

PROPENSIONES EN LA EVALUACION DE LAS ACTIVIDADES PRACTICAS PROPIAS DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES. UN ESCENARIO PARA EL CAMBIO

NARCISO SAULEDA PARES
MARIA DE LOS ANGELES MARTINEZ RUIZ

RESUMEN

En este artículo se analiza la evaluación de los procesos propios de las ciencias experimentales. Establecida la relevancia de las actividades prácticas en la enseñanza de las ciencias se revisan los modelos que se proponen en algunos currículos. Se concluye que resulta conveniente que los profesores tengan capacidad de generar las evaluaciones propias para su clase, usando una variedad de aproximaciones y metodologías para recoger información. Las propensiones del modelo evaluativo pasan por un diseño de un sistema de evaluación abierto a la adaptación, holístico, descriptivo y criterial, que informe acerca de la eficiencia y efectividad de los métodos de enseñanza y facilite la toma de decisiones formativas más rentables en el proceso de orientación del aprendizaje de los alumnos.

ABSTRACT

In this paper the assessment of experimental science processes is analysed. Once the practical activities relevant to science teaching have been established, different process patterns presented in different curricula are reviewed. We recognize the need that teachers have to be able to generate assessments of their own classes using a variety of approaches and methodologies in order to obtain the more valid and reliable information. The evaluation system tends to advance towards an adaptative, holistic, descriptive, criterial pattern capable of providing data relating to the efficiency and effectivity of teaching methods and of facilitating the formative decision-making process leading to effective guidance of the students' learning.

PALABRAS CLAVE

Evaluación de las ciencias experimentales, Evaluación criterial, Procesos de las ciencias.

KEYWORDS

Experimental sciences assessment, Criterial assessment, Science processes.

1. EL CONTEXTO: PROPENSIONES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

En el transcurso de las dos últimas décadas la sociedad ha cambiado profundamente. La evolución se ha producido, en gran medida, como consecuencia de los avances científicos y tecnológicos. Esta discontinuidad o mutación cultural ha dado emergencia a un nuevo período al que se ha bautizado como era de la información, postmodernismo, tercera ola, sociedad postindustrial o tiempo entre dos edades (Hurd, 1991). En el seno de esta nueva era la resolución de los problemas educativos debe hacerse no a través de las vías tradicionales,

sino en consecuencia con los recientes avances tecnológicos, científicos y sociales. La enseñanza de las ciencias experimentales debe dar respuesta y ser consecuente con la actual estructura social. La evaluación en educación, en su concepción tradicional, se interesa más en la estabilidad que en el cambio, buscando reglas durables y generales. La rápida evolución social obliga, más que nunca, a una evaluación dinámica, funcional, flexible y abierta al cambio (Bourassa, 1991).

Klopfer (1991) en el volumen 75 de *Science Education* recuerda que en el primer artículo del volumen inaugural de la revista, entonces denominada *Method in Science Teaching*, Dewey exhortaba a los profesores a considerar los resultados y los métodos de su enseñanza como un todo unificado. Dewey entendía que la finalidad de la enseñanza de la ciencia es hacernos conscientes de lo que constituye el uso más efectivo de la mente y la inteligencia. Transcurridos 75 años Klopfer (1991) indica que la creencia de Dewey referida a que el resultado principal de la enseñanza de la ciencia debe ser la adquisición del pensamiento científico aparece hoy provocativa y frustrante. Desde 1916 numerosos profesores se han esforzado para presentar una enseñanza dirigida a la resolución de problemas o a la indagación, empero este tipo de enseñanza sigue, aún hoy, siendo rara.

En las décadas de los 60's y 70's, como contrapunto a una enseñanza enciclopedista y memorística, adquirió un enorme predicamento la enseñanza de las ciencias a través de los procesos. Así, para Gagne (1970), representante significativo de dicha corriente, la investigación científica es el objetivo terminal de la enseñanza de las ciencias, entendiendo la investigación como una serie de actividades caracterizadas por una aproximación del tipo resolución de problemas en las que cada fenómeno es un reto para pensar. Los procesos de la ciencia son un prerrequisito para la comprensión de los conceptos y principios de la ciencia. La premisa filosófica de la visión de los procesos de la ciencia de Gagne es que el conocimiento se desarrolla inductivamente desde la experiencia sensorial. El currículo desarrollado a partir de este enfoque fue el proyecto SAPA, *Science - A Process Approach*, (American Association for the Advancement of Science, 1967), que incluía los procesos: observar, medir, clasificar, comunicar, inferir, predecir, reconocer y usar relaciones espaciales, reconocer y usar relaciones numéricas, formular hipótesis, efectuar definiciones operacionales, controlar y manipular variables, experimentar, interpretar datos, y diseñar modelos. En España la influencia de esta tendencia en la enseñanza penetró, entre otras fuentes, a través de traducciones de diversos Proyectos *Nuffield*, *BSCS*, *PSCS*... En los encuentros científicos y en publicaciones la mayoría de los profesores defendían el llamado "método científico", por otra parte incluso la influencia del marxismo en la universidad determinó que la dialéctica teoría-práctica reforzara los argumentos en favor del valor de la práctica y el descubrimiento.

En los 90 las críticas al método inductivo (Hanson, 1958; Kuhn, 1970; Popper, 1962; Toulmin, 1970; Lakatos, 1976; Feyrabend, 1976; Brown, 1991) han cambiado la panorámica. Empero continúa resultando bien reconocida la necesidad ineludible de trabajar las habilidades o procesos de la ciencia, que ya no se entienden articulados en un método científico. En este artículo no se pretende analizar el estado de la cuestión, la única intencionalidad es evidenciar la permanente relevancia de los procesos científicos en la enseñanza de las ciencias. La argumentación relativa a que la adquisición de destrezas psicomotoras en el laboratorio es razonable y deseable resulta ampliamente aceptada (Klopfer, 1971), no obstante lo que ya levanta más disparidades es decidir la proporción más conveniente de actividades de laboratorio y campo. Las posibilidades que ofrece el ordenador de simular actividad es, especialmente hoy, una variable a adicionar en el momento de decidir el peso de las actividades prácticas. En la historia de la enseñanza de las ciencias ha

habido una cierta alternancia entre el peso atribuido a los procesos y el que se considera que corresponde a los contenidos.

Las observaciones no son independientes de la teoría. En este sentido únicamente un apunte desde un campo distante, que demuestra el alto consenso sobre este punto: "En cierto sentido incluso nuestras relaciones perceptivas funcionan debido a que concedemos confianza a un relato precedente. No percibiríamos plenamente lo que es un árbol si no supiésemos (porque otros nos lo han contado) que es el fruto de un lento crecimiento, y no ha salido de la noche a la mañana" (Umberto Eco, 1992). Apuntes adicionales se encuentran en diversos ámbitos. De substantivo interés son los que proceden de las neurociencias (Melzac, 1992), ciencias que van deviniendo realidad la esperanza de que la neurofisiología fundamente sólidamente la educación. En síntesis, conviene considerar que es imposible imaginar un humano sin ningún previo conocimiento-información que sea útil para considerar a la ciencia desde una variedad de perspectivas. Y es difícil de aceptar que un aprendizaje real pueda ocurrir en una situación de aislamiento del mundo real y de la experiencia directa. (Yager y McCormack, 1989).

