

Este informe recoge la opinión colectiva de un grupo internacional de especialistas y no representa necesariamente el criterio ni la política de la Organización Mundial de la Salud.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

SERIE DE INFORMES TECNICOS

Nº 155

INTRODUCCION DE LA MEDICINA DE LAS RADIACIONES EN LOS PLANES DE ESTUDIOS DE LAS ESCUELAS DE MEDICINA

**Quinto informe
del Comité de Expertos en Formación Profesional y Técnica
del Personal Médico y Auxiliar**

	Página
1. La medicina en la era atómica	4
2. Los periodos preparatorio, preclínico y clínico en la enseñanza de la medicina	5
3. Modos de interesar y poner al corriente de la medicina de las radiaciones a los profesores	19
4. Posibles métodos para incorporar a los planes de estudios la enseñanza de la medicina de las radiaciones.	20
5. Técnicas de enseñanza de medicina de las radiaciones	21
Anexo. Ejemplo de experimentos, demostraciones y trabajos prácticos que convendría incluir en el plan de estudios de la facultad	22

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

PALAIS DES NATIONS

GINEBRA

1958

**COMITE DE EXPERTOS
EN FORMACION PROFESIONAL Y TECNICA DEL PERSONAL
MEDICO Y AUXILIAR**

Ginebra, 25-30 de noviembre de 1957

Miembros :

- Dr. L. Eldjarn, Jefe del Laboratorio Clínico, Hospital Nacional del Radio, Oslo, Noruega
- Dr. Karl Fellinger, Profesor de Medicina Interna, Director de la Segunda Clínica Médica de la Universidad, Viena, Austria (*Vicepresidente*)
- Dr. V. R. Khanolkar, Director, Indian Cancer Research Centre, Parel, Bombay, India (*Presidente*)
- Dr. W. C. Löffler, Profesor de Medicina Interna, Clínica Médica de la Universidad, Zurich, Suiza
- Dr. R. R. Newell, Professor Emeritus of Radiobiology, Stanford University School of Medicine, San Francisco, Calif., Estados Unidos de América
- Dr. J. Reboul, Professeur d'Electro-radiologie, Faculté de Médecine de l'Université de Bordeaux, Burdeos, Francia
- Dr. G. Payling Wright, Professor of Pathology, Guy's Hospital Medical School, Londres, Inglaterra (*Relator*)

Secretaría :

- Dr. J. S. Eve, Médico encargado de las cuestiones de energía atómica relacionadas con la sanidad, OMS (*Cosecretario*)
- Dr. E. Grzegorzewski, Director de la División de Enseñanza y Formación Profesional, OMS
- Dr. E. Kohn, Jefe de la Sección de Intercambio de Informaciones Científicas, OMS (*Cosecretario*)
- Dr. S. Middleton, Oficina Sanitaria Panamericana (Oficina Regional de la OMS para las Américas), Washington, D.C., Estados Unidos de América

INTRODUCCION

DE LA MEDICINA DE LAS RADIACIONES

EN LOS PLANES DE ESTUDIOS

DE LAS ESCUELAS DE MEDICINA

Quinto informe *

del Comité de Expertos en Formación Profesional y Técnica

del Personal Médico y Auxiliar

El Comité de Expertos de la OMS en Formación Profesional y Técnica del Personal Médico y Auxiliar se reunió en Ginebra del 25 al 30 de noviembre de 1957. El Profesor V. R. Khanolkar fue elegido Presidente; el Profesor K. Fellinger, Vicepresidente y el Profesor G. Payling Wright, Relator.

El Director General abrió la primera reunión del Comité y señaló a la atención de sus miembros el creciente interés que suscitan en todo el mundo las numerosas aplicaciones de la energía atómica. A su entender, la importancia de esos progresos obliga a conceder mayor atención a los problemas que plantean en general en la enseñanza de la medicina y en particular en el plan de estudios de la facultad. El Director General advirtió asimismo que, en cualquier caso, antes de añadir nuevas asignaturas a un plan de estudios que ya está muy sobrecargado, era indispensable someter la propuesta a un examen concienzudo.

Pasó luego el Comité a examinar el encargo que se le había hecho y consideró necesario exponer con más claridad de la que permitía el breve enunciado del tema los términos generales de la cuestión sobre la que se le había pedido dictamen. En vista de que las materias médicas y paramédicas que podrían considerarse incluidas dentro de la noción de « medicina de las radiaciones » eran muy numerosas, el Comité creyó conveniente reducir sus actividades al examen de los modos y métodos adecuados para incorporar a los planes de estudio de facultad, en condiciones mejores y más completas que hasta ahora, las teorías y las aplicaciones clínicas de las

* En el curso de su 22ª reunión, el Consejo Ejecutivo adoptó la siguiente resolución :
El Consejo Ejecutivo

1. TOMA NOTA del quinto informe del Comité de Expertos en Formación Profesional y Técnica del Personal Médico y Auxiliar (Introducción de la medicina de las radiaciones en los planes de estudios de las escuelas de medicina);
2. DA LAS GRACIAS a los miembros del Comité por la labor realizada; y
3. AUTORIZA la publicación del informe.

