Utiliza correctamente los términos calor, energía interna, dispersión de la energía y temperatura para explicar, ¿qué característica o características puedes considerar que son distintas en los puntos **a**, **b**, **c** y **d**?

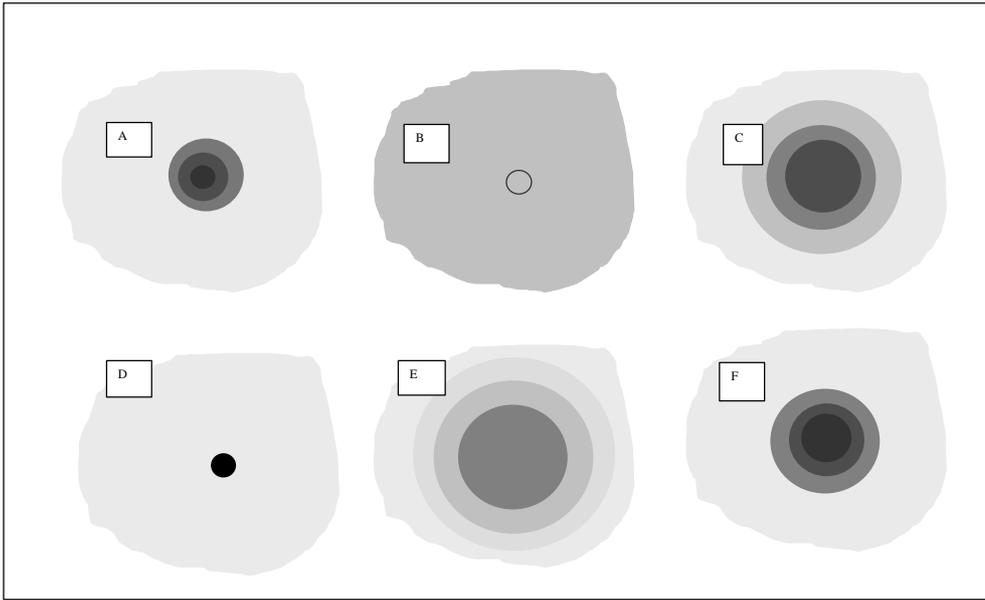
K. Extensión de los resultados

1. En una experiencia realizada con tres sensores colocados en las posiciones **a**, **b** y **c** al mismo tiempo, obtuvimos las siguientes gráficas.



- ¿Cuál de las tres gráficas, crees tu, corresponde al sensor colocado en la posición **a**? ¿Cuál corresponde al sensor colocado en el punto **b**? ¿Cuál corresponde al sensor colocado en el punto **c**? Explica tus respuestas.

- A continuación se presentan seis figuras (a, b, c, d, e y f), que representan la situación de la energía durante todo el proceso. Elige el orden en que deberían colocarse para que expresen correctamente la transferencia de energía durante todo el proceso. Explica el por qué del orden que eliges. Las diferentes tonalidades de color representan la temperatura del vaso de precipitados, la lámina de cobre y el entorno durante el proceso.



4. ¿Qué puedes decir con respecto al calentamiento del aire, que se experimenta en una habitación fría la conectar la calefacción? ¿Por qué se calienta? ¿Qué sucede con la energía?

EXPERIENCIA 3

Disipación de la energía en un dispositivo mecánico

Seguro que a lo largo de tu vida has observado muchas veces que un objeto se calienta por el roce con alguna superficie. Por ejemplo, cuando frotamos las manos al tener frío o cuando utilizamos una sierra para cortar un trozo de madera. En ambos

A. Proceso a estudiar

Cuando un objeto frena debido a la fricción se produce un calentamiento. Esta experiencia tiene como objetivo estudiar el calentamiento de una superficie debido a la fricción. ¿Qué relación existe entre la fricción y la disipación de la energía?

B. Descripción del sistema

El dispositivo a utilizar, Figura 1, simula un sistema de frenado por fricción. Consta de una rueda situada muy cerca de una botella de plástico que contiene agua. La separación entre la rueda y la botella es tan pequeña que un leve aumento de volumen de la botella entorpece el movimiento de la rueda y llega a detenerla. Este frenado da lugar a que se calienten las dos superficies en contacto.

Para que se produzca un aumento de volumen de la botella la hemos llenado de agua. La tapa de la botella esta unida a un tubo de goma. El otro extremo del tubo de goma está conectado a una jeringuilla con agua. Al apretar la jeringuilla, entra agua en la botella.