En este País la enseñanza de las ciencias no parece haberse distinguido por su enfoque práctico y experimental, consecuentemente tampoco ha habido una atención al proceso de evaluación de dichas dimensiones. La precitada aseveración viene confirmada en un estudio de Geli (1986) en el que analiza, a través de una prueba objetiva, el rendimiento de los alumnos de EGB de la provincia de Girona en la disciplina Biología. Conclusiones similares alcanzan Sauleda y Martínez (1991) que a partir de un sondeo sobre la evaluación de las ciencias experimentales en Alicante concluyen que ésta se basa, cuasi exclusivamente, en evidencias obtenidas a partir de exámenes escritos referidos a dimensiones teóricas de la asignatura, resultando, prácticamente, ausente la evaluación de las actividades de laboratorio o las salidas al campo. Resultados coincidentes son los obtenidos por Jiménez López (1985) en la evaluación de la metodología de los profesores de química que queda demostrada como no experimental. Redundando en idéntica valoración a partir de un análisis de las pruebas de evaluación habituales en las clases de física, Alonso, Gil y Martínez Torregrosa (1989) afirman que éstas responden a la mera constatación de los contenidos transmitidos: "Así, el 58,4 por cien de los ítems son ejercicios de aplicación".

Contrastando con lo anterior, el marco legal que regula el inmediato futuro en la Comunidad Valenciana, Decreto 20/1992, de 17 de febrero, del Gobierno Valenciano, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria, determina, además de los objetivos generales y los contenidos, los criterios de evaluación. La evaluación se define como continua, global, y de los aprendizajes de los alumnos y de los procesos de la enseñanza. Los criterios de evaluación del área *Conocimiento del medio, natural, social y cultural*, coincidentes, con los publicados para el territorio MEC, reúnen diversos procesos de la ciencia, que consiguientemente deben ser evaluados. En suma el marco legal determina la compulsividad de la evaluación de los procesos.

Como señalamiento claro de que las tendencias actuales en la enseñanza de las ciencias declaran la compulsividad de practicar y evaluar los procesos de la ciencia puede dar idea el modelo de Yager y McCormack (1989) (Figura 1), que ordena en una taxonomía de cinco dominios la enseñanza de las ciencias, partiendo de la asunción de que si estos son significativos cada uno debe influir en los planes de instrucción y evaluación que se implementan en las aulas. En síntesis la taxonomía responde al siguiente modelo: *Dominio I. Conocimiento y Comprensión* (Information domain). Incluye: Hechos, principios, teorías,... *Dominio II. Explorar y descubrir* (Process of science domain). Entre otros:

Observar y describir, clasificar y organizar, medir, comunicar, predecir e inferir, formular hipótesis, testar, identificar y controlar variables, interpretar datos, construir instrumentos,... *Dominio III. Imaginar y crear* (Creativity domain). Visualizar, cambiar, producir usos alternativos para los objetos, solucionar, fantasear, diverger,... *Dominio IV. Sentir y valorar* (Attitudinal domain). Desarrollar actitudes positivas hacia la ciencia y hacia uno mismo, explorar las emociones humanas, tomar decisiones acerca de valores personales,... *Dominio V. Usar y aplicar* (Applications and connections domain). Aplicar conceptos y destrezas de la ciencia a la vida cotidiana, usar los procesos científicos para solucionar problemas que ocurren en la vida diaria, comprender los informes de las revistas y periódicos sobre ciencia, integrar la ciencia con otras materias, implicarse en proyectos de acción de la comunidad, enfatizar las interrelaciones de la ciencia y las empresas humanas.

El marco de referencia psicológico fundamenta y avala el relieve de los procesos en la enseñanza de las ciencias, así las corrientes predominantes en la actualidad -teoría genética de Piaget; teoría de la actividad de Vigotsky, Luria, Leontiev, Cazden, etc.; el modelo de la Psicología Cultural de Cole; teoría del aprendizaje significativo de Ausubel; teoría de los esquemas de Anderson; teoría de Merrill, etcétera- dan soporte al aprendizaje a través de las habilidades de la ciencia.

En suma, a pesar de las diferenciaciones en los enfoques metodológicos motivadas por los cambios en la epistemología de las ciencias o las variaciones en las corrientes psicológicas y sociológicas, emerge, con alto consenso, de la dirección de las líneas de evolución de la enseñanza de las ciencias, el reconocimiento del valor educativo de la metodología de la ciencia y como consecuencia inmediata la exigencia de desarrollar un sistema o unas pautas de evaluación de los procesos de la ciencia (Swain, 1989).

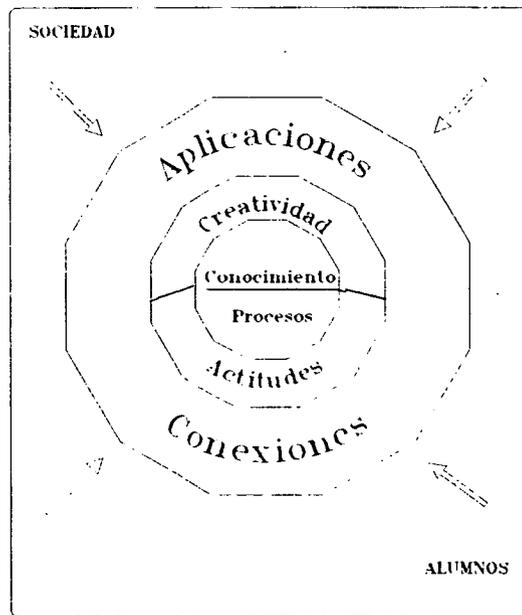


Figura 1. Enseñanza de las ciencias experimentales.
Redibujado de Yager y McCormack (1989).

2. RELEVANCIA DE LA EVALUACION DE LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

Las actividades de laboratorio han sido siempre el rasgo más distintivo de la enseñanza de las ciencias (Tamir, 1991), forman parte de la epistemología de la ciencia y, por tanto, es algo que deben conocer los alumnos. El trabajo de laboratorio orientado a la investigación elimina la separación artificial entre el trabajo del cerebro y el de las manos. (Tamir, Nussinovitz & Friedler, 1982). La ciencia es una disciplina que depende para su progreso del trabajo práctico y experimental. La exposición de los alumnos a este trabajo tiene un efecto de motivación y de incremento de la comprensión de los conceptos científicos. Es discutible el peso que deben representar las actividades prácticas en un currículo de ciencias, empero resulta inequívocamente innegable que esta dimensión debe estar presente y debe ser considerada en la evaluación. En Inglaterra, por ejemplo, en el examen CGSE un porcentaje fijo de la nota corresponde a las actividades de laboratorio, destinando el plan de evaluación no menos de un veinte por cien del total de la nota a destrezas experimentales y otras prácticas. Al menos la mitad de las puntuaciones deben otorgarse sobre la base de trabajo experimental u observacional hecho en el laboratorio o su equivalente.