(Resolución EB22.R30, *Act. of. Org. mund. Salud*, 1958, 88, 12)

radiaciones ionizantes. Ese problema, pues, no en sus términos más estrictos, sino con muchas de las ramificaciones que tiene en todos los sectores de la enseñanza de la medicina, es el que examinó el Comité.

1. LA MEDICINA EN LA ERA ATOMICA

Desde hace años, resulta cada vez más evidente que algunas referencias ocasionales a los efectos patógenos que pueden tener las radiaciones ionizantes no bastan para enseñar su profesión a unos médicos que habrán de ejercerla en la era de la energía atómica. El número y la extensión de las materias que contienen los actuales planes de estudio son ya tan grandes, que sólo podrá decidirse la incorporación de una nueva asignatura después de haber examinado con muy detenida atención su importancia.

Inevitable consecuencia de la especialización creciente que se observa entre los profesores de medicina es el afán que tienen muchos de ellos, a veces incluso con fervores de apostolado, de inculcar en sus discípulos un conocimiento parcial de todo el saber que para ellos ha sido fuente de tanta satisfacción intelectual, y que tantos años les había costado asimilar íntegramente. Por el contrario, el profesor que considere en una visión de conjunto los amplios horizontes de la medicina buscará en la práctica una fórmula transaccional; si bien es evidente que ha de acceder hasta cierto punto a los deseos del especialista, también es verdad que deberá hacer todo lo posible para observar el equilibrio de un plan de estudios y — lo que no ha de ser la menor de sus preocupaciones — para proteger al estudiante contra exigencias que, incluso en el más capaz, pudieran perjudicar su evolución intelectual ulterior.

En consecuencia, antes de hacer un examen detallado de los métodos que pudieran servir en su día para integrar con provecho la medicina y la anatomopatología de las radiaciones en las asignaturas correspondientes de los planes de estudio, el Comité consideró que procedía formular algunas observaciones generales como orientación de quienes tengan a su cargo la enseñanza de una materia que no sólo extiende ya variadísimas ramificaciones, sino que está ensanchándose con insólita rapidez. Es obvio que en los pocos años de la carrera sólo cabe enseñar una pequeña fracción del enorme contenido de la medicina. Todo lo que puede razonablemente hacerse es ayudar y estimular al estudiante para que aprenda por sí mismo a formarse en el acopio metódico de hechos y pruebas y en la correcta inducción de sus consecuencias y favorecer su instrucción, poniéndole en contacto con una serie de conocimientos y de teorías escogidas con la preocupación fundamental de la utilidad que ulteriormente hayan de tener en el ejercicio de la profesión. Las condiciones en que pueda abordarse una cuestión de tantísima amplitud no son de incumbencia del Comité, el cual, sin embargo, se da perfectamente cuenta de que la carga que pesa sobre el

estudiante de medicina es cada vez más agobiadora, y reconoce la apremiante necesidad de proceder a una transformación radical en el contenido de ciertas materias del plan de estudios consideradas hasta ahora como tradicionales.

Con una clara conciencia de sus propias responsabilidades, el Comité ha decidido recomendar la inclusión de algunas materias nuevas en el plan de estudios. Los tiempos en que los reactores atómicos pasan a ser una de las principales fuentes de energía están apenas empezando, y los médicos, quiéranlo o no, tienen que hacer frente a nuevos riesgos y nuevas posibilidades que aparecen de pronto. Muchos de los estudiantes que están hoy en la facultad pasarán los 30 ó 40 años de su vida profesional en una sociedad en que las nuevas fuentes de energía sustituirán progresivamente las que vienen usándose en la actualidad. Por otra parte, la ciencia médica ha de asimilar en una proporción que aumentará muy de prisa el vasto conjunto de los conocimientos adquiridos en la aplicación de los radioisótopos y de las radiaciones ionizantes a los problemas biológicos. Importa, pues, que el estudiante se habitúe a esas nuevas ideas y sepa situarlas adecuadamente en la medicina moderna, pero es indispensable además que adquiera una base de conocimientos teóricos sobre la que más tarde pueda apoyar firmemente su trabajo personal. Estas consideraciones que el Comité ha tenido muy presentes en el curso de sus debates, también habrán de pesar sin duda alguna en cuantos se preocupen por el progreso de la enseñanza de la medicina.

Desde el principio de las deliberaciones se hizo patente que la nomenclatura administrativa empleada en los departamentos de las escuelas y de los hospitales clínicos variaba mucho de un país a otro, y se consideró necesario recurrir a una breve descripción de las atribuciones respectivas que fuera común a todas o casi todas las instituciones sin emplear nombres que acaso hubieran podido inducir a error. En el cuerpo del presente informe se ha seguido ese criterio para evitar las ambigüedades que pudieran resultar de las diferencias de nomenclatura.

