

# *Reflexiones sobre los laboratorios en la enseñanza media*

Jacinto MARTÍNEZ BALDÓ\*

## **Introducción**

En nuestra experiencia como docentes, muchas veces nos hemos encontrado con críticas provenientes de diversos sectores relacionados con el mundo de la educación —compañeros, padres, alumnos...—, que inciden sobre la enseñanza excesivamente teórica de las Ciencias, lo que implica una aceptación por parte de los alumnos de una serie de dogmas que están apoyados exclusivamente en la autoridad del profesor, lo que puede llevar fácilmente a la transformación de las asignaturas científicas en meramente descriptivas y memorísticas.

Los razonamientos clásicos de falta de material, tiempo, número de alumnos demasiado elevado, ausencia de ayudantes cualificados... —con gran parte de razón en muchos casos—, son sustituidos a veces por una utilización rutinaria del laboratorio, donde se realizan experiencias de comprobación y donde los alumnos siguen unos pasos preestablecidos para llegar a las mismas conclusiones previstas de siempre. Esta forma de utilización del laboratorio, evidentemente, impide el que a tales docentes se les acuse de falta de interés o de poco uso de los mismos, pero el hecho significativo es que esta forma de utilización suele ser tan poco formativa como una clase expositiva y magistral.

El laboratorio debe utilizarse como elemento esencial en un nuevo enfoque de la enseñanza: más participativa, individualizada y activa; donde se fomente las dotes de observación, desarrollando el espíritu investigador y crítico, donde el método científico sea una herramienta de trabajo cotidiana.

---

\* Catedrático de ciencias naturales en el I. B. mixto de Canals (Valencia).

## Tipos de laboratorio

Una clasificación amplia de los laboratorios presenta dos grupos bastante diferenciados: a) *laboratorio de investigación*, que suele estar totalmente condicionado por la naturaleza particular de la actividad a realizar y donde es muy difícil determinar las necesidades de espacio y equipamiento antes de desarrollar un programa concreto, b) *laboratorio de enseñanza*, donde deben desarrollarse ciclos didácticos repetibles, cuya duración en algunos casos debe ser limitada y controlada y que será utilizado sucesivamente por grupos pertenecientes a cursos distintos. Podemos distinguir en éste dos modalidades principales de utilización: b<sub>1</sub>) *método de comprobación*, basado en el seguimiento fiel de los guiones de prácticas que llevan a la observación de fenómenos o a la comprobación de aspectos ya estudiados. Así se pretende conseguir: desarrollo de destrezas de laboratorio, desarrollo de hábitos de trabajo en equipo, comprobación experimental de leyes, desarrollo de hábitos de orden y limpieza...; b<sub>2</sub>) *método de investigación*, intenta que los alumnos desarrollen destrezas y operaciones mentales como si fuesen científicos creativos. En esta modalidad se puede trabajar en varios niveles: en el más sencillo, se formulan problemas y se describen medios y procedimientos. En el más complejo para los alumnos y a su vez más difícil de poner en práctica, se dejan abiertos tanto los problemas como los medios y métodos.

Debemos mencionar una modalidad interesante en el caso de la enseñanza secundaria: las *aulas-laboratorio*. Su objetivo consiste en integrar de la forma más completa la enseñanza teórica y la enseñanza práctica, consideradas como dos fases inseparables de un mismo proceso de enseñanza-aprendizaje y al mismo tiempo eliminar el criterio extendido entre muchos alumnos que asigna a los trabajos de laboratorio un papel auxiliar y paralelo al desarrollo de las clases teóricas.

## Haciendo un poco de historia

Existe muy poca documentación sobre los edificios usados con fines científicos antes del siglo XVII. Es seguro que mucho antes existieron lugares donde se realizaron estos presupuestos: sitios que datan del siglo IV a. de C., donde se hacían aleaciones que se asemejaban a metales preciosos, tintes coloristas... A partir de la mitad del siglo XIII, comenzaron los estudios prácticos de Anatomía y para ello se habilitaron lugares adecuados. El proyecto más antiguo conocido sobre el diseño de un laboratorio fue publicado en el libro *Alquimia* de Andrea Livavius, en 1606. Tras la fundación de la Royal Society se llegó a un desarrollo más rápido de los laboratorios en sentido estricto, que llegó hasta el siglo XIX. Se construyeron laboratorios en universidades alemanas a partir del año 1682, en el que se realizó el de Aldorf; a esta línea de desarrollo en el siglo XVIII debemos el laboratorio arquetípico con bancos y estantes; fue construido bajo las directrices de Liebig en Giessen, donde fundó la primera escuela real para la realización de química práctica, tras su vuelta de París, en 1824. Aquí por primera vez se equiparon los laboratorios con armarios, cajones, estantes en la parte superior para colocar los reactivos, habitaciones especiales para fabricar elementos de vidrio, etc.