La dificultad de evaluar con fiabilidad y validez los procesos prácticos de la ciencia o las actitudes ha implicado que con excesiva frecuencia se atiende en forma exclusiva a las adquisiciones de conocimientos a nivel memorístico y de comprensión. A menudo los profesores no son conscientes de que lo más fácil de medir es, frecuentemente, lo menos interesante. La incidencia, por una parte, de los estilos tradicionales de evaluación de las ciencias y, por otra, de la complejidad de la valoración de las actividades prácticas determina que, en nuestro País, siga predominando, cuasi exclusivamente, la evaluación con pruebas de lápiz y papel. La evaluación de las actividades de laboratorio o de campo suele estar limitada a un control de la asistencia obligatoria o a modular la nota de la asignatura, en el sentido de resolver los casos de duda entre el aprobado o el suspenso. En ocasiones el cuaderno de prácticas sube o baja medio punto, pero raramente hace promedio con las otras notas de la asignatura.

En el modelo de evaluación se halla la clave que orienta el trabajo de la mayoría de los alumnos. Al inicio de un curso los profesores especifican el programa, los bloques temáticos, la metodología e, incluso, los objetivos, pero los alumnos aprenden pronto que la coherencia del discurso del profesor es función de que si el sistema de evaluación que propone sea consistente con la relevancia que dice atribuir el docente a la resolución de problemas, al pensamiento crítico y a la no memorización. De idéntica forma a como la evaluación externa de un currículo condiciona al profesorado en la toma de decisiones sobre la selección de contenidos, acerca de la elección de la metodología y en el proceso de evaluación (Kempa, 1986), el modelo de evaluación de un profesor afecta profundamente la forma de estudiar de los alumnos. El alumno trabaja en función de los exámenes. Dado el poco peso, en este País, con que inciden las prácticas de laboratorio y de campo en la calificación final, una mayoría de alumnos aborda en estas actividades con una actitud de expectación más o menos interesada, pero sin una atención intensa, ni una producción de precisas comunicaciones.

Las investigaciones en el laboratorio pueden exigir de los alumnos el uso, a la vez, de esquemas conceptuales previos, habilidad en los procesos de la indagación científica, capacidad en las técnicas experimentales y saber aplicar las normas de seguridad y, como consecuencia presentar excesivos problemas para los alumnos, pero, siempre, es posible adecuar la complejidad de la investigación al nivel de razonamiento de los alumnos. En realidad uno de los criticismos de las tareas prácticas más extendidos es el que la mayoría de ellas responden a los niveles más bajos de investigación (Pella, 1961; Tamir, 1991). El consenso en la relevancia de las actividades prácticas en la formación científica es muy amplio, las diferencias más substanciales radican en lo que se debe entender por trabajo práctico. Así para Yager (1991) el trabajo práctico en las clases de ciencias debe ejemplificar los procesos básicos de la ciencia y ser demostrablemente útil para los estudiantes. El énfasis en la significatividad e indispensabilidad del trabajo práctico obliga a la evaluación objetiva de estas actividades.

3. MODELOS DE EVALUACION DE LAS ACTIVIDADES PRACTICAS

Las propuestas de sistemas de evaluación presentan alta profusidad y enorme diversidad. El análisis de las mismas evidencia que la mayoría responden a un idéntico modelo estructural, mostrando cada una de ellas diferenciaciones en función de la ubicación de los énfasis. Entre éstas y en reconocimiento de su valor histórico e innovador es preciso resaltar la gran significatividad del modelo de Klopfer (1971), que recoge, entre otros, los ámbitos: conocimiento y comprensión, observación y medición, reconocimiento de un problema, formulación de hipótesis, diseño de pruebas para testar una hipótesis, procesamiento de datos experimentales, construcción de un modelo teórico, aplicación de conocimientos, destrezas manuales, actitudes e intereses y, ulteriormente, orientación contextual.

El proyecto *Schools Council Science 5-13*. (1972) se articula alrededor del desarrollo de una mente investigadora y una aproximación científica a los problemas, vertebrándose a partir de los siguientes ámbitos a implementar y evaluar, que a continuación se enumeran: Observar, explorar y ordenar las observaciones; Desarrollo de los conceptos básicos; Plantear cuestiones y contestarlas; Adquirir y aplicar conocimientos y destrezas manuales; Comunicar; Interpretar los hallazgos críticamente; Aprender modelos y relaciones; Desarrollar intereses, actitudes y conciencia estética.

Asumiendo que las actividades prácticas son las que forman parte de un proceso de investigación, Kempa (1986), a partir de la propuesta metodológica establecida por la Assessment of Performance Unit, APU (Figura 2), resume en una tabla los grandes estadios asociados con el trabajo experimental y los criterios generales para su evaluación. Los estadios de la investigación varían en función de la naturaleza del problema a investigar, lo que determina incluso que las visiones de un físico y un biólogo puedan diferir. Asimismo el peso atribuido a cada componente del trabajo práctico es distinto. Así, el reconocimiento y formulación de un problema, a menudo, no es considerado en la evaluación debido a que es una capacidad muy compleja para muchos escolares. Para incrementar la fiabilidad y validez de la evaluación se definen, en forma específica, los criterios generales (Figura 3).