2. LOS PERIODOS PREPARATORIO, PRECLINICO Y CLINICO EN LA ENSEÑANZA DE LA MEDICINA

Para aclarar los términos con que se designan las fases sucesivas del plan de estudios de medicina, con el propósito de formular recomendaciones que puedan aplicarse más fácilmente a los distintos sistemas nacionales de enseñanza, se han empleado las expresiones siguientes, que corresponden a los tres periodos más importantes :

a) *Instrucción preparatoria.* Suele iniciarse en los últimos cursos de la enseñanza secundaria, antes del ingreso en la facultad o en una

escuela superior y que generalmente no tiene carácter marcadamente profesional.

b) *Periodo preclínico*. A veces las enseñanzas correspondientes a esta fase del plan de estudios se dispensan exclusivamente en la misma escuela de medicina; otras veces suele ocurrir que algunas de ellas se profesen en una facultad de ciencias. El periodo dura, en general, tres o cuatro años. El primer curso comprende casi siempre física, química y biología. En las tres asignaturas suelen orientarse las enseñanzas hacia los aspectos que han de tener más importancia para la subsiguiente formación médica. Las otras ciencias preclínicas — anatomía, fisiología, bioquímica, farmacología, etc. — están ya directamente encaminadas a preparar al estudiante para los estudios clínicos que ha de emprender después.

c) *Periodo clínico*. Suele durar tres o cuatro años; en su primera parte el estudiante adquiere una instrucción científica complementaria en anatomía patológica, microbiología e inmunología. En la última parte, que es más larga, recibe una formación y a menudo participa con más o menos responsabilidad en la asistencia directa al enfermo.

2.1 El estudio de las ciencias en el periodo preparatorio

En la mayor parte de los casos los estudiantes que se disponen a cursar más tarde la carrera de medicina reciben al final de la enseñanza secundaria una instrucción científica más intensa, que, a juicio del Comité, suele ser suficiente por lo que se refiere a la física y a la química, siempre que en el periodo preclínico se complete el estudio con las materias necesarias para asimilar las enseñanzas de medicina de las radiaciones incluidas en los cursos ulteriores de facultad.

Considera el Comité que el nivel de los conocimientos matemáticos adquiridos durante este periodo en algunos países puede ser en general suficiente, mientras que en otros habrá que seguir esforzándose en mejorar la instrucción en matemáticas elementales y en otras disciplinas científicas. Respecto a las primeras, convendrá que el estudiante de medicina sepa manejar ecuaciones algebraicas sencillas de segundo grado, exponenciales, logaritmos y calcular medidas de superficie y volumen, y que tenga un conocimiento suficiente de la trigonometría y del cálculo diferencial e integral para seguir los razonamientos matemáticos de ciertas publicaciones científicas. Todo lo que necesitan aprender de física de las radiaciones la gran mayoría de los estudiantes puede enseñarse sin necesidad de recurrir a las matemáticas superiores.

El Comité juzgó también conveniente que el estudiante esté familiarizado con el cálculo de probabilidades y con el análisis estadístico, no sólo porque ayudan a entender la física de las radiaciones, sino por su utilidad en otras ciencias médicas e incluso en las actividades clínicas.

2.2 La formación del estudiante durante el periodo preclínico

2.2.1 Física

2.2.1.1 Generalidades

Los recientes progresos de la física nuclear representan una de las más revolucionarias transformaciones del pensamiento científico de nuestro tiempo y, por consiguiente, ninguna persona cultivada puede prescindir de formarse una idea adecuada de lo que significan. En algunos países esos conocimientos están ya muy difundidos, a lo que han contribuido mucho con la precisión y la claridad de sus explicaciones las obras de vulgarización y las informaciones de los grandes periódicos. Las personas instruidas que deseen estar al corriente de los adelantos en las ciencias físicas y biológicas han de escoger entre una multitud casi abrumadora de publicaciones, escritas muchas de ellas por verdaderos hombres de ciencia. Sin negar la utilidad de esa labor de divulgación, el estudiante de medicina, que necesita ponerse en condiciones de entender los numerosos problemas de biología planteados por la exposición a diversas radiaciones, ha de adquirir unas nociones fundamentales de física más sistemáticas y mejor orientadas.

En la actualidad, la instrucción científica que reciben los estudiantes de medicina durante el periodo preparatorio y en los primeros años de facultad incluye el estudio de la física, que se trata con el mismo detalle en muchas de sus ramas. Antes se enseñaban en el preparatorio todas las divisiones tradicionales de la física : mecánica, propiedades de los cuerpos, del calor, luz, sonido, electricidad y magnetismo. Importa no prescindir de ninguna de ellas y dedicar a todas aproximadamente la misma atención en los planes de estudio de bachillerato, porque muchos alumnos interesados ya por las asignaturas científicas están todavía indecisos respecto a la carrera universitaria o técnica que en definitiva hayan de escoger ; pero desde el momento en que se ha elegido la medicina y que incluso, como ocurre en muchos casos, el alumno ha ingresado en la facultad o en la escuela profesional, la importancia relativa atribuida a las diferentes partes de la física debe modificarse para dedicar atención preferente al estudio de los fenómenos eléctricos y nucleares en sus diversas formas. Supone ese cambio, además, notables ventajas didácticas, porque no puede olvidarse que la mayoría de los estudiantes de medicina tienen naturalmente más afición a las ciencias biológicas y que el interés mayor puesto en las cuestiones de biofísica determina esa acentuación emocional de la enseñanza a que tanta importancia conceden los pedagogos.