La falta de un progreso similar en Francia llevó a Pasteur a escribir una famosa argumentación que podría muy bien ser suscrita por muchos científicos actuales: «... es en los laboratorios donde la humanidad se desarrolla mejor, más fuerte: allí puede aprender a interpretar los trabajos de la Naturaleza, trabajos de progreso y armonía universal, ya que los propios de la humanidad son con demasiada frecuencia aquellos relacionados con la barbarie, el fanatismo y la destrucción».

Los laboratorios de los primeros años del siglo XX ofrecen poco interés, ya que normalmente se hicieron adaptaciones con soluciones tradicionales. No es hasta la mitad de los años treinta, cuando los problemas inherentes al diseño de laboratorios se independizaron de aquellos pertenecientes a otros campos y siguieron un desarrollo rápido. Destaca el construido por Chermayeff en Blackley, que contenía el germen de un número de ideas sobre laboratorios que posteriormente se desarrollaron en Estados Unidos en los años cuarenta y en Inglaterra en los cincuenta. Chermayeff programaba los planes generales basándose en el espacio necesitado por cada trabajador considerado individualmente. Los bancos de trabajo se situaban formando ángulo recto con las paredes laterales, con lo que se facilitaba la disposición de los servicios, que estaban situados en conductos subterráneos (figura 1).

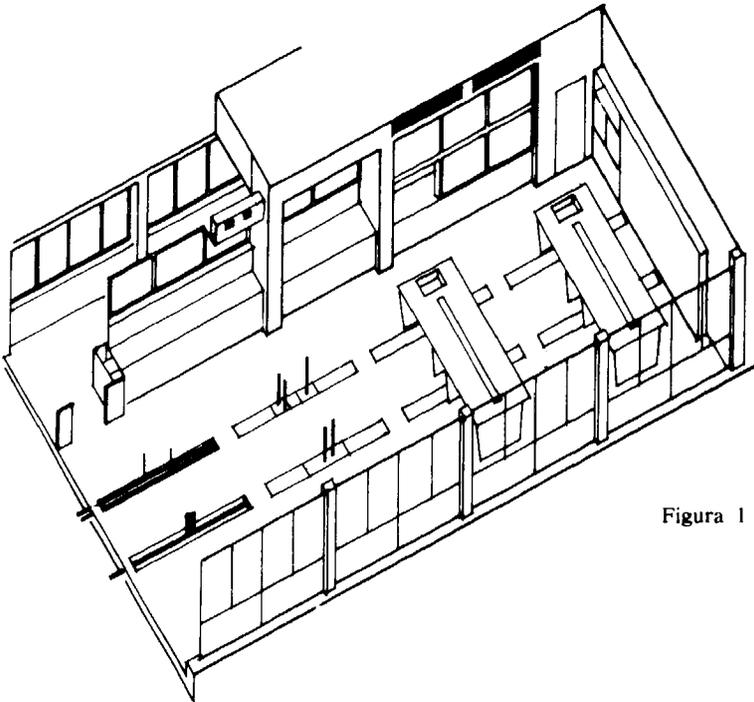


Figura 1

El desarrollo subsecuente americano se puede observar en los laboratorios de la Bell Telephone C., diseñado por Voorhees, Walker, Foley y Smith en 1941. Los servicios se conducen por las paredes laterales, en oposición a la solución aceptada por Chermayeff (figura 2).