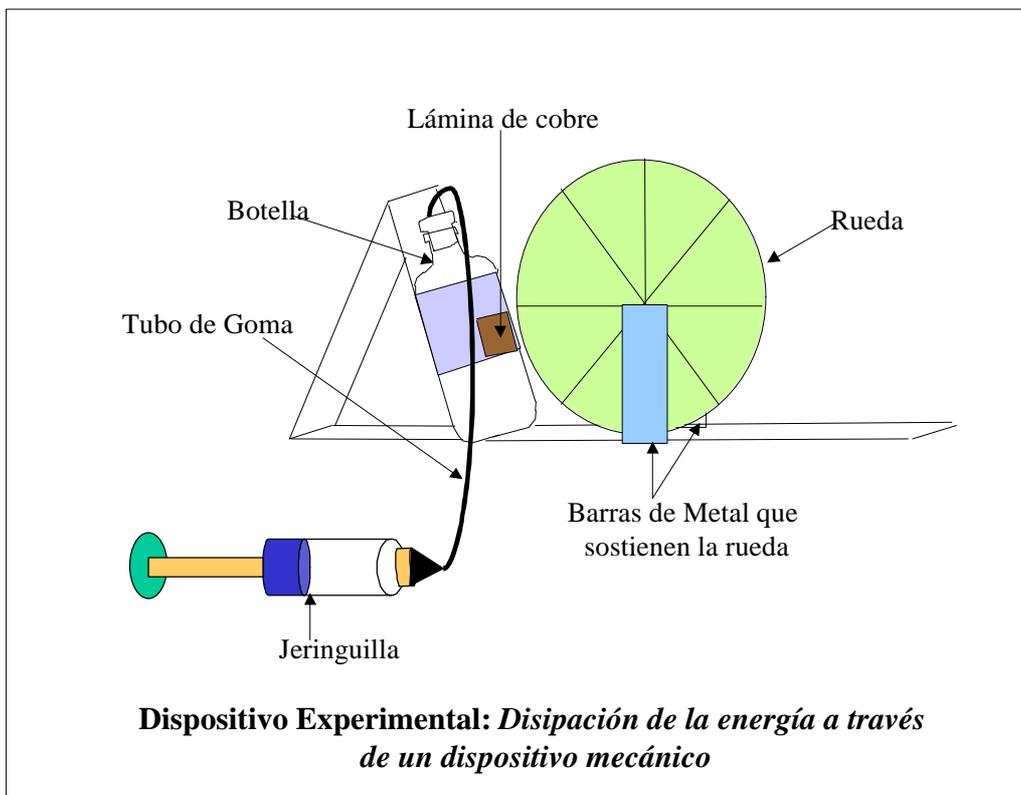


Figura 1

Para analizar el calentamiento de las superficies en contacto cuando la rueda se ve obligada a frenar, utilizamos un sensor de temperatura conectado a una computadora. El sensor lo ponemos en contacto con una lámina de cobre situada entre las dos superficies (la botella y la rueda). Como las variaciones de la temperatura son pequeñas, conectamos un amplificador de señales entre el sensor y el ordenador. Ver figura 2.

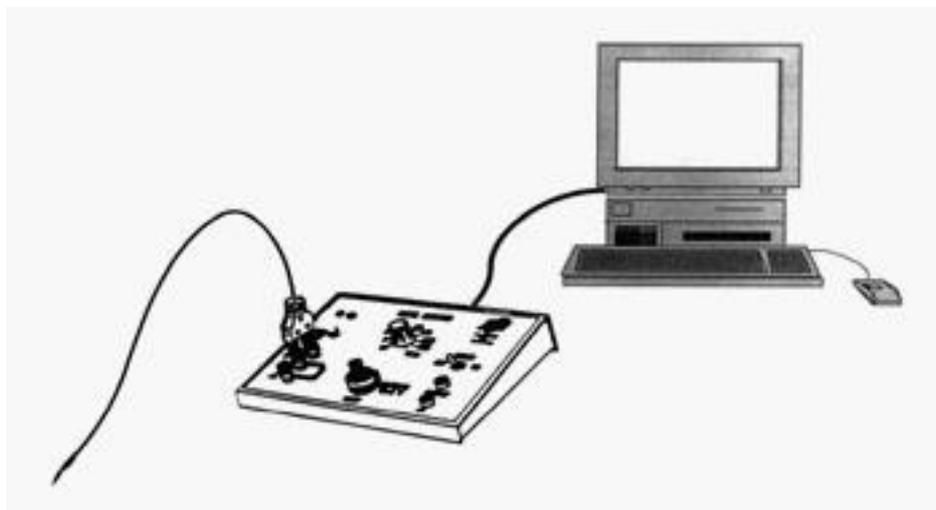


Figura 2

C. Herramientas informáticas a utilizar

Para la realización de esta experiencia habrás de utilizar las siguientes herramientas informáticas:

Para la toma de datos

- sensor de temperatura
- amplificador de señales
- software: programa *Multiscope*

Para el tratamiento de los datos

- computadora
- software: programa *Processing*

D. Descripción cualitativa del fenómeno a estudiar

1. Explica con tus propias palabras el fenómeno a estudiar.

2. Explica el proceso que se da durante el intervalo de tiempo, en el que la rueda comienza a girar alrededor de su eje y se detiene su movimiento al presionar la jeringuilla.