No se suele ya poner en duda que para adquirir un conocimiento adecuado de una rama cualquiera de las ciencias naturales es indispensable tener alguna experiencia práctica directa de su contenido, aserto que se aplica lo mismo a los estudios de medicina que a los de las demás facultades

de ciencias. En muchos de los aspectos médicos de la física, cabe adquirir esa experiencia en los mismos laboratorios o dependencias de la facultad, ya que el costo y la magnitud del instrumental y de los materiales requeridos corresponden a los medios disponibles; pero, cuando se trata de física de las radiaciones, los aparatos utilizados en la actualidad son mayores y más complicados que los empleados hasta hace pocos años y puede muy bien ocurrir que no estén al alcance de los recursos del departamento. No cabe la menor duda de que muchos de los mejores estudiantes, sobre todo cuando tienen deseos y aptitudes para dedicarse luego a actividades de investigación con preferencia al ejercicio de la carrera, descubrirían horizontes mucho más amplios si por sí mismos pudieran ver instalaciones mayores tales como son en realidad y a ser posible en funcionamiento, y no hubieran de limitarse a mirar las ilustraciones de sus libros de texto. En otro tiempo la separación de los estudiantes de las distintas facultades científicas solía estar muy marcada, lo que a veces llevaba consigo el inconveniente de que los catedráticos titulares que tenían a su cargo las investigaciones y la enseñanza de la física y la química superiores menospreciaban, en general, la capacidad de los estudiantes de medicina y confiaban su formación a los profesores auxiliares. Se comprende perfectamente que una relación entre maestro y discípulo iniciada en estas condiciones suscitase a menudo situaciones incómodas, sobre todo en estudiantes jóvenes e impresionables que acababan de entrar en la universidad; y no faltan motivos para atribuir la poca afición hacia las ciencias fundamentales que se puede observar en algunos médicos viejos a un resentimiento latente nacido de la escasa simpatía con que se entablaron aquellos primeros contactos. En las universidades de nuestros días, afortunadamente, quizá por efecto de un sentido más vivo de la responsabilidad social, muchos catedráticos de física y de química están mejor dispuestos a cooperar íntimamente con sus colegas de la facultad o de las escuelas de medicina, actitud más abierta que casi siempre ha encontrado en los encargados de formar a los estudiantes de medicina una correspondencia cordial para aprovechar la ocasión que se les ofrecía. La colaboración y buena disposición de los directores de los grandes laboratorios es indispensable para que los estudiantes puedan ver el funcionamiento de ciertos aparatos físicos como los que se emplean para obtener la aceleración de partículas, la preparación de isótopos y la emisión de microondas. Estas últimas, aunque no pertenezcan al grupo de las radiaciones ionizantes, merecen también atención al respecto porque, si hasta ahora tienen poca significación en patología humana, podrían muy bien no tardar mucho en adquirir importancia considerable si se extendieran en la industria las instalaciones que emiten microondas para la transmisión de energía.

Convendrá ahora hacer algunas breves consideraciones sobre las materias de física de las radiaciones que el estudiante de medicina debe aprender y sobre el momento en que mejor puede situarse la enseñanza de

cada una. La parte fundamental de esa instrucción estará naturalmente a cargo de físicos profesionales en las clases científicas de los periodos preparatorio y preclínico; pero, como suelen transcurrir varios años entre el estudio de la física y la patología general, es indispensable que en un momento del periodo clínico se repasen y amplíen adecuadamente esas nociones fundamentales. Por supuesto, en esta revisión habrá que insistir en cuanto se refiera más directamente a las propiedades biofísicas de las radiaciones. Respecto a las radiaciones ionizantes, que son con mucho las más importantes para el anatomopatólogo, algunas de esas propiedades, como la densidad de ionización producida en el recorrido y la capacidad de penetración en los distintos tejidos, merecen un estudio más detenido. Habrá que repasar y estudiar también las radiaciones electromagnéticas y corpusculares, así como los diversos medios de producirlas y dirigir las no sólo con aparatos eléctricos de alto voltaje sino mediante numerosos isótopos radiactivos de tipos muy diferentes. Aunque hasta ahora las partículas alfa y beta son las que más probablemente pueden afectar los tejidos vivos, no parece que haya duda de que los protones, los neutrones e incluso otras partículas puedan tener en breve aplicaciones terapéuticas más generales. La revisión habrá de extenderse también a las manifestaciones fundamentales de las interacciones que se observan entre los diversos tipos de radiaciones ionizantes y la materia, ya que su conocimiento es indispensable para entender bien las diferentes nociones de « dosis ». Un repaso de los elementos de física de las radiaciones como el que acaba de indicarse habrá de estar abierto hacia las perspectivas futuras además de comprender todo lo que directamente se relacione con la práctica y las exigencias del momento presente.