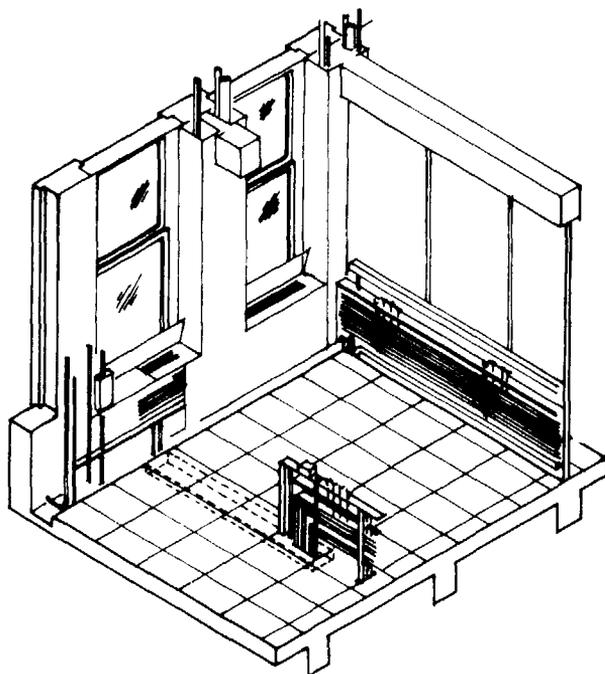
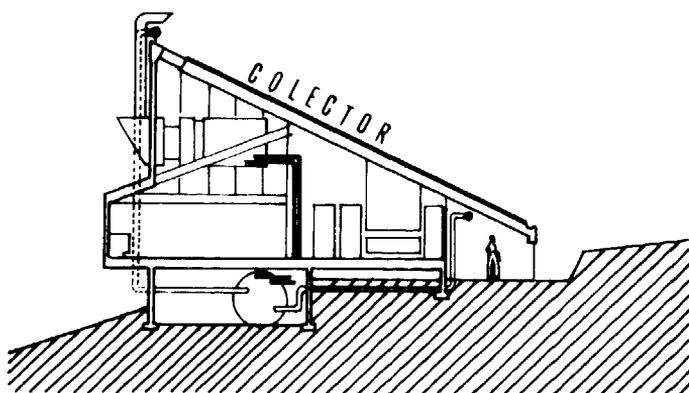


Figura 2

De la misma época datan los laboratorios LMS en Derby, donde para aumentar la flexibilidad se situaron paredes desmontables entre las diferentes zonas. Esta idea fue desarrollada por E. D. Jefferis, quien situó un entramado que le permitía situar paredes internas desmontables en cualquier lugar y a una distancia mínima de 1,20 metros.

Otra corriente desarrollada en los Estados Unidos, distribuía los servicios a partir de paredes externas, realizaron estudios muy precisos sobre las condiciones de iluminación, lo que permitió incrementar las salas en profundidad, tomaron en consideración las necesidades de cada trabajador y la facilidad de instalación y mantenimiento de los servicios. Todas estas propuestas fueron estudiadas y desarrolladas por la división de arquitectura de la Fundación Nuffield, y tuvieron una gran influencia en los edificios de los años sesenta. A partir de este punto, todos los proyectos hacían referencia a la distribución de los servicios de manera horizontal —por el suelo o por el techo— o mediante conductos verticales.

El futuro de los laboratorios es incierto: están designados para acomodar actividades que a menudo no pueden realizarse en ningún otro lugar. Parece demasiado fácil el sugerir que en un mundo en continuo cambio, no deben diseñarse de tal forma que puedan impedir su posible uso futuro para un tipo de actividad que sea mucho más —o mucho menos— especializada. Un ejemplo de adaptación a la situación actual lo encontramos en el edificio de Ciencias de la escuela secundaria Madeira en Greenway (Virginia). El edificio está aislado del bloque principal, evitando así posibles interferencias en el desarrollo de la labor docente, teniendo el techo totalmente inclinado y cubierto de paneles solares —utilización de nuevas fuentes de energía— (figura 3). Por otra parte, el diseño de los interiores —tan descuidado hasta ahora— ofrece incluso más posibilidades de mejora y evolución, y es este campo donde los docentes —conocedores de las necesidades didácticas y pedagógicas— tenemos una opción muy importante en los proyectos de nuevos laboratorios o en las readaptaciones de los mismos.



### Los docentes y la construcción escolar

Casi todos los tratados sobre laboratorios y su fase de planificación y construcción realizados por docentes e incluso arquitectos critican la falta de un proceso de participación de los primeros en la concepción de los mismos. Normalmente los profesores no son consultados en ningún estudio previo, y sólo se ponen en contacto con las realizaciones una vez han concluido. Ejemplos recientes como las Jornadas de Arquitectura escolar constituyen ejemplos aislados y no por ello menos significativos. En ellas se ha determinado la necesidad de planificar correctamente los locales dada la tendencia hacia una mayor permanencia de los profesores en los Centros y hacia una formación integral de los alumnos, lo que implica una mejora en las dotaciones a la enseñanza (laboratorios, material didáctico...), una mayor y mejor

utilización de los medios audiovisuales, etc. Por otra parte, la crítica a los elementos que integran los proyectos actuales —calefacción, ventilación, fontanería, carpintería, seguridad, acabados...—, que sitúa a los docentes como verdaderos expertos en la búsqueda de soluciones, hace que consideremos necesaria la presencia de los profesores en todos los proyectos de construcción escolar.