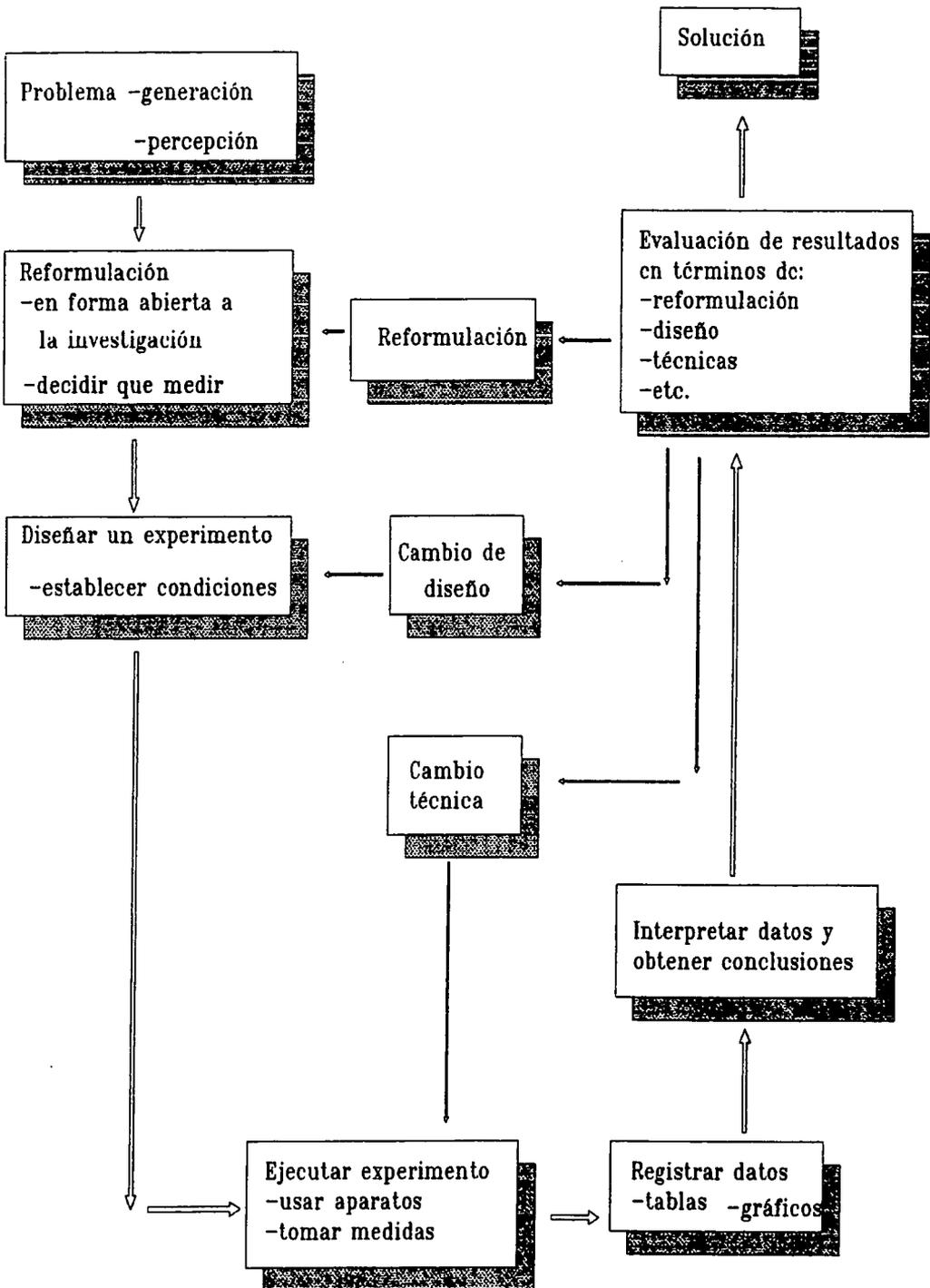


Figura 2. Resolución de problemas. (Assessment of Performance Unit, 1986).

Destreza a evaluar	Cualidades generales para la evaluación
(a) Reconocimiento y formulación de un problema	Defendibilidad de las hipótesis y postulados; identificación de las variables a estudiar; identificación de las variables a controlar.
(b) Diseño y planificación del diseño experimental	Elección de las condiciones experimentales, incluyendo la selección de los aparatos y técnicas y procedimientos para medir; disponer lo necesario para variar y controlar las variables; secuenciar las operaciones, etcétera.
(c) Ejecución del trabajo experimental (manipulación)	Trabajo metódico; corrección y seguridad de la técnica experimental, destreza manual en la ejecución del trabajo práctico; orden y organización.
(d) Habilidad de observar y medir (incluyendo el registro de datos y observaciones)	Exactitud y precisión en las mediciones; fiabilidad de las observaciones. Cuidado y fiabilidad en la recolección y registro de datos y observaciones.
(e) Interpretación y evaluación de los datos y observaciones	Defendibilidad de las conclusiones e inferencias obtenidas de los datos experimentales, y su relevancia para el problema investigado. Evaluación de las limitaciones y potenciales fuentes de error asociadas con el trabajo experimental.

Figura 3. Dimensiones a considerar en la evaluación de los procesos de la ciencia. (Kempa, 1986).

Se halla, relativamente, extendida la opinión de que la evaluación de los procesos o habilidades científicas sólo puede ser efectuada a través de actividades de laboratorio o de campo, empero si se analizan las destrezas formuladas en la figura 3 se percibe que, excepto la habilidad *ejecutar trabajo experimental*, el resto puede ser valorado a través de pruebas de lápiz y papel, ya que las operaciones son básicamente de carácter cognitivo. De todas las destrezas señaladas anteriormente la *ejecución de trabajo experimental* (manipulación) es la única que obligatoriamente debe ser evaluada en el laboratorio. En base a ello y para facilitar su análisis y evaluación, Kempa (1986) propone la subdivisión reflejada en la figura 4.

Destreza	Rasgos presentes en la ejecución
Trabajo metódico	Secuenciación correcta de las tareas que forman parte de una operación global. Uso efectivo del equipamiento. Eficiente utilización del tiempo de trabajo. Habilidad para desarrollar un procedimiento adecuado de trabajo sobre la base de instrucciones limitadas.
Técnicas experimentales	Manipulación correcta de los materiales y aparatos. Seguridad en la ejecución de los procedimientos experimentales. Toma de las precauciones adecuadas para asegurar la fiabilidad de las observaciones y resultados.
Destreza manual	Ejecución rápida y con confianza de las tareas prácticas. Completar con éxito una operación o sus partes constituyentes.
Orden	Buena utilización del espacio de trabajo disponible (mesa de laboratorio). Organización en la ubicación de los equipos y materiales usados. Limpieza del área de trabajo.

Figura 4. Subdivisión de la habilidad *ejecución de trabajo experimental*. (Kempa, 1986).

Por el peso e interés que debe desempeñar la observación en la enseñanza se transcribe a continuación una simplificación del modelo utilizado por APU (Assessment of Performance Unit, 1986) adaptado a alumnos de 15 años. Las categorías consideradas fueron: 1. Usar una clave dicotómica para clasificar objetos. 2. Dados objetos o fotografías agrupar los objetos en clases definidas por el alumno, o identificar las reglas usadas para clasificar los objetos, y añadir más objetos a las clases. 3. Dados objetos, fotografías o eventos describir similitudes y diferencias. 4. Dado un evento hacer un registro del cambio. 5. Dado un objeto seleccionar el dibujo correspondiente de un rango de ilustraciones. 6. Efectuar un dibujo de un objeto. 7. Dados acontecimientos hacer un registro de observaciones y dar o seleccionar una explicación apropiada. 8. Dados objetos, fotografías o eventos notar las diferencias o cambios y hacer o seleccionar una explicación consistente con los datos observados, e identificar un modelo en los cambios observados.

Tamir (1984) describe tests orientados a la evaluación de actividades de investigación en el laboratorio. Las pruebas proponen una investigación al alumno y una guía de evaluación al profesor. En una investigación sobre la vitamina C en el zumo de distintos frutos y en la evaluación referida a la categoría *Diseño experimental* las puntuaciones se distribuyen de la siguiente forma: Congruente con el problema; completo 13-15; Congruente con el problema; diseño incompleto 7-12; Metodología deficiente. No testa el problema 5-6; Sin diseño experimental 0-4. Adoptando un esquema similar se valoran otros procesos. En este modelo se predefinen las puntuaciones que corresponden a distintos niveles de logro, lo que es una vía de incremento de la fiabilidad y, por tanto un modelo deseable, en muchas ocasiones.