2.2.1.2 *Exposición sumaria de las materias recomendables para la asignatura*

Después de haber examinado los diferentes aspectos de la física relacionados con la medicina de las radiaciones que debieran estudiarse durante el periodo preclínico, el Comité considera que no sería inútil indicar en resumen los temas que a su juicio debería contener el programa de la asignatura, y a esos efectos los enumera en los incisos del párrafo siguiente; considera asimismo que no sólo se debe iniciar al estudiante en el conocimiento de los fundamentos físicos de la medicina de las radiaciones desde un punto de vista teórico, sino que han de dársele en lo posible los elementos de una instrucción práctica. Con este fin, se reproduce en un apéndice una lista de demostraciones y experimentos que en su mayoría podrían situarse con provecho en diferentes momentos de los periodos preclínico y clínico.

PROGRAMA DE UNA ASIGNATURA DE FÍSICA EN EL PERIODO PRECLÍNICO

1) Naturaleza de las radiaciones y su relación con la estructura de la materia, espectro electromagnético y radiaciones corpusculares inclusive.

- 2) Efectos físicos, químicos y biológicos de las radiaciones, con especial referencia a sus aplicaciones técnicas en medicina y a sus efectos nocivos sobre las células somáticas y germinales.
- 3) Localización y medición de radiaciones ; instrumentos y unidades.
- 4) Fuentes naturales de radiación : internas y externas.
- 5) Fuentes artificiales de radiación :
 - a) aparatos generadores de radiaciones ionizantes
 - b) isótopos radiactivos.
- 6) Propiedades químicas de algunos elementos que tienen isótopos radiactivos de importancia, como el germanio, el rubidio, el estroncio, el xenón y el cesio, cuyos isótopos estables son poco conocidos en bioquímica.
- 7) Aplicaciones más importantes de las radiaciones en biología y medicina.
- 8) Riesgos principales de las radiaciones ; protección y prevención.

La enseñanza de las materias incluidas en este programa ha de estar principalmente a cargo de uno o varios profesores del departamento de física de la facultad,¹ sin perjuicio de que en ciertas cuestiones limitadas sea conveniente establecer una coordinación con el personal de los departamentos de biología y química, o incluso contar con su intervención para tratar problemas de genética o de bioquímica.

2.2.2 Ciencias biológicas

2.2.2.1 Genética

El Comité entiende que en el periodo preclínico debe haber una asignatura dedicada a los principios fundamentales de la genética. Convendría que, al mismo tiempo, se enseñaran los elementos de citología y las técnicas correspondientes. En algunas facultades están incluidas esas materias en las asignaturas de biología o de fisiología y en otras se incorporan a la de embriología. La situación de esa enseñanza en el plan de estudios parece ser más bien cuestión administrativa que de principio, y debe dejarse al arbitrio de cada centro docente.

¹ El Comité advirtió que no había aún ningún nombre generalmente aceptado para designar un departamento de física de esa clase. Se sugirieron varias denominaciones como « biofísica », « física médica », « física de las radiaciones », « actinofísica » y « física aplicada a la medicina » pero ninguna recogió el asenso unánime del Comité. Parece, pues, preferible limitarse aquí a exponer en general el objeto del departamento y dejar su denominación al buen criterio de la institución respectiva. El departamento tendría por objeto repasar las nociones fundamentales de física que ha aprendido el estudiante en preparatorio y aplicar estos conocimientos sobre todo a los usos de la electricidad y de las radiaciones ionizantes en los diversos sectores de la medicina clínica y de las ciencias que le sirven de base.

2.2.2.2 *Fisiología y bioquímica*

El empleo de los isótopos como instrumento de investigación en estas disciplinas está ya bien establecido. Se puede suponer, por lo tanto, que en las clases de fisiología y de bioquímica el estudiante adquirirá una experiencia directa cada vez mayor de sus posibles aplicaciones mediante la realización práctica de algunos experimentos sencillos de demostración. Aun celebrando la oportunidad de enseñar en esas condiciones el empleo de los isótopos, el Comité consideró que la única manera de hacerlo con eficacia consistía en que los profesores del periodo preclínico encomendaran la instrucción sobre las aplicaciones de los isótopos y de las radiaciones al personal docente de su propio departamento y no delegaran el cometido en un especialista del departamento de física. Además, la circunstancia de no estar del todo exento de riesgos el manejo de esos materiales y agentes en la enseñanza de la medicina hace en cierto modo oportunos el asesoramiento y la vigilancia de un físico especializado en radiaciones.

2.3 **Formación del estudiante en el periodo clínico**

2.3.1 *Generalidades*

Cuando el estudiante ha adquirido ya una noción de las distintas clases de radiaciones que tienen importancia en patología, ha de aprender algo sobre las unidades que suelen emplearse en física y en biofísica para medir su intensidad respectiva. Conviene sobre todo fijar la atención en las usadas en biofísica porque el estudiante de medicina, interesado principalmente en los efectos nocivos que pueden tener las radiaciones ionizantes sobre los tejidos vivos, necesita conocer mejor las unidades derivadas del curio y del roentgen, recientemente sistematizadas, para facilitar los trabajos de los biólogos especializados en radiaciones. Complicase, por otra parte, la enseñanza de la cuestión con la diferente naturaleza de las radiaciones que con frecuencia emiten los isótopos radiactivos en la desintegración atómica. No se hace fácil comprender desde el primer momento las diferencias entre los métodos empleados para las mediciones de intensidad en física y en biofísica; y es indudable que el estudiante de medicina ha de hacer un esfuerzo mental para entender bien muchos de esos conceptos. Conviene, además, protegerle de algún modo contra las equivocaciones a que puede dar lugar el empleo de expresiones anticuadas en conferencias y publicaciones y ha de enseñarsele a evitar algunos términos como « rep » que están abandonados ya. Ha de quedar establecida con toda claridad la distinción entre el roentgen, unidad de exposición, y el rad, unidad de dosis absorbida. La desintegración de los nuclidos inestables, es decir, su radiactividad (unidad curio) es cosa distinta de su radiación, que se mide con un aparato graduado en roentgens. También ha de hacerse una diferencia entre la energía de la radiación y su poder ionizante. Como los conceptos de dosis,