La participación en algunas fases de la construcción escolar debe considerarse como uno de los instrumentos de que disponen los enseñantes para realizar sus objetivos pedagógicos. Diferentes ejemplos en varios países han demostrado cómo, en muchos casos, los enseñantes han encontrado soluciones constructivas e ingeniosas a los problemas de adaptación de edificios viejos o en la realización de nuevos. Para estimular las iniciativas por parte de los profesores es necesario que éstos participen en los procesos de concepción y consulta.

Podemos señalar varios puntos de participación de los enseñantes en la construcción escolar:

a) Participación en la adaptación de los edificios construidos, con la finalidad de realizar los nuevos objetivos pedagógicos.

b) Participación como miembros activos en los equipos para la programación y utilización de las construcciones nuevas:

- En las fases de programación y construcción.
- Equipamiento y amueblado.
- En la iniciación a la utilización de la planificación continua.

c) Participación en los trabajos de desarrollo y mejora de la construcción escolar.

d) Formación de los enseñantes hacia la utilización de la construcción escolar como un constituyente más de su labor docente, pudiendo asumir las siguientes funciones:

- Definir los problemas ligados a la realización de los objetivos pedagógicos.
- Trabajar de tal forma que la metodología permita traducir los objetivos en modelos pedagógicos y consiguientemente en necesidades de las instalaciones.
- Intervenir en el proceso de retroacción a través de una crítica constructiva de las soluciones de concepción.

## **Los enseñantes y los laboratorios**

Los laboratorios son una muestra clara de las contradicciones que existen entre los diseñadores y usuarios y que surgen de los sistemas rígidos de clasificación de los espacios construidos y de las actividades para los que han sido proyectados. La palabra «laboratorio» implica un lugar en el que por virtud de una provisión más extensiva de servicios, es capaz de desarrollar unas escalas de actividad de un rango más amplio en el tiempo y en el

espacio. Por eso, no es de extrañar que surja una referencia a la *flexibilidad* en la mayoría de las publicaciones sobre el tema. El planear un laboratorio en este contexto significa el proveer un espacio para un tipo de actividad que es extremadamente impredecible en sus evoluciones y precisa un planeamiento operacional bien definido; lo que implica el planear en base a la flexibilidad y al crecimiento. Los laboratorios escolares son parte de un campo mucho más amplio de posibilidades para la trasmisión de la información. Los ciclos didácticos son repetibles y debe lograrse un aprovechamiento máximo, gracias a la rotación de los alumnos, lo que plantea un problema técnico de *circulación y distribución*. En la mayor parte de los casos, la similitud relativa en el tiempo de las operaciones o trabajos a realizar no requiere unos espacios superflexibles, dado que suponemos que existe un control de los métodos y contenidos para lograr un desarrollo controlado en el tiempo. Por otra parte, es imposible determinar cuáles serán las necesidades de espacio y equipamiento a medida que los proyectos se desarrollan, por lo que será necesario evitar todo diseño que implique la existencia de muchas zonas invariables y fijas —esto hace que, a menudo, el tema de la flexibilidad esté directamente transmitido al problema del equipamiento interior y amueblado—. Deberán estar lo suficientemente aislados para poder trabajar en buenas condiciones de sonorización. El problema se complica con la aparición de la estructura técnica necesaria —conducciones de agua, gas, electricidad, etc.—. Así pues, existen un gran número de consideraciones que debemos tener en cuenta a la hora de planear un laboratorio: la necesidad de programar y repetir los ciclos didácticos, la consecución de una distribución idónea de los servicios y de las estructuras internas que facilite la circulación, el aislamiento, la flexibilidad...

Al margen de este tipo de factores, debemos observar el cumplimiento de una serie de normas que faciliten el desarrollo de nuestra labor didáctica:

- a) Todos los alumnos deben ser fácilmente accesibles al profesor.
- b) Los desplazamientos, tanto de los alumnos como del profesor, deben estar reducidos al mínimo.
- c) Todos los alumnos deben estar situados cerca de los materiales necesarios (armarios, fuentes de luz, gas...).
- d) El profesor debe ver a todos los alumnos y ser visto por todos.
- e) Las instalaciones de agua, gas y electricidad estarán controladas por llaves maestras, que estarán situadas al alcance del profesor.
- f) Las proporciones relativas al mobiliario y al espacio se mantendrán; el laboratorio tendrá una superficie aproximada de dos metros cuadrados por plaza ocupada o prevista.