En *Practical Tests Assessment Inventory* (Tamir, Nussinovitz & Friedler, 1982) proponen las siguientes categorías: 1. Plantear problemas. 2. Formular hipótesis. 3. Identificar la variable dependiente. 4. Identificar la variable independiente. 5. Diseño de control. 6. Adecuación del experimento al problema o hipótesis testado. 7. Lo completo del diseño experimental. 8. Comprensión del rol del control en el diseño experimental. 9. Realización e informe de las medidas. 10. Determinar y preparar disoluciones apropiadas. 11. Efectuar observaciones con el microscopio. 12. Describir observaciones. 13. Dibujar gráficos. 14. Construir tablas. 15. Interpretar datos observados. 16. Obtener conclusiones. 17. Explicar los hallazgos en la investigación. 18. Examinar los resultados críticamente. 19. Aplicar conocimiento. 20. Comprender e interpretar datos presentados en un gráfico. 21. Sugerir ideas y vías para continuar la investigación.

En el plan OCEA, Oxford Certificate of Educational Achievement (Figura 5), se reúne a los procesos en las categorías *Planificar, Ejecutar, Interpretar y Comunicar*, que presentan una cierta correlación con la secuencia de trabajo *prelaboratorio, laboratorio y postlaboratorio*. Este hecho resulta positivo en el sentido de que en muchas actividades de laboratorio el tiempo dedicado a las fases de prelaboratorio y postlaboratorio acostumbra a ser excesivamente escaso o incluso pueda haber una total ausencia, circunstancia que este diseño puede mejorar.

PLANIFICAR	EJECUTAR	INTERPRETAR	COMUNICAR
<p>Producir hipótesis testables El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sugerir ideas testables relacionadas con las ya investigadas. 2. Sugerir ideas testables en nuevas situaciones. 3. Sugerir ideas testables en situaciones exigentes. 	<p>Manipular El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecutar manipulaciones básicas en el laboratorio. 2. Usar equipamiento básico durante las investigaciones. 3. Ejecutar procesos complejos. 4. Ejecutar procedimientos que requieren un fino control manipulativo. 	<p>Tratamiento de datos El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usar datos para identificar categorías sencillas. 2. Hacer transformaciones sencillas de datos. 3. Hacer transformaciones complejas de datos. 	<p>Presentar un informe El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Producir un informe oral u escrito claro de tareas sencillas. 2. Producir informes claros que incluyen representaciones simbólicas y datos bien organizados. 3. Producir informes claros de tareas exigentes.
<p>Diseñar investigaciones El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar el equipo y materiales adecuados para las investigaciones. 2. Sugerir secuencias de operaciones apropiadas para seguir durante las investigaciones. 3. Sugerir como las variables pueden ser controladas en las investigaciones. 4. Diseñar investigaciones en situaciones complejas. 	<p>Observar El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer observaciones relevantes de naturaleza general. 2. Hacer observaciones relevantes y detalladas. 3. Hacer observaciones relevantes de objetos o eventos que son más difíciles de notar. <p>Toma de datos El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recoger datos cuantitativos sencillos. 2. Recoger datos cuantitativos solicitados. 3. Recoger datos cuantitativos que implican un pequeño o rápido cambio de los ítems o eventos. 	<p>Obtener conclusiones El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer generalizaciones sencillas. 2. Identificar relaciones sencillas. 3. Identificar relaciones complejas. 4. Identificar los límites entre los cuales las conclusiones son válidas. <p>Aplicar conceptos El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dar explicaciones y hacer predicciones razonables derivadas de la experiencia directa. 2. Dar explicaciones y hacer predicciones razonables usando conceptos complejos. 4. Dar explicaciones y hacer predicciones razonables usando modelos teóricos. 	<p>Recibir información El alumno puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seguir instrucciones para tareas sencillas. 2. Extraer información de fuentes dadas. 3. Seguir instrucciones en tareas exigentes. 4. Seleccionar información de una variedad de fuentes complejas.

Figura 5. El plan OCEA. Formulación de Lock y Davies (1987).

En la evaluación en el *National Curriculum* los rendimientos de los alumnos se refieren y comparan a los *Attainment Targets*, que son los criterios que definen los logros que se pretende alcanzar. La evaluación es *continua* y *efectuado* por el profesor, que lleva un registro en fichas individuales, diario y semanal, en todos los aspectos del currículo. Asimismo se evalúa a través de *Standard Assessment Tasks*, evaluaciones organizadas por comisiones externas al Centro. Los resultados son registrados y comparados con la evaluación continua. Esto permite a los profesores comprobar que su trabajo está en consonancia con los estándares nacionales aprobados. En la evaluación continua los profesores toman datos de los trabajos escritos, de las respuestas de los alumnos a las preguntas y de la forma en que los estudiantes ejecutan las tareas prácticas, tanto individualmente como en grupo.

Los niveles alcanzados por cada alumno son registrados en función de cada uno de los *Attainment Targets*. No obstante, cuando los resultados se comunican a los padres, las calificaciones se reúnen en grupos como componentes de un *perfil*. En ciencias, el perfil consta de dos componentes y los padres reciben información acerca de cada uno de ellos. Los Centros serán capaces de informar a los padres acerca de los logros en cada uno de los *Attainment Targets*. Las propuestas de evaluación en el *National Curriculum*, según el Task Group on Assessment and Performance, deben confinarse a la valoración de los logros y no recomiendan intentar evaluar separadamente la noción subyacente de habilidad.

En la figura 6 se ilustra una aproximación al *Attainment Target 1* del *National Curriculum*. A modo de guía orientativa se puede decir que en ciencias los niveles 1-3 corresponden a alumnos de 5-7 años, del nivel 2 al 5 a 7-11 años, del nivel 3 al 7 a 11-14 años, y del 4 al 10 a 14-16 años. Muchos alumnos lograrán niveles más altos que los promediados anteriormente.

ATTAINMENT TARGET 1: EXPLORACION DE LA CIENCIA	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planificar, formular hipótesis y predecir. 2. Diseñar y ejecutar investigaciones 3. Interpretar resultados y hallazgos. 4. Obtener inferencias. 5. Comunicar las tareas de indagación y los experimentos.
NIVEL	STATEMENTS OF ATTAINMENT (Los alumnos deben:)
1	<ul style="list-style-type: none"> ■ Observar materiales y acontecimientos familiares en su ambiente inmediato usando sus sentidos. ■ Describir y comunicar sus observaciones, a través de hablar en grupos o por otros medios, dentro de su clase.
2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Preguntar cuestiones y sugerir ideas del tipo: <i>cómo, por qué y qué pasará si.</i> ■ Identificar simples diferencias, por ejemplo <i>caliente/frío, rugoso/liso.</i> ■ Usar medidas no estandard y estandard, por ejemplo <i>palmas y reglas.</i> ■ Listar y verificar observaciones. ■ Interpretar hallazgos asociando un factor con otro, por ejemplo <i>las percepciones de los alumnos a este nivel de que "los objetos ligeros flotan", "la madera delgada es flexible".</i> ■ Registrar hallazgos en gráficos, dibujos y otras formas apropiadas.
3	<ul style="list-style-type: none"> ■ Formular hipótesis, por ejemplo <i>esta pelota botará más alto que aquella.</i> ■ Identificar, y describir simples variables que cambian con el tiempo, por ejemplo <i>el crecimiento de una planta.</i> ■ Distinguir entre un test "correcto y otro "incorrecto". ■ Seleccionar y usar instrumentos sencillos para mejorar las observaciones, por ejemplo <i>un cronómetro o una lupa.</i> ■ Cuantificar variables, en forma apropiada, a la más cercana división etiquetada del instrumento de medida, por ejemplo <i>una regla.</i> ■ Registrar resultados experimentales, por ejemplo <i>en tablas y gráficos de barras.</i> ■ Interpretar observaciones en términos de una aseveración general, por ejemplo <i>cuanto más grande es el peso suspendido, más largo el muelle.</i> ■ Describir actividades ejecutadas secuenciando los rasgos más relevantes