dosis corporal total, dosis en profundidad, etc., son indispensables en radiología clínica, el estudiante los ha de aprender ya en el periodo preclínico para que no incurra en los errores comunes hoy a muchos médicos.

Una vez bien explicados estos conceptos de las unidades físicas de radiación — que no están exentos de dificultad — y examinadas sus diferentes aplicaciones biológicas, se puede ya pasar a la noción de dosificación, especialmente a la de dosis letal media (DL_{50}) — aplicada a las distintas especies de mamíferos y a los seres vivos inferiores. Con ello se suscita la importante cuestión de las diferencias de concepto y de empleo que se observan en la palabra « dosis » cuando la usan los radiobiólogos respecto a la idea que ya se ha hecho de ella el estudiante de medicina en las clases de fisiología y de farmacología. En medicina y en farmacia « dosis » es la cantidad de medicamento necesaria para producir un efecto buscado ; por ejemplo, la cantidad de un barbitúrico que se ha de administrar para provocar el sueño ; pero, por lo menos hasta ahora, para el radiobiólogo esa misma palabra significa el producto de la intensidad de la radiación por el tiempo, y se evalúa por el número de roentgens emitidos en un número dado de minutos. La mayoría de los radiólogos, en efecto, siguen sirviéndose de ese criterio ; pero la extensión que adquiere el empleo de radiaciones que tienen longitudes de onda muy distintas — sobre todo cuando son de gran energía — y la circunstancia de que los efectos biológicos de que dependen todas las aplicaciones clínicas esté determinada por la energía absorbida han llevado a una noción diferente de « dosis » que se expresa ahora en rads o en rems.

Un ejemplo aclarará las diferencias existentes entre los diferentes usos de la palabra « dosis » : el estudiante que consulte un tratado de farmacología verá que la DL_{50} de la toxina tetánica es aproximadamente un millón de veces superior para un perro que para un ratón, mientras que la DL_{50} de una radiación ionizante, como la de los rayos X, expresada en unidades roentgen, es casi igual para ambas especies, paradoja que se presta a la confusión y que ha de aclararse para que el estudiante entienda bien la expresión « dosis » o, mejor dicho, « dosis de exposición » que emplean los radiobiólogos.

Desde sus primeros estudios de toxicología y farmacología, el alumno se familiariza con la idea de que ciertas sustancias tóxicas, como el plomo, tienen efectos acumulativos, de manera que la posibilidad de que se observen esos mismos efectos en las lesiones que producen las radiaciones ionizantes no será para él una novedad sorprendente ; pero, aun así, es preciso insistir sobre el peligro potencial de esas radiaciones, y encarecer su importancia para quienes por razones diversas están sometidos a una exposición de escasa intensidad durante periodos prolongados o incluso, como sucede con algunos médicos, durante una gran parte de su vida profesional. La frecuencia impresionante de la leucemia en los radiólogos y en los pacientes de espondilitis anquilopoyética tratados con irradiaciones periódicas es una

advertencia que debiera bastar para convencer a un médico de que el olvido de sus efectos acumulativos puede representar un riesgo innecesario para él o para sus enfermos.

2.3.2 *Aplicaciones a varias disciplinas del periodo « clínico »*

2.3.2.1 *Anatomía patológica*

Considérase aquí que esta asignatura pertenece al periodo clínico, aunque por motivos administrativos muchas facultades la sitúen junto a la microbiología y la inmunología en el periodo preclínico, lo que para el caso presente tiene poca importancia.

Las lesiones producidas por la exposición a las diversas clases de radiaciones ionizantes en aplicaciones externas o internas varían tanto por su carácter y gravedad, que conviene considerar en varios apartados las secuelas anatomopatológicas de las radiaciones.

a) *Alteraciones tisulares.* Los trastornos celulares y tisulares que provocan las radiaciones en el hombre y en animales de experimentación han sido objeto de estudio detenido ; pero por desgracia los métodos utilizados hasta ahora sólo dan una imagen incompleta que no permite descubrir la naturaleza de las lesiones producidas en los orgánulos de las células afectadas. Aun así, es indispensable que, además de enseñar a los estudiantes los caracteres fundamentales de la inflamación, de los trastornos vasculares, de las reacciones alérgicas y de las neoplasias, se les instruya en las propiedades generales de las alteraciones histológicas y citológicas que causan a veces las radiaciones ionizantes.

b) *Posibles secuelas de una irradiación local prolongada.* Muchos de los nombres de los 169 mártires de las radiaciones inscritos en el monumento dedicado en Hamburgo a los « roentgenólogos y radiólogos de todos los países ... que sacrificaron su vida en la lucha contra las enfermedades humanas ... » son un triste y perenne recordatorio de las propiedades carcinogénicas que pueden tener las radiaciones ionizantes en el hombre. Hoy es posible enjuiciar mejor que antes el descuido en tomar precauciones con que solían proceder los primeros investigadores en el entonces todavía casi inexplorado campo de la física de las radiaciones, para no hablar de la censura que hasta cierto punto merece la temeraria imprudencia de quienes siguieron exponiéndose, en condiciones cuya peligrosidad estaba ya en aquel tiempo manifiesta.