### La búsqueda de soluciones

#### A) Modelos de laboratorio

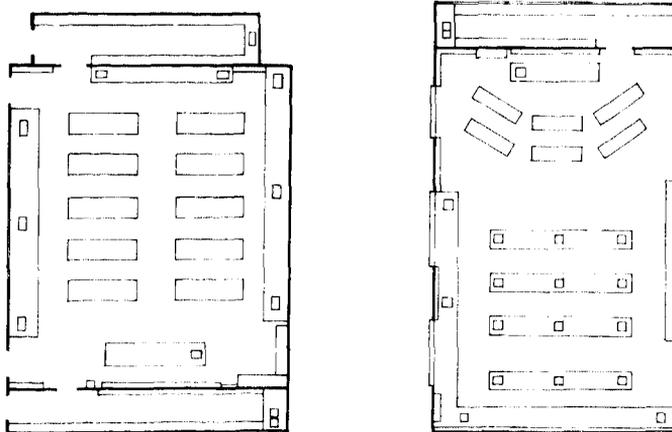
Como aportación particular al diseño de laboratorios —nuevos o readaptados—, y dentro del contexto participativo de los enseñantes en la planificación de las construcciones escolares, hemos realizado una serie de bocetos

que creemos pueden contribuir a la búsqueda de soluciones en algunos casos, así como de crítica constructiva a algunos ya existentes. Algunos modelos son utilizados actualmente en escuelas secundarias de Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, España, etc. y otros responden a diseños propios.

Tomando como referencia la situación en algún país, donde la tendencia general apunta hacia un aumento en el número de horas prácticas en las asignaturas de ciencias —en algunos cursos secundarios de Estados Unidos el número de clases teóricas debe ser igual al de clases prácticas realizadas en el laboratorio—, pensamos que los laboratorios deben adaptarse buscando la viabilidad de que esta posibilidad pueda realizarse. Por esa razón, pensamos que cada centro escolar presentará una problemática concreta, que de ninguna forma puede abordarse con soluciones estereotipadas o prefijadas, y siguiendo este criterio pretendemos apuntar datos que puedan servir de ayuda en un momento dado.

El intentar dar una visión global que pueda servir para los distintos laboratorios de ciencias hace que queden sin tratar algunos problemas muy importantes —las mesas que deben utilizarse para Química no deben ser iguales que las de Geología o Biología, ya que cada una debe estar adaptada en cuanto a resistencia a productos, facilidad de servicios... al trabajo concreto que deben soportar—, e incluso que los comentarios a cada modelo no sean muy extensos, pero nuestra intención ha sido el realizar un trabajo amplio; se necesitan posteriores trabajos específicos para abordar las soluciones a cada laboratorio en particular.

- Un modelo muy utilizado ha sido el correspondiente a las aulas-laboratorio clásicas (figura 4), donde las mesas con situación fija ocupan casi todo el espacio. Esta distribución implica dificultades de tránsito, y exige que los materiales de cada práctica se sitúen en armarios o cajones situados muy cerca de los alumnos. Las pilas de agua suelen



Figuras 4 y 5

situarse en los extremos de las mesas, con lo que se limita su accesibilidad.

- Una distribución similar, pero con mesas móviles asegura un aumento en la flexibilidad, pero obliga a situar los servicios en los bancos laterales o en el centro del pasillo, algo alejados de los alumnos.
- La tendencia actual hacia la disminución del número de alumnos por clase práctica —unos veinte alumnos o cuarenta con dos profesores—, posibilita la creación de un tipo de laboratorio donde aparecen dos zonas claramente definidas y susceptibles de ser separadas totalmente por una puerta plegable. La primera zona corresponde a un laboratorio —cuya disposición puede variar—, mientras que la segunda —próxima a la mesa del profesor— se asemeja a un aula con varias mesas móviles alrededor de la mesa de demostración —donde se pueden realizar experiencias de cátedra—; se logra así una utilización del espacio mucho mayor y mejor (figura 5).