NIVEL	STATEMENTS OF ATTAINMENT
7	<p>Planificar, diseñar y ejecutar, cumpliendo las normas de seguridad, una investigación completa recurriendo a su comprensión científica en este nivel para testar una hipótesis en la que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Identifican y manipulan dos variables independientes continuas y controlan otras variables. ■ Toman decisiones acerca del rango y número de variables independientes y seleccionan instrumentos apropiados para medir la variable dependiente. ■ Seleccionan los métodos apropiados para registrar datos. ■ Producen un informe sistemáticamente estructurado de una investigación completa y de los datos y nuevas ideas generadas. ■ En la comunicación de los resultados usan e interpretan con precisión nomenclatura científica, símbolos y convenciones.

Figura 6. La ciencia en el National Curriculum.

La moderación de las puntuaciones de las actividades prácticas puede venir modulada por distintas vías. Una de ellas consiste en la evaluación de los cuadernos de prácticas. Kingdon y Hartley (1980) proponen el uso de las siguientes categorías: *A. Dibujos*. 1. Completud de lo registrado en los dibujos. 2. Calidad de los dibujos del especimen entero y de los de las disecciones. 3. Calidad de los dibujos de estudios microscópicos. 4. Etiquetado y anotación de los dibujos. *B. Trabajo experimental de laboratorio*. 5. Completud del conjunto de los registros del curso. 6. Calidad de los métodos explicados. 7. Calidad de las observaciones y resultados registrados. 8. Calidad de las conclusiones y discusiones. *C. Trabajo de campo*. 9. Calidad de las descripciones de los objetivos y métodos. 10. Calidad de los resultados explicados. 11. Calidad de la discusión. Cada uno de los apartados se valora entre 0 y 9 puntos. En el caso de otorgar un cero es preciso explicar la razón de la calificación.

Las diversas posibilidades de evaluación a través de pruebas tradicionales, pruebas objetivas, exámenes escritos u orales, o por medio de mapas de conceptos o técnicas V (Novak y Gowin, 1988), no son abordadas en este artículo cuyo núcleo de desarrollo es la valoración de las facetas que necesariamente deben ser evaluadas como consecuencia de un trabajo práctico. En todo caso conviene no omitir la relevancia que otorgan Moreira y Novak (1988) a los mapas conceptuales y a los diagramas V como respuestas prometedoras a la evaluación de las capacidades de análisis, síntesis y evaluación. Asimismo entienden que el uso y refinamiento de la entrevista clínica piagetiana es un buen método de evaluación. Finalmente valoran la eficacia del uso de las estrategias de grabación en vídeo para la evaluación de la enseñanza. Por otra parte, debido a su interés y complejidad, el análisis de la evaluación de las actitudes y otras características afectivas será motivo de un próximo artículo, y ello a pesar de la circunstancia de que a menudo se produce un solapamiento entre las cualidades cognitivas y las afectivas que las hace, prácticamente, inextricables. El trabajo de investigación con la práctica de las habilidades científicas ofrece un contexto propicio para la toma de conciencia de los principios que orientan el propio pensamiento y de que estos pueden precisar cambios (Driver, 1986). Tochon (1991) señala

el interés y la dificultad de la evaluación de la metacognición, dimensión que será abordada en el decurso de una ulterior discusión en una distinta situación.

En general se entiende como situación deseable el que sea el profesor el que adapte al contexto de su propia aula el modelo que valore como viable, válido, fiable y más eficiente.

4. DISCUSION. LA EVALUACION DE LOS RESULTADOS O/Y DE LOS PROCESOS

En general, en la evaluación de las actividades prácticas se ha venido tomando como referencia los resultados obtenidos por los alumnos, más que los procesos de investigación a través de los cuales se alcanzan los resultados. Diversos autores (Kempa, 1986) entienden que la correlación entre la evaluación de los resultados y la procedente de la evaluación de los procesos es muy baja y, que por tanto, controlan factores distintos, consiguientemente se plantea la cuestión de decidir la opción que resulta más conveniente.

4.1. Criterios de evaluación basados en los resultados

En la evaluación de los resultados de carácter *cuantitativo* el criterio se concreta en un valor que es considerado el correcto. Las calificaciones se otorgan en función de la proximidad o distancia del resultado obtenido en relación al valor tomado por exacto. Numerosas actividades de observación implican juicios de carácter *cualitativo*. Los alumnos perciben o no una determinada característica, en este caso los ejercicios pueden establecer un número de observaciones a realizar o no precisarlo. Un caso del primer supuesto puede ser el dados cinco renacuajos en distintas fases de desarrollo señalar cinco diferencias y cinco similitudes. Para considerar una similitud o diferencia bien señalada la respuesta debe ser razonada. En la puntuación se puede otorgar un punto por cada una de las similitudes y diferencias percibidas correctamente. Si la actividad no predefine el número de observaciones que requiere el ejercicio, queda acentuada la tendencia a que el estudiante, además de las insuficiencias por omisión, produzca errores por ilusión, observación de lo ausente.

4.2. Criterios de evaluación basados en los procesos

En función del nivel de generalización de los criterios la evaluación puede adoptar un carácter más operacionalizado o menos. En el caso de las destrezas manipulativas una opción es establecer unas categorías y otorgar una puntuación a cada una de ellas (Figura 4). Desde el planteamiento anterior en un continuo de formas intermedias se llega hasta una lista de chequeo operacionalizada en la que se especifica con un sí o un no la ejecución correcta o no de una operación. La evaluación con criterios operativizados permite resultados más fiables, si bien demanda mayor tiempo de trabajo al profesor. En una práctica de observación de las células del interior de la mejilla o de la epidermis de una hoja, los criterios en formato operativizado podrían ser expresados en una forma aproximada al formato que sigue: (A). *Uso del microscopio*. 1. Dispone el espejo convenientemente para reflejar la luz a la preparación. 2. Selecciona el objetivo de menor aumento. 3. Sitúa la preparación en la platina con el espécimen a examinar en el centro, sujetando la preparación con los clips. 4. Mira desde un lado al microscopio y gira el tornillo de enfoque, acercando el objetivo a la preparación. 5. Observa a través del ocular y enfoca alejando el objetivo de

la preparación. El proceso proseguiría con el control en forma operativa de la realización de una (B) *Preparación temporal*, así como del resto de fases que se programen.