Los radiólogos de nuestros días conocen bien esos riesgos y es mucho menos probable que ni ellos, ni sus pacientes se expongan hasta el punto en que puede producirse una neoplasia cutánea o una leucemia ; pero es preciso señalar ese peligro a la atención del estudiante, valiéndose incluso de las lecciones de la experiencia en los casos relativamente recientes de

leucemia y de cáncer de tiroides, que han seguido a la administración de lo que todavía se consideraba una dosis terapéutica tolerable.

Poco es lo que puede explicarse con provecho al estudiante sobre los procesos que siguen las radiaciones ionizantes para inducir la formación de neoplasias. Cuestión es ésta que todavía sigue muy oscura y mientras no se destaque una imagen más precisa de la confusión con que se presentan hoy los hechos y las teorías correspondientes, no parece probable que el estudio de una materia tan controvertida haya de servir para gran cosa.

En el programa de la cátedra de radiología han de ocupar un lugar importante otras consecuencias menos graves de la exposición a los rayos X y a ciertos isótopos radiactivos como el eritema cutáneo, la depilación, las vesículas, la pigmentación y, en ocasiones, las cicatrices cutáneas y la catarata. Nada de lo que se sabe hasta ahora al respecto permite caracterizarlas bastante para que esté justificado incluir su estudio en el programa de patología general como casos especiales de reacción a un agente nocivo ; y puede, en consecuencia, incluirse sin inconveniente en las asignaturas clínicas y de radiología.

c) *Secuelas de la irradiación recibida por todo el cuerpo.* Casi todo lo que se sabe sobre el síndrome de irradiación aguda en el hombre viene de estudios hechos en los supervivientes de las dos explosiones atómicas en el Japón, con la salvedad de que las observaciones metódicas de las primeras fases de la intoxicación aguda estuvieron muy entorpecidas por la magnitud de la devastación, la coincidencia de otras lesiones debidas a los incendios y hundimientos y el lapso de tiempo relativamente largo que transcurrió hasta que llegaron los investigadores a las ciudades arrasadas. Hicieronse, con todo, observaciones importantes¹ que bastan para patentizar que en el hombre los efectos de la irradiación recibida por todo el cuerpo son muy semejantes a los que se obtienen experimentalmente con altas dosis en el perro y en otros mamíferos superiores.

d) *Contaminación interna por sustancias radiactivas.* Como introducción a los problemas de la contaminación interna por sustancias radiactivas, convendrá describir casos de intoxicación humana provocada por el radio, lo que puede muy bien compararse a la absorción por el organismo de otros radioelementos de vida larga como el estroncio 90 ; convendrá asimismo señalar que las dosis máximas tolerables de muchos radioelementos osteótrofos se calculan por comparación con la del radio.

Las observaciones y experimentos sobre los efectos de la irradiación difusa del organismo han hecho patente que la sensibilidad de las diversas clases de células varía mucho y que su vulnerabilidad, según indicaban hace ya cincuenta años Bergonie y Tribondeau, suele estar más acentuada en las

¹ Para más detallada información, véase : Oughterson, A. W. y Warren, S., (1956) *Medical effects of the atomic bomb in Japan*, New York, McGraw-Hill.

primeras fases de la mitosis. Con el criterio de la « muerte celular » se ha podido, en efecto, clasificar las diversas clases de células somáticas en tres grupos : radiosensibles, radiorreactivas y radiorresistentes. Podrá ser interesante en este punto hacer alguna referencia a la estrecha correspondencia que existe entre los tipos de células pertenecientes a cada uno de esos tres grupos y los que mucho antes, en su estudio sobre la capacidad de regeneración, Bizzozero había denominado « lábiles », « estables » y « permanentes ». La persistencia de los orgánulos celulares capaces de iniciar la mitosis acaso actúe como nexa entre la radiosensibilidad y la capacidad de regeneración. En relación con esos extremos será innecesario tratar de los graves efectos que tienen las dosis letales de radiación sobre las células epiteliales de la mucosa del tubo digestivo y sobre las de los sistemas linfático y hematopoyético. En la actualidad se considera seguro que la extensa destrucción de estas células es la causa inmediata de la deshidratación y de la infección, agentes principales de la muerte en la primera o segunda semana siguientes a la exposición aguda. En ocasiones, cuando el paciente sobrevive durante algún tiempo, los efectos de la irradiación en la médula ósea suelen manifestarse por una anemia progresiva.