La utilización de bloques centrales de servicio —con gas, pila central de agua y toma eléctrica— ha solucionado muchos problemas al intentar conseguir la máxima flexibilidad a pesar de ocupar estos bloques una posición fija —ya que lo contrario aumentaría considerablemente los costes de construcción— (figura 6). Estos bloques pueden distribuirse de la forma más conveniente por el laboratorio, aunque una vez decidido su lugar se mantendrá fijo. Esta solución permite que existan emplazamientos concretos y fácilmente accesibles de los materiales necesitados y exige que las mesas de los alumnos sean ligeras y transportables. Aparecen algunas variantes (figura 7):

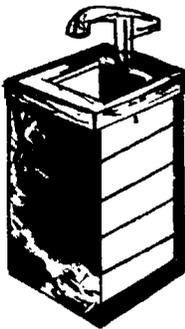


Figura 6

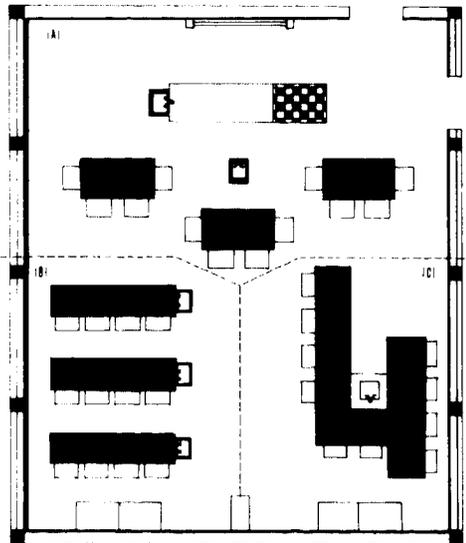


Figura 7

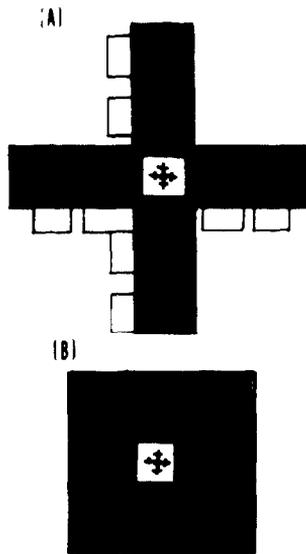


Figura 8

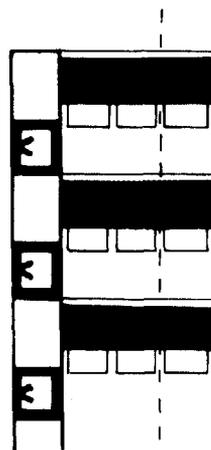


Figura 9

- En la señalada como (A) se ofrece una circulación muy buena, siempre que los alumnos no necesiten los bloques centrales con frecuencia, pues está muy alejados.
- La solución (B) presenta una distribución similar a las aulas-laboratorio con sus mismos problemas, pero con la ventaja de que las mesas pueden redistribuirse con facilidad.
- La distribución que aparece en (C) permite que casi todos los alumnos se sitúen cerca de los servicios del bloque central y que al mismo tiempo puedan tomar notas con facilidad o asistir a una proyección, dando un giro máximo de noventa grados algunos alumnos.
- Una variante de esta última distribución está representada por la figura 8. Los bloques centrales están rodeados por las mesas en disposición de cruz. Presenta las mismas ventajas que en el caso anterior (A), pero con la posibilidad de situar las mesas alrededor del bloque para facilitar la limpieza y conservación del conjunto.
- Un modelo utilizado en nuestro país es el que aparece en la figura 9, que representa una distribución típica de un laboratorio modular. Cada módulo puede ser ocupado por dos o tres personas, sirviendo la poyata —donde se ubican los servicios— como base fija estructural, disponiendo además de estantes para almacenar material. Presenta algún problema en cuanto a circulación —si cada módulo es ocupado por tres alumnos— y flexibilidad.

Al margen de estos modelos, consideramos muy necesaria la existencia de una sala de proyectos para trabajos individuales de los alumnos, que esté totalmente equipada como un pequeño laboratorio y que disponga de espacio suficiente para poder dejar alguna experiencia de manera semipermanente. Permite, de esta forma, la realización de prácticas de recuperación o el desarrollo de proyectos individuales creativos.

### **B) Utilización plena**

Existe un problema común a todos los laboratorios que consiste en el poco uso que se da a los mismos de acuerdo con sus posibilidades. Por lo que la búsqueda de la máxima utilización, con la consiguiente eliminación de los tiempos muertos y la facilidad para realizar el cambio de curso en el mínimo tiempo posible, aparece como una de las metas a conseguir.