3. ¿En cuál de los estados del sistema, inicial o final, podríamos decir que la energía está más degradada? ¿Por qué? Explica tu respuesta partiendo de tus conocimientos adquiridos en clases anteriores.

E. Predicciones

1. Para representar gráficamente el calentamiento que se produce desde que la rueda empieza a frenar hasta que se detiene completamente: ¿Qué variables tenemos que colocar en cada uno de los ejes de coordenadas del plano cartesiano? Explica tu respuesta, y de acuerdo a la misma coloca el nombre de estas variables sobre cada uno de los ejes que te presentamos a continuación (figura 3).



Figura 3

2. Como resultado de la toma de datos, ¿cuál piensas que ha de ser la forma de la gráfica? ¿Por qué? Dibújala en los ejes de la figura 3.
3. ¿Cómo cambiaría la información proporcionada por la gráfica que dibujaste si cambias la escala del eje de la x ? ¿Cómo cambiaría la información proporcionada por la gráfica experimental si cambias la escala del eje de la y ? Explica tu respuesta.

F. Preparación del sistema de medida

1. Recorta con una tijera un trozo de la lámina de cobre que te facilita el profesor (un área de unos 2cm^2).
2. Coloca la punta del sensor de temperatura detrás de la lámina de cobre y fíjala con cinta adhesiva.
3. Fija la lámina de cobre (con la punta del sensor de temperatura tal como indicamos en el punto anterior) a la botella con agua. De forma tal que entre la punta del sensor de temperatura y la rueda

se encuentre la lámina de cobre. Debes comprobar que al frenar la rueda quede en contacto con la lámina de cobre.

4. Amarra la botella con un alambre para que no se mueva.

G. Preparación del programa *Multiscope*.

Dirige tu atención a la pantalla del ordenador, donde encontrarás un par de ejes. Este par de ejes es parte del programa de toma de datos: Programa *Multiscope*. Para preparar este programa debes comprobar en el menú **Settings** la información que te detallamos en el cuadro a continuación.

- En *Measearument (Medida)* presiona la tecla **Enter (Entrar)** y comprueba que el tiempo de la toma de datos es de 10 minutos. Si no es así, presiona nuevamente la tecla **Enter (Entrar)** y selecciona 10 minutos a continuación presiona la tecla **Enter (Entrar)** y después la tecla **Esc (Escape)** para salir.
- A continuación pasa a *Retrieve Calibration (Recuperar Calibración)*. Introduce el disquete que te proporcionará tu profesor en la disquetera, a continuación selecciona la unidad a y presiona la tecla **Enter (Entrar)**. Seguido seleccionas *B053-04* y presiona la tecla **Enter (Entrar)** y la tecla **Esc (Escape)**. Debes estar en el canal 1.
- Debido a que vas a trabajar con dos sensores debes repetir todo el procedimiento del punto 2, para *Channel 2 (Canal 2)*.
- Si has realizado todos los pasos de forma correcta te aparecerán dos ejes de coordenadas en la pantalla del ordenador.

H. Toma de datos

Después de haber preparado el programa *Multiscope* debes seguir las instrucciones que te detallamos a continuación y en el orden en que aparecen para iniciar la toma de datos.

1. En el menú **Measure (Medida)** selecciona **Start (Inicio)** y presiona la tecla **Enter (Entrar)**. Inmediatamente aparecerá sobre el eje vertical un punto oscilante. Este punto marca la temperatura del cuerpo que esta en contacto con el sensor de temperatura.
2. Haz girar la rueda. Cuando ya tenga una cierta velocidad, presiona la barra espaciadora para que inicie la toma de datos y rápidamente empuja la jeringuilla.
3. Graba los resultados.

- Para grabar las gráficas sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo.
- Introduce un disquete en la unidad a.
- En el menú *File I/O (Archivo)* selecciona *Combined (R + S) (Combinados D + A)* y presiona la tecla **Enter (Entrar)**.
- Selecciona la opción *Save (Guardar)* y presiona la tecla **Enter (Entrar)**.
- En *Save (Guardar)* selecciona la unidad a y presiona la tecla **Enter (Entrar)**. A continuación presiona la tecla **Esc (Escape)**.
- Asígnale un nombre a tus resultados (no más de 8 caracteres) y presiona la tecla **Enter (Entrar)**.
- Presiona la tecla **Esc (Escape)** hasta salir de *Combined (R + S) (Combinados D + A)*.