Como en tiempo de paz la práctica civil corriente apenas registra, en la hipótesis de que los haya, casos humanos de irradiación del orden de $400 \text{ r} \pm 100 \text{ r}$, supuesta DL_{50} para el hombre, no parece oportuno enseñar con detalle las lesiones producidas en los diferentes órganos y tejidos por efecto de una dosis mortal rápidamente absorbida de radiaciones penetrantes, salvo el interés que pueda tener para los problemas de sanidad militar. Hay, sin embargo, varios síndromes diferentes que aparecen a veces después de una exposición a dosis mucho menores de tales radiaciones, sobre todo cuando la situación se ha prolongado durante mucho tiempo. Acusan esos trastornos una irradiación excesiva y se manifiestan por una serie de síntomas y signos que han de servir de base para el diagnóstico clínico. Lo mismo que a la exposición aguda y grave a las radiaciones penetrantes, los elementos hematopoyéticos de la médula ósea aparecen muy vulnerables a una dosis pequeña, pero repetida con frecuencia, por lo que desde hace mucho tiempo se ha considerado un síntoma alarmante de gravedad la depresión del fenómeno normal y fisiológico de sustitución de las células hemáticas circulantes que se traduce al principio por una granulocitopenia a la que más tarde se añade la anemia.

Los radiólogos experimentados no conceden valor como medida de precaución a los análisis periódicos de sangre en quienes por su trabajo están o pueden estar expuestos a las radiaciones ionizantes ; pero como las disposiciones de protección tomadas en la industria de las radiaciones son a veces inadecuadas, ciertos pacientes se presentan a la primera consulta médica con signos de afectación hemática. Es necesario, pues, que el estudiante aprenda a reconocer estas manifestaciones clínicas, en la inteligencia de que la responsabilidad de evitar que se exceda de la dosis máxima

tolerable fijada por la Comisión Internacional de Protección Radiológica incumbe al radiólogo y al físico que le asesore. Importa sobre todo señalar a la atención del alumno lo que significa y supone la « dosis máxima tolerable » y los riesgos que resultan de rebasarla, y habrá que explicarle con cuidado los peligrosos efectos que tiene la repetición frecuente de una dosis pequeña. El profesor titular de radiología de las escuelas de medicina debe encargarse y generalmente se encarga de explicar claramente a los internos de su servicio los problemas de dosificación ; la labor del anatomopatólogo se limitará, dentro de las materias tradicionalmente incluidas en la anatomía patológica, a dar una idea general de las lesiones celulares y tisulares que pueden presentarse después de una exposición muy superior a la dosis máxima tolerable. Deberá ponerse atención cuidadosa en dar la mejor solución a esa duplicación de materias que puede producirse en los programas de radiología y de patología, ya que ahí se sitúa uno de los puntos cruciales de cierta importancia en esta parte de la enseñanza de la medicina.

2.3.2.2 *Materias clínicas y de radiología*

A juicio del Comité, las múltiples aplicaciones que tienen las radiaciones para el diagnóstico y el tratamiento en medicina clínica y en cirugía aconsejan que se organice una clase regular para la instrucción de los estudiantes en el departamento radiológico de la facultad de medicina o del hospital. La asignatura deberá abarcar el conjunto de la materia e iniciarse por un estudio general de la física de las radiaciones que sirvan de repaso de los conocimientos adquiridos cuatro o cinco años antes en las clases preclínicas de física. Se expondrán luego los muchos empleos útiles de las radiaciones en medicina y en cirugía, dejando bien de relieve, tanto en el departamento de radiología como en la clínica, los peligros que puede tener su uso inconsiderado. Hasta cierto punto, las precauciones adecuadas permiten reducir el riesgo de que se produzcan lesiones en las gónadas y en otros órganos, por lo que se habrá de inculcar bien en el estudiante la idea de asegurar toda la protección compatible con el tipo y el número de trabajos radiográficos que requiere la práctica clínica.

Años atrás, el motivo de la mayor parte del riesgo de irradiación excesiva estaba en la frecuencia de las exploraciones radiológicas y en la radioterapia profunda ; ahora hay además otro peligro nuevo resultante de los usos médicos de los isótopos radiactivos. No se puede ya considerar que se ha explicado por completo la asignatura de radiología sin haber tratado de las aplicaciones modernas de los isótopos en la exploración clínica y de los peligros que llevan consigo, lo mismo para el paciente que para el especialista. El intenso desarrollo durante estos últimos años de nuevas técnicas de diagnóstico clínico en que se emplean los isótopos hace suponer que éstos no tardarán en ser más numerosos. Acaso no haya otra materia en el periodo clínico de la radiología que requiera una revisión tan constante de

los temas. En cualquier caso, el estudiante podrá adquirir prácticamente una buena parte de esos conocimientos observando las aplicaciones de los isótopos al diagnóstico clínico que sus maestros hacen en las salas del hospital.

En vista de la frecuencia con que se emplean hoy las radiaciones ionizantes, conviene mucho dar al estudiante alguna instrucción acerca de la forma en que se ha de proceder con quienes dicen haber estado expuestos a las radiaciones ionizantes o temen sus posibles secuelas. Importa