Una solución a este problema viene dada en términos de distribución general, implicando un aumento del espacio destinado a zona de tránsito —corredores, zonas de espera...—, y también la disminución del tiempo necesario para cambiar de práctica —de tal forma que tras un curso de un nivel pueda comenzar otro curso de nivel distinto—, lo cual está íntimamente relacionado con la organización de un laboratorio y con un problema de gran importancia: el espacio destinado para almacenar y guardar los materiales. Una solución a este último problema consiste en disponer los materiales necesitados para cada práctica en bandejas señaladas, de tal forma que al terminar la práctica cada alumno o grupo de alumnos deja la bandeja en su lugar correspondiente, e incluso puede dejar en la mesa la bandeja que utilizará el curso siguiente.

En los últimos años se está desarrollando una tendencia hacia los laboratorios con zonas móviles, que ofrecen soluciones buenas a los problemas expuestos (figura 10). Se basan, por ejemplo, en la existencia de cilindros divididos longitudinalmente en varios compartimentos con estantes, estructura que se asemeja a una puerta giratoria con dos aberturas, una hacia el almacén y otra situada enfrente que da al laboratorio. En la sala de preparación o almacén, el profesor pone en el estante correspondiente a cada curso el material necesario para cada práctica. Los alumnos toman el material al comienzo y lo depositan al final en su lugar de origen. El curso siguiente gira la estructura 45 grados —si el cilindro está dividido en cuatro partes—, y aparecerá el material que necesiten. Este procedimiento permite preparar prácticas con antelación para cuatro o más cursos del mismo o diferente nivel y facilita, además, enormemente la recogida del material.

### **C) La seguridad en los laboratorios**

Constituye un tema de vital importancia, puesto que como resultado de las clases prácticas se puede producir una exposición por parte de los alumnos a cualquiera de los siguientes peligros: a) material de vidrio roto; b) fuego; c) explosiones; d) venenos y humos tóxicos; e) productos químicos; f) electricidad; g) materiales mal almacenados o conservados; h) eliminación inadecuada

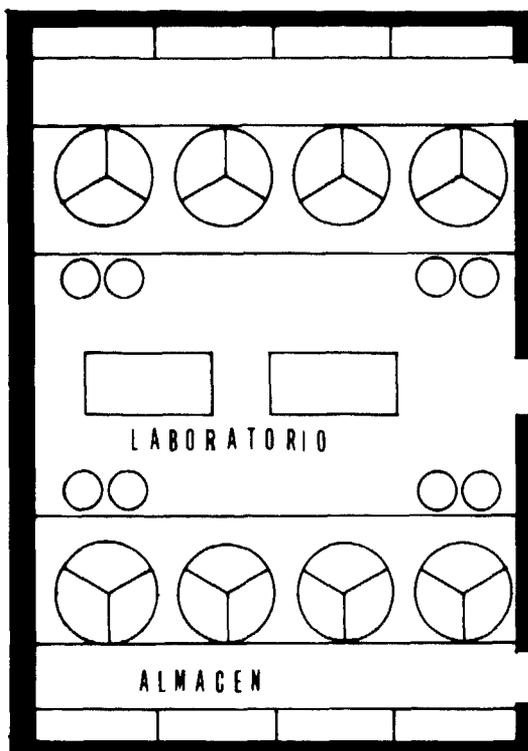


Figura 10

de residuos... Por todo ello, nos afirmamos en la necesidad de que el profesorado de asignaturas que utilicen laboratorios, reciba algún curso sobre primeros auxilios. También consideramos conveniente la situación en distintas zonas del laboratorio de carteles explicativos sobre la forma de actuar en caso de envenenamientos, intoxicaciones, quemaduras, incendios, cortes...

En algunos países existen normas de obligado cumplimiento en los laboratorios, cuya aplicación consideramos muy conveniente y precisa:

- el uso de gafas protectoras de plástico transparente y de una bata plastificada;
- la colocación en una zona de fácil acceso en el interior del laboratorio de una ducha que se pueda descargar con facilidad —por ejemplo, con una cadena—, de aplicación inmediata en caso de incendio de algún sueter, pelo...;
- disponer de una pila de agua de forma ovalada a una altura de unos 110 cm., con dos salidas de agua opuestas y formando un ángulo con la base de la pila de unos 45 grados, de tal forma que incidan directamente sobre los ojos y que ayuden a eliminar de éstos cualquier fragmento de roca, salpicadura de productos químicos, astillas...;

- botiquín de primeros auxilios que sea revisado y completado periódicamente;
- extintores revisados y en perfecto estado de funcionamiento;
- realizar una vez al trimestre como mínimo la salida ordenada del laboratorio de todos los alumnos como ensayo, por si se tuviese que realizar algún día ante una situación grave.