4. Imprime la gráfica obtenida.

- Para imprimir la gráfica sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo (recuerda que desde el punto anterior te encuentras dentro del programa Processing (Tratamiento)).
- En el menú File I/O (Archivos) selecciona Combined (R + S) (Combinados D + A) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Selecciona la opción Print (Imprimir) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- En Execute (Ejecutar) presiona la Enter (Entrar).
- Presiona la tecla Esc (Escape) hasta salir de File I/O (Archivos).

I. Análisis e interpretación de los resultados

1. Observa la forma de la gráfica resultante. ¿Qué pasa con la temperatura a lo largo del proceso según lo representado en la gráfica obtenida?

2. ¿Existen diferencias o semejanzas entre la gráfica obtenida y la de tus predicciones? Intenta explicar las diferencias entre la forma esperada de la gráfica y la forma observada, aventura una explicación.

3. Cambia la escala de los ejes de la gráfica.

- Para cambiar la escala de los ejes de la gráfica sigue las indicaciones que te detallamos a continuación si no estas familiarizado con la forma de hacerlo. Lo primero es salir del programa Multiscope e ir al programa Processing.
- En el menú Quit (Salir) presiona la tecla Enter(Entrar).
- Aparecerá en la pantalla del ordenador el siguiente mensaje: Quit Multiscope? (¿Quieres salir del programa Multiscope?). Selecciona Yes (Si) y presiona la tecla Enter (entrar).
- En Programs (Programas) selecciona el programa Processing (Tratamiento) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Introduce en la unidad A el disquete que contiene los resultados que deseas analizar.
- En el menú Combined (R+S) (Combinado (D+A) selecciona Retrieve (recuperar) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Selecciona en la unidad A, el archivo que contiene la gráfica que quieres analizar y presiona la tecla Enter(Entrar)
- En el menú Settings (Ajustes) selecciona Graphs (Gráficas) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- A continuación observarás en la pantalla del ordenador los valores máximos y mínimos de ambos ejes de la gráfica. Los valores que observas pueden ser cambiados. Después de cada cambio presiona la tecla Enter (Entrar). Estos cambios deben realizarse tanto para la gráfica A, como para la B. Si no lo haces así corres el riesgo de no poder cambiar de escala.
- Presiona Esc (Escape) para salir de Graphs (Gráficas) después de realizados los cambios.

4. ¿Los cambios observados en la gráfica después de cambiar la escala, son los que habías predicho? ¿Qué detalles añadirías a tu predicción?

5. Observa la tabla de datos de la experiencia y compárala con la gráfica que imprimiste.

- Si no sabes como tener acceso a la tabla de datos sigue las indicaciones detalladas a continuación (recuerda que te encuentras dentro del programa Processing (Tratamiento)).
- En el menú Process (Proceso) selecciona Select data (Seleccionar datos), y presiona la tecla Enter (Entrar).
- De las tres alternativas que se presentan selecciona Show table (Mostrar Tabla) y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Presionando las teclas $\rightarrow, \leftarrow, \downarrow, \uparrow$, que encontrarás en el teclado podrás ver todos los valores representados en la tabla de datos.
- Para salir de la tabla de datos presiona la tecla Esc (Escape).

6. Explica como varía la temperatura según la tabla de datos.

7. Estas variaciones de temperatura se ven reflejadas de la misma forma en la gráfica experimental que imprimiste en el punto 3 de la sección E (Utiliza la opción zoom si necesitas observar en detalle la gráfica). Da tu interpretación y compárala con la de tus compañeros.

- Si no sabes donde encontrar la opción Zoom (Aumentar) y como utilizarla sigue las indicaciones detalladas a continuación.
- En el menú Process (Proceso) selecciona la opción Zoom (Aumentar), y presiona la tecla Enter (Entrar).
- Presionando las teclas $\rightarrow, \leftarrow, \downarrow, \uparrow$, que encontrarás en el teclado podrás moverte a lo largo de gráfica. Cuando quieras ampliar una sección de la gráfica selecciónala con estas teclas y presiona la barra espaciadora.
- Para salir de Zoom (Aumentar) presiona la tecla Esc (Escape).

J. Uso de términos científicos para explicar el fenómeno observado

1. Escribe unas frases, donde expliques el fenómeno estudiado, y en la que aparezcan los siguientes términos: fricción, calentamiento, gráficas de temperatura, disipación, energía interna, transferencia de energía.

2. Describe las transferencias de energía que piensas se dan en el sistema estudiado. Anota los elementos del sistema a los que se puede asociar energía en cada momento.

3. Da tu interpretación de la disipación de la energía.

K. Extensión de los resultados

Responde a las siguientes preguntas:

1. Imagina que tienes un coche de juguete que funciona con baterías y al colocarlo sobre la superficie del suelo se mueve cierta distancia. Dibuja un esquema para representar las transferencias de energía que se dan en este sistema. Explica tu esquema.
2. Supón que arrastras un cuerpo sobre el suelo por medio de una cuerda y como pesa mucho, a medida que mueves el cuerpo, la cuerda poco a poco resbala entre tus manos. Por lo tanto, tus manos se calientan debido a la fricción. Describe la transferencia de energía que se da dentro de este sistema (manos-cuerda-cuerpo-superficie del suelo) mientras se arrastra el cuerpo.
3. No toda la energía suministrada por el persona se utiliza para mover el cuerpo, sino que parte se disipa debido a la fricción. Por ejemplo, entre los elementos manos-cuerda y cuerpo-superficie del suelo se disipa energía debido a la fricción. ¿Podrías utilizar esta energía disipada debido a la fricción para realizar algún tipo de trabajo?
4. ¿En cuál de los estados (manos-cuerda, cuerda-cuerpo, cuerpo-superficie del suelo) te parece que la energía está menos degradada? ¿Por qué? Explica tu respuesta.
5. Explica un ejemplo de la vida diaria en el que se pase de energía menos degradada a energía más degradada, debido a la fricción. Explica tu respuesta.

ANEXO 3

PROTOCOLO DE ENTREVISTA INICIAL

1. ¿Cuántos años llevas como docente?
2. ¿En alguna ocasión has usado algún tipo de herramienta informática en tus clases? ¿Qué tipo de herramienta has utilizado? ¿Qué puedes decir de esa experiencia?
3. ¿Estas de acuerdo con la propuesta que te hacemos sobre como usar MBL? ¿Por qué?
4. ¿Cuáles son los objetivos que esperas lograr con el uso de MBL?
5. ¿Qué opinas del guión de práctica? ¿Piensas utilizarlo tal como se te ha presentado? ¿Propones algún cambio al mismo para adaptarlo a tus necesidades y a las de tus estudiantes?
6. ¿Cómo piensas distribuir a los estudiantes y el equipo del cuál dispones?
7. ¿De qué tiempos dispones para desarrollar la experiencia?
8. ¿Cómo esperas que reaccionen los estudiantes ante el uso de MBL?

BIBLIOGRAFÍAS

1. ABRAMS, E., y WANDERSEE, J. K. (1995 a). <<How does biological knowledge grow? A study of life scientists' research practices>>. *Journal of Research in Science Education*, Vol. 32: 649 – 663.
2. ABRAMS, E., y WANDERSEE, J. K. (1995 b). <<How to infuse actual scientific research practices into Science classroom instruction>>. *International of Science Education*, Vol. 17: 683-694.
3. ADAMS, D. D., y SHRUM, J. W. (1990). <<The effects of microcomputer-based laboratory exercises on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school biology students>>. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27: 777-787.
4. ALBALADEJO, C., CAAMAÑO, A., Y JIMÉNEZ, M. P. (1995). Los trabajos prácticos, En Materiales del área de Ciencias de la Naturaleza para los cursos de actualización científica y didáctica. (Modalidad A). Módulo III: Didáctica de las Ciencias, capítulo 5: Los trabajos prácticos. Dirección General de Formación del Profesorado. MEC.
5. BRASELL, H. (1987). <<The effects of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity>>. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 24: 385-395.
6. BEICHNER, R. J. (1990). <<The effect of Simultaneous Motion Presentation and Graph Generation in a Kinematics Lab>>. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27, 8: 803-815.
7. BEICHNER, R. J. (1994). <<Testing student interpretaion of Kinematics graphs>>. *American Journal of Physics*, Vol. 62: 750-762.
8. BELTRÁN, I., Y GONZÁLEZ PACHECO, O. *La formacõ n de conceptos cientí ficos una perspectiva desde la teoí a de la actividad*. Brasil: Universidad Federal de Río Grande del Norte. Programa de Post - graduación en Educación. (1997). Editora da UFRN.
9. BERRY, A., MULHALL, P., GUNSTONE, R., y LOUGHRAN, J. (1999). <<Helping students learn from laboratory work>>. *Australian Science Teachers' Journal*, Vol. 45, 1: 27-31.
10. BERRY, A., MULHALL, P., GUNSTONE, R., y LOUGHRAN, J. <<Using laboratory Work for purposeful learning about the practice of science>>. En Behrendt y otros, *Research in Science Education – Past, Present, and Future*. Kluwer Academic Publishers, (2001). 113-318.

11. BLANK, L. M. (2000). A metacognitive Learning Cycle: A Better Warranty for Student Understanding. *Science Education*, 84: 486-506.
12. CAAMAÑO, A. (1992). <<Los trabajos prácticos en Ciencias Experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación>>. *Aula*, Vol. 9: 61-67.
13. CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposición didáctica. Del Saber Sabio al Saber Enseñado*. Título original en Francés *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. 1985. Argentina: AIQUE.
14. CLACKSON, S.G., y WRIGHT, D. K. (1992). <<An appraisal of Practical Work in Science Education>>. *School Science Review*, Vol. 76, 266: 39-42.
15. CLAXTON, G. ¿Ciencia para todos? En: *Educación de las Mentes Curiosas. El reto de la Ciencia en la Escuela*. Título original en inglés: *Educating the Inquiring Mind*. Madrid: Aprendizaje Visor, (1994). P. 11-33.
16. CLOUGH, E., y DRIVER, R. (1986). <<A study of consistency in the use of students' conceptual framework across different task contexts>>. *Science Education*, Vol. 70, 4: 473-493.
17. DEL RINCO, D., ARNAL, J., LATORRE, A. SANS, A. (1995). *Técnicas de investigación en Ciencias Sociales*. MADRID: Editorial DYKINSON.
18. DELORS, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Informa a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI. Santillana. Ediciones UNESCO.
19. DE PRO BUENO, A. (1998). <<¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de Ciencias? >>. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 16, 1: 21-41.
20. DRIVER, R., GUESNE, E., y TIBERGHIE, A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Segunda edición. Título original en Inglés: *Children's ideas in Science*. Madrid: Ediciones Morata.
21. ENTWISTLE, N. (1988). *La comprensión del aprendizaje en el aula*. Madrid: Paidós/MEC.
22. FERNÁNDEZ, C., ORO, J., y PINTÓ, R. (1996). Profile evolution in the interpretation of Kinematics graphs using MBL Technology. GIREP International Conference. Ljubljana, Slovenia.
23. GARCÍA BARRIOS, S. MARTÍNEZ LOSADA, C., y MONDELO ALONSO, M. (1998). <<Hacia la innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado>>. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 16, 2: 353-366.

24. GARCÍA, M. P. <<Las prácticas de laboratorio: planificación y evaluación>>. En: *Aspectos Didácticos de las Ciencias Naturales* (Biología). 6. Zaragoza: Educación Abierta. 119. Universidad de Zaragoza. (1995). P. 65-103.
25. GÓMEZ ALEMANY, I. <<Bases teóricas de una propuesta didáctica para favorecer la comunicación en el aula>>. En *Hablar y Escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de Enseñanza-Aprendizaje desde las Áreas Curriculares*. Barcelona: ICE/Editorial Síntesis, (2000). P. 19-28.
26. GOTT, R., y DUGGAN, S. (1995). <<The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science>>. *International Journal of Science Education*, Vol. 17, 2: 137-147.
27. GOTT, R., y DUGGAN, S. (1996). <<Practical Work: its role in the understanding Evidence in Science>>. *International Journal of Science Education*, Vol. 18, 7: 791-806.
28. GUBA, E.G. y LINCOLN, Y.S. (1981). *Effective Evaluation. Improving the Usefulness of Evaluation Results through Responsive and Naturalistic Approaches*. Jossey-Bass Publishers, San Francisco, California.
29. HODSON, D. (1990). <<A critical look at practical work in School Science>>. *School Science Review*, Vol. 70, 256: 33-40
30. HODSON, D. (1993). <<Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science>>. *Studies in Science Education*, Vol. 22: 85-142.
31. HOFSTEIN, A., y LUNETTA, V. (1982). <<The role of the laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research>>. *Review of Educational Research*, Vol. 52, 2: 201-217.
32. IZQUIERDO, M., y SANMARTÍ, N. <<Enseñar a leer y escribir textos de Ciencias de la Naturaleza>>. En *Hablar y Escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de Enseñanza-Aprendizaje desde las Áreas Curriculares*. Barcelona: ICE/Editorial Síntesis, (2000). P. 181-200.
33. JORBA, J., y SANMARTÍ, N. (1994). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuesta didáctica básica para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Madrid: MEC.
34. KELLY, G. J., y CRAWFORD, T. (1996). <<Students' interaction with computer representations: Analysis of discourse in Laboratory group>>. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 33, 7: 693-707.

35. KLOPFER, L. E. <<Learning scientific inquiry in the student laboratory>>. En: *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. (1990). London: Routledge.
36. LAZAROWITZ, R., y TAMIR, P. (1994). <<Research on using Laboratory Instruction in Science>>. En Gabel, D. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: McMillan, 94-128.
37. LATORRE, A., DEL RINCON, D., y ARNAL, J. (1996). Bases Metodológicas de la Investigación Educativa. Hurtado Ediciones: Barcelona.
38. LAWSON, A. E. (1994). Uso de los Ciclos de Aprendizaje para la Enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 165-187.
39. LEDERMAN, N. G. (1992). <<Students' and Teachers' conceptions of the nature of Science: a review of the research>>. *Journal of Research in Science Teaching*, 29: 331-359.
40. LEMKE, J. L. (1997). *Aprender a hablar Ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Título original en inglés: Talking science: language, learning, and values. Barcelona: Temas de Educación Paidós.
41. LUBBEN. I., y MILLAR, R. (1996). <<Children's ideas about the reability of experimental data>>. *International Journal of Science Education*, Vol. 18, 8: 955-968.
42. McDERMOTT, L. C., ROSENQUIST, M. L., y VAN ZEE, E. H. (1987). <<Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics>>. *American Journal of Physics*, 55: 503-513.
43. MIR MONTES, J. I. (1999). Las habilidades de un ciber-profesor. *Comunicación y pedagogía a Nuevas Tecnologías y Recursos Didácticos*.
44. MOKROS, J. R., y TINKER, R. F. (1987). <<The impact of Microcomputer-Based Labs on Childrens Graphings Ability to interpret Graphs>>. *Journal of Research in Science Teaching*, 24: 369-383.
45. NOTT, M. (1996). <<When the black box springs open: practical work in schools and the nature of Science>>. *International Journal of Science Education*, Vol. 18, 18: 807-818.
46. OLIVA, J. M. (1996). <<Estudios sobre consistencia en las ideas de los estudiantes en Ciencias>>. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 1: 87-92.
47. OLIVA, J. M. (1999). <<Algunas Reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual>>. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 1: 93-107.

48. ONRUBIA, J. Un punto de partida para el aprendizaje de nuevos contenidos: los conocimientos previos. En *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Ediciones Grao, Serie Pedagogía. (1993), P. 47-63.
49. OSBORNE, R., y FREYBERG, P. (1995). *El aprendizaje de las Ciencias. Influencia de las "Ideas Previas" de los estudiantes*. Segunda edición. Título original en inglés: Learning in Science. The implications of Children's Science. Madrid: Narcea, Ediciones.
50. PATTON, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods*. SAGE Publications.
51. PEREZ CASTRO, O. J. 2000. El uso de Herramientas Informáticas en los cursos de Ciencias de los Institutos de Secundaria en Cataluña. Trabajo de Investigación para optar al título de Magister.
52. PINTÓ, R., y GOMEZ, R. (1996). <<Using Sensors connected to computers. In News Ways of Teaching Physics>>. GIREP-ICPE. International Conference.
53. PINTO, R., PEREZ CASTRO, O. J., y GUTIERREZ, R. (1999 a). The State of Art in the Use and Value of informatic Tools. The Spanish case. NR1.1-SP. <http://www.blues.uab.es/~idmc42/sttis.html>
54. PINTO, R., PEREZ CASTRO, O. J., y GUTIERREZ, R. (1999 b). Implementing MBL (Microcomputer Based Laboratory) Technology for the laboratory work in Compulsory Secondary School Science Class. National Report on WP1: Spain. STTIS. <http://www.blues.uab.es/~idmc42/sttis.html>
55. POZO, J. I., PÉREZ, M. P., SANZ, A., y LIMÓN, M. (1992). <<Las ideas de los estudiantes sobre la Ciencia como teorías implícitas>>. *Infancia Aprendizaje*, 57: 3-22.
56. POZO, J. I. (1996). *Aprendices y Maestros. La Nueva Cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial. Psicología y Educación.
57. POZO, J. I., y GOMÉZ CRESPO, M. A. ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la Ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. En: *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE / HORSORI. Universitat de Barcelona. (1997).
58. POZO, J. I. (1999). <<Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los estudiantes y el conocimiento científico: del cambio conceptual a la integración jerárquica>>. Se publicará en *Enseñanza de las Ciencias*.

59. REDISH, E.F., SAUL, J.M., y STEINBERG, R. N. (1997). <<On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories>>. *American Journal of Physics*, Vol. 65, 1: 45-54.
60. RODRÍGUEZ, A., y GÓNZALEZ, R. (1995). <<Cinco hipótesis sobre las teorías implícitas>>. *Revista de Psicología general y aplicada*, 48, 3: 221-229.
61. ROTH, W-M., y MCGINN, M. (1997). <<Graphing: Cognitive Ability or Practice? >> *Science Education*, Vol. 81, 1: 91-106.
62. SANMARTÍ, N. (1993). ¿Hi ha diferents maneres d'aprendre ciències?. *Guix*, 185: 4-10.
63. SERÉ, M-G., JOURNEAUX, R., y LARCHER, C. (1993). <<Learning the statistical analysis of measurements errors>>. *International Journal of Science Education*, Vol. 15, 4: 427-438.
64. SERÉ, M-G., TIBERGHIE, A., PAULSEN, A., LEACH, J., NIEDDERER, H., PASILLOS, D., VICENTINI, M. (1998). Improving Science Education: issues and research on innovative empirical and computer-based approaches to labwork in Europe. Project Report. Bruselas: Comisión Europea.
65. SERRANO GISBERT, T., y BLANCO LÓPEZ, A. (1988). Las ideas de los estudiantes en el aprendizaje de las Ciencias. Narcea, Madrid: Ediciones.
66. SCHULMAN, L. (1986). Paradigms and Research Programs in the study of teaching: A contemporary perspective. En: M. C. Wittorck. *Handbook of Research on Teaching*, Tercera edición. NY: MacMillan, 3-36.
67. SASSI, E. (1996). Computer Based Laboratory to address learning/teaching difficulties in basic physics. ESERA Summer School "Theory and Methodology of Research in Science Education". Barcelona, 28 de agosto-3 de septiembre.
68. SASSI, E. (2000). Computer Supported Lab-Work in Physics Education: Advantages and Problems. STTIS Project (Science Teacher Training in an Information Society).
69. SCIENCE CURRICULUM IMPROVEMENT STUDY, (1970). Environment Teacher's Guide (Rand McNally: Chicago).
70. SETTLAGE, JR. (1993). Microcomputer Based Labs and their influence upon students' conception of Light. En *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Agosto 1- 4 Ithaca, N.Y.
71. SOLOMON, J., BEVAN, R., FROST, A., REYNOLDS, H., SUMMERS, M., y ZIMMERMAN, C. (1991). <<Can pupils learn through their own movement? A study of the use of a motion sensor interface>>. *Physics Education*, Vol. 26: 345-349.

72. STTIS FINAL REPORT. (2001). <http://www.blues.uab.es/~idmc42/sttis.html>
73. STYLIANIDOU, F, OGBORN, J., y ANDRESEN, O., BALSANO, E., GIBERTI, G., GUTIÉRREZ, R., KOLSTO, MONROY, G., PÉREZ CASTRO, O., PINTÓ, R., QUALE, A., REBAMANN, G., SASSI, E., VIENNOT, L., (2000). The nature of use by science teachers of informatic tools. Transversal Report on WPI.2. STTIS. <http://www.blues.uab.es/~idmc42/sttis.html>
74. SVEC, M. (1999). Improving Graphing Interpretation Skills And Understanding Of Motion Using Micro-computer Based Laboratories. *Electronic Journal of Science Education* (<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev3n4.html>), Vol. 3 - No. 4.
75. TAMIR, P. Practical Work in School Science: an analysis of current practice. En: *Practical Science*. (1991). Gran Bretaña: Open University Press .
76. TAPIA, J. A. (1998). *Motivación y aprendizaje en el aula*. Cómo enseñar a pensar. Madrid: Aula XXI. Santillana.
77. THORNTON, R. K., y SOKOLOFF, D. R. (1990). <<Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools>>. *American Journal Physics*, Vol. 58, 9: 858-867.
78. THORNTON, R. K., y SOKOLOFF, D. R. (1998). <<Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation of Active Learning Laboratory and Lectura Curricula>>. *American Journal of Physics*, Vol. 66, 4: 338-352.
79. THORNTON, R. K., y SOKOLOFF, D. R. (1997). <<Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment>>. *The Physics Teacher*, Vol. 35: 340-347.
80. TRUMPER, R. (1997). <<Learning Kinematics with a V-Scope: A case study>>. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, Vol. 16, 1: 91-110.
81. WALKER, R. (1983). La realización de estudios de casos en educación. Ética, teoría y procedimientos. En W. Dockrell y D. Hamilton. *Nuevas reflexiones sobre la investigación educativa*, Madrid, Narcea, 42-82.
82. WATSON, R., PRIETO, T., y DILLON, J. S. (1995). <<The effect of Practical Work on student's understanding of combustion>>. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 32, 5: 487-502.
83. WHITE, R. (1996). <<The link between the laboratory and learning>>. *International Journal of Science Education*, Vol. 18, 7: 761-774.
84. WOOLNOUGH, B., y ALLSOP, T. (1985). *Practical Work in Science*. Cambridge: University Press.

85. YING, D. (1987). Case Study Research. Design and Methods. Beverly Hills, Sage Publ.