Del análisis del anterior procedimiento diáfano se visualiza que con el precitado sistema los profesores quedan informados con detalle acerca de lo que el alumno conoce y lo que desconoce, lo que le facilita tomar las decisiones de intervención más eficientes. Menos evidente resulta el hecho de que este modelo no resulta un control más exigente que la calificación de tipo impresionista, ya que a través de la lista de chequeo se detectan muchas facetas positivas del trabajo, mientras que con una percepción global el profesor tiende a focalizar su atención en las operaciones defectuosas.

4.3. Criterios de evaluación basados en los procesos y en los resultados

Partiendo de un supuesto concreto, por ejemplo, una investigación acerca de la respuesta de las cochinillas de humedad a la luz y humedad los criterios de evaluación pueden incluir *procesos* -construcción del aparato de acuerdo con las instrucciones, manipulación de los animales y otros muchos- y además es posible valorar los *resultados* -numéricos o no, la interpretación estadística de los mismos, si procede, etcétera. Esta fórmula de síntesis define un norte hacia el que orientar el proyecto evaluativo.

5. CONCLUSIONES

Rodríguez Diéguez (1991) define un espacio evaluativo cuyos ejes suman las propensiones básicas que dan referencia a las variables que centran la investigación didáctica y la práctica evaluativa en este momento. El eje *referencia estadística/referencia al criterio se extiende* entre la evaluación en función de la comparación de los logros de los alumnos entre sí, hasta la calificación en función de un criterio predefinido. La información que aporta la evaluación con referencia al criterio hace posible conocer concretamente lo que un alumno sabe o desconoce y a partir de estos datos intervenir con la máxima eficiencia y además, tendiendo a generar unas relaciones más cooperativas y menos competitivas. Un segundo eje se mueve entre la evaluación con *toma de decisiones/ausencia de toma de decisiones*, la intención primera en la enseñanza debe ser la búsqueda de un sistema de evaluación que cumpla la misión de orientar el proceso formativo de los alumnos. Ulteriormente el autor precitado enuncia el eje *medida/estimación* que enmarca la discusión, de difícil fin, entre evaluación *cuantitativa/cualitativa*. La discusión debe resolverse no a través de la disyunción, sino por la búsqueda de la conjunción sinérgica entre las dos dimensiones.

La emergencia de nuevos modelos de evaluación de las ciencias es una necesidad crítica. Una mejora fundamental en la enseñanza de las ciencias no puede ocurrir sin la conceptualización de la ciencia en más dominios y sin desarrollar y utilizar instrumentos de evaluación en cada dominio. (Yager y McCormack, 1989). A pesar de que muchos profesores argumentan que una puntuación global dada en forma impresionista del trabajo práctico es un sistema adecuado y que cualquier otro método es demasiado complejo y consume exceso de tiempo, el establecer criterios y niveles de logro aumenta la validez y fiabilidad de las calificaciones. A pesar de los problemas, del trabajo extra y del consumo de tiempo la evaluación criterial supera sus desventajas. Frente a una nota global impresionista, la evaluación a través de un proceso operativizado aumenta la fiabilidad. La superioridad de la evaluación criterial se acrecienta cuando la información comunicada a los

padres responde a un perfil, que diferencia los rendimientos de los alumnos en sus distintos componentes, lo que, en forma ideal, es deseable venga expresado a través de datos cuantitativos y descripciones cualitativas.

Existen diversos tests estandard para evaluar los procesos y algunos currículos tienen sus propios instrumentos de evaluación como *Science - A Process Approach*, no obstante los intentos para medir los procesos son más eficientes cuando los desarrolla el propio profesor para una clase concreta (Yager y McCormack, 1989). El plan de evaluación debe ser lo suficientemente flexible para permitir al profesor diseñar su propio método de evaluación. La calificación detallada de actividades concretas es apropiada, pero en ciertas ocasiones, la puntuación en forma impresionista puede venir impuesta por el contexto (Sands, 1982). En la aplicación de los nuevos currículos en este País el profesor es el que debe tomar las decisiones que valora como más eficientes y efectivas, y la sociedad debe aportar los medios materiales y humanos que las hagan posibles.

En síntesis, el próximo escenario de la evaluación debe proporcionar una evaluación para todos los alumnos, con un enfoque múltiple en sus propósitos y un incremento del número de cualidades y contextos evaluados, holística. Basada en los procesos de la ciencia y referida a criterios como medio para identificar los logros de los estudiantes. Continua y formativa en el sentido de proveer diagnóstico y potencial feedback a los alumnos y a los profesores. Desarrollada por el profesor y con aplicación externa de tests estandard. Descriptiva. Estimulante de la autoevaluación, lo que acrecienta la revisión de la calidad del trabajo ejecutado (Lock y Wheatley, 1989). Y, en suma, dinámica, fluida, funcional, innovativa, adaptada a las potencialidades de interacción consecuencia de la evolución de las más recientes tecnologías electrónicas y de microprocesación y al cambio social. La capacidad de interacción e implicación del ordenador está revolucionando la enseñanza de las ciencias y es de esperar que el diseño instruccional de segunda generación producirá innovaciones en la evaluación que posibilitarán un efectivo conocimiento de las dimensiones del campo evaluativo en forma rápida, con menos consumo de tiempo y con carácter más fiable y versátil.

La evaluación como parte de la educación debe promover el aprendizaje y las oportunidades, en vez de clasificar a los alumnos en roles sociales y dirigirlos a un nicho apropiado (Brown, 1990). El modelo evaluativo con capacidad de adaptación propuesto aquí facilita, además, el ejercicio real del derecho de los alumnos a una valoración justa de sus rendimientos, convirtiendo en realidad la potencialidad de efectuar las reclamaciones argumentadas que entiendan justas y pudiendo éstas ser resueltas de acuerdo con las referencias criterios establecidas. Es legítimo confiar en que, además, el nuevo escenario evaluativo consiga aminorar, con criterios realísticos, el fracaso escolar, cuyas graves consecuencias en los alumnos pueden llegar a alcanzar hasta lo que metafóricamente podría denominarse suicidio neuronal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALONSO, M.; GIL, D. y MARTINEZ, J. (1989): "Análisis de las pruebas de evaluación habituales en las clases de física desde las concepciones actuales sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias". *Enseñanza de las ciencias. III Congreso. Tomo 1*, 123-124.
- APU (1984): *Science in Schools: Age 15 No. 2*. Department of Educational and Science. London.
- APU (1986): *Science in Schools. Age 15. Repor nº 4*. Department of Education.