### **Conclusión**

La participación de los docentes en todos los procesos de materialización de los edificios escolares —antes, durante y tras su construcción— aparece como una necesidad básica y debemos considerarla como parte integrante del proceso formativo de los enseñantes. Esto es aplicable en mayor medida a los laboratorios, cuyo diseño interior debería formar parte de la programación general. Corresponde a los profesores el buscar soluciones que se adapten mejor a las necesidades pedagógicas y didácticas y discutir éstas con los arquitectos y constructores, siempre dentro de las características y peculiaridades de cada centro en particular. Posteriormente, la realización de críticas constructivas hace que todo el proceso se enmarque en una planificación continua y con la consiguiente retroacción.

La posibilidad de remodelar algún laboratorio en concreto, nos ha inducido a plantear algunas soluciones en cuanto al diseño interior y amueblamiento parcial de los laboratorios, pensando en la tendencia hacia el incremento en las horas dedicadas al trabajo en los laboratorios, así como en la mayor complejidad en las prácticas a realizar.

Hemos tratado aspectos tan importantes como la flexibilidad, distribución interior, circulación, aislamiento necesario, seguridad..., siempre con la idea básica de que este trabajo constituye sólo una aproximación a la problemática de los laboratorios escolares. Cada laboratorio distinto —Física, Química, Biología, Geología— presenta unas características específicas que requieren un estudio especial como: necesidades concretas —centrifugadora, nevera, autoclave...—, proveedores de material, condiciones de iluminación, ventilación, almacén...

El planteamiento sobre la utilidad real de los elementos educativos utilizados, su revisión y crítica y la búsqueda de nuevas soluciones adaptadas a las necesidades que van apareciendo, deben constituir una parte de la labor cotidiana de los enseñantes, con vistas a la mejora del sistema educativo.

### **Nota:**

Quiero mostrar mi gratitud a Eduardo Nagore Senent, Inspector de Bachillerato del Distrito de Valencia, por su ayuda en la realización de este trabajo.

## Bibliografía

- CLARK, L., y STARR, I.: *Secondary school teaching methods*, New York, Macmillan Publishing C., 1976.
- CUELLO, J., y otros: *Prácticas de Biología*, Barcelona, Ed. Fontalba, 1978.
- FERNÁNDEZ, E.: *Estructura y didáctica de las Ciencias*, Madrid, Servicio de publicaciones del M.E., 1979.
- Jornadas de arquitectura escolar*, Rev. Profesionales y empresas, número 69, Madrid, octubre-diciembre, 1981.
- LÁZARO, I.: «Reflexiones históricas sobre didáctica de la Ciencia», *Rev. de Bachillerato*, número 16, Madrid, octubre-diciembre, 1980.
- MARTÍNEZ, P.: «Enseñanza de las Ciencias en el grado Medio», Publicaciones de la revista *Enseñanza Media*, Madrid, 1964.
- MOORE, A.: *Sunny side up: Madeira Science building*, Progressive Architecture, Westwood, número 2, febrero 1976.
- MUSGROVE, J.: *Laboratories*, Architectural Design, número 43, London, noviembre 1973.
- PEB, I.: *La construction scolaire: Aujourd'hui et demain*, Organisation de cooperation et de developpement economiques, París, mayo 1973.
- PRETTI, M. y otros: *Lab design: Didattica e ricerca nella progettazione dei laboratori*, Casabella, número 357, Milán, 1971.
- RODHE, B.: *Les enseignants et la construction scolaire*, Peb 7, Organisation de cooperation et de developpement economiques, París, septiembre 1976.
- VIDAL, C., y DEL ARCO, E.: *Laboratorios de Física y Química y Ciencias Naturales*, Ediciones de la revista *Enseñanza Media*, Madrid, 1962.
- WEINBERG, S., y KALISH, A.: *Biology: an inquiry into the nature of life*. Boston, Allyn and Bacon Inc., 1977.
- WILSON, J.: *Biochemistry Laboratories*. Architectural Design, número 897, London, noviembre, 1971.
-