- AUSUBEL, D.P. (1968): *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, New York.
- BENNETT, R. & HAMILTON, M. (1981): "The use of techniques of sensory evaluation as a framework for teaching experimental methods". *Journal of Biological Education* 15 (4), 270-274.
- BLOOM, B.S.; HASTINGS, J.T. & MADAUS, G.F. (1971): *Handbook of formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill, New York.
- BONNET, R.L. & KEEN, D. (1990): *Computers. 49 Science Projects*. Tab Books, USA.
- BOURASSA, M. et LEBLANC, R. (1991): "Re-vision de l'évaluation: une démarche fonctionnelle et dynamique". *Mesure et évaluation en éducation* 13 (4), 23-47.
- BROWN, H.I. (1977): *Perception and Commitment. The New Philosophy of Science*. Precedent Publishing, Inc. Chicago.
- BROWN, J. (1990): "Assesment: A hanging practice". En T. Horton (Ed.) *Assessment Debates*. The Open University. Horder & Stoughton.
- BROWN, J.; COOPER, A.; HORTON, T.; TOATES, F. & ZELDIN, D. (Eds.) (1986): *Science in schools*. Milton Keynes, Philadelphia.
- COLE, M. (1981): *The zone of proximal development: where culture and cognition create each other*. CHIP Report 106, Laboratory of Comparative Human Cognition. University of California. San Diego. Reproducido en *Infancia y Aprendizaje* 25, 3-17.
- DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE (1985): *General Certificate of Secondary Education. The National Criteria: Science*. HMSO, London.
- DEPARTAMENT OF EDUCATION AND SCIENCE (1989): *Science in the National Curriculum*. HMSO, London.
- DRIVER, R. (1986): "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". *Enseñanza de las ciencias* 4 (1), 3-15.
- ECO, U. (1992): "El semiólogo y la historia". *Claves de razón práctica* 22, 52-54.
- FEYRABEND, P. (1976): *Against Method*. NLN, London.
- GAGNE, R.M. (1970): *The conditions of learning*. Holt, Rinehart & Winston, New York.
- GELI DE CIURANA, A.M. (1986): *L'avaluació de la biologia a la segona etapa d'egb*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- GOTT, R. & WELFORD, G. (1987): "The assesment of observation in science". *SSR* 244 (87), 217-227.
- HANSON, N.R. (1958): *Patterns of discovery*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HORTON, T. (Ed.) (1990): *Assessment debates*. The Open University, Horder & Stoughton.
- HURD, P. (1991): "Issues in linking research to science teaching". *Science Education* 75 (6), 723-732.
- JIMENEZ, A.M. (1985): *Evaluación de la enseñanza de la química al término de la EGB en el distrito universitario de Málaga*. Tesis de Licenciatura.
- JUNGWIRTH, E. & DREYFUS, A. (1990): "Diagnosing the attainment of basic enquiry skills: the 100-year old quest for critical thinking". *Journal of Biological Education* 24 (1), 42-29.
- KINGDON, J.M. & HARTLEY, D.J. (1989): "Teacher assessment of A-level biology practical notebooks -the development of a system of moderation". *Journal of Biological Education* 14 (3), 245-256.
- KLOPFER, L. (1971): "Evaluation of learning in science". In B.S. Bloom, J.T. Hastings and G.F. Madaus (Eds.). *Handbook of formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill, New York.
- KUHN, T.S. (1970): *The structure of scientific revolutions*. Chicago University Press, Chicago.
- LAKATOS, I. (1974): *Historia de la ciencia*. Tecnos, Madrid.
- LAKATOS, I. (1976): *Proofs and refutations - The Logic of Mathematical Discovery*. Cambridge University Press.
- LOCK, R. & DAVIES, V. (1987): "Assessing practical work in biology using the OCEA scheme". *Journal of Biological Education* 21 (4), 275-280.
- LOCK, R. & WHEATLEY, T. (1989): "Recording process skills and criterion assessments-student systems". *SSR* 71 (255), 145-150.
- MELZACK, R. (1992): "Phantom limbs". *Scientific American*. April 90-96.
- MOREIRA, M.A. y NOVAK, J.D. (1988): "Investigación en enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell. Esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordos metodológicos". *Enseñanza de las ciencias* 6 (1), 3-18.
- NOVAK, J.D. GOWIN, D.B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Martínez Roca, Barcelona.
- NUFFIELD, (1972): *Biología* (4 vol.). Omega, Barcelona.
- NUFFIELD, (1973): *Ciencia Combinada Nuffield. Actividad 1-10*. Reverte, Barcelona.
- NUFFIELD, (1976): *Revised Nuffield Biology*. Longman Group Limited, London.
- NUFFIELD 11-13 SCIENCE (1987): *How Science is Used*. Longman Group Limited, London.
- PEAT, G. (1988): "GCSE coursework assessment: a year of problem solving". *Journal of Biological Education* 22 (4), 252-254.
- PELLA, M.D. (1961): "The laboratory and science teaching". *The Science Teacher* 28, 20-31.
- PIAGET, J. e INHIEDER, B. (1969): *Psicología del niño*. Morata, Madrid.

- POPPER, K.R. (1962): *La lógica de la investigación científica*. Tecnos, Madrid.
- SCHOOLS COUNCIL SCIENCE 5-13 (1972): *With objectives in mind*. Macdonald Educational, London.
- SANDS, M.K. (1982): "Problems raised by teachers when implementing a scheme of internal assessment of practical work". *Journal of Biological Education* 16 (2), 131-134.
- SAULEDA, N. y MARTINEZ, R., M.A. (1991): "La evaluación de las asignaturas experimentales en el escenario universitario". *Congreso Internacional de Formación Pedagógica del Profesorado Universitario y Calidad de la Educación*. Servei de Formació Permanent. Universidad de Valencia. Comunicación oral.
- SWAIN, J.R.L. (1989): "The development of a framework for the assessment of process skills in a Graded Assessments in Science Project". *Int. J. Sci. Educ.* 11 (3), 251-259.
- TAMIR, P. (1984): "Inquiry oriented practical laboratory tests". *The Australian Science Teachers Journal* 30 (2), 43-52.
- TAMIR, P. (1989): "Some issues related to the use of justifications to multiple-choice answers". *Journal of Biological Education* 23 (4), 285-192.
- TAMIR, P. (1991): "Practical work in school science: an analysis of current practice". En Woolnought (Ed.) *Practical Science*, Open University Press. Milton Keynes, Philadelphia.
- TAMIR, P.; NUSSINOVITZ, R. & FIEDLER, Y. (1982): "The design and use of a Practical Tests Assessment Inventory". *Journal of Biological Education* 16 (1), 42-50.
- TOCHON, F.V. (1991): "L'évaluation métacognitive: une évaluation d'apprentissage". *Mesure et évaluation en éducation*, 13 (3), 35-54.
- TOULMIN, S. (1972): *Human understanding*. Princeton University Press, Princeton.
- VIGOTSKY, L.S. (1979): *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica, Barcelona.
- WOOLNOUGHT, B. (Ed.) (1991): *Practical Science. The role and reality of practical work in school science*. Open University Press. Milton Keynes, Philadelphia.
- YAGER, R.E. (1991): "The centrality of practical work in the science/technology/society movement". En Woolnought (Ed.) *Practical Science*, Open University Press. Milton Keynes, Philadelphia.
- YAGER, R.E. & McCormack, A.J. (1989): "Assessing teaching/learning successes in multiple domains of science and science education". *Science Education* 73 (1), 45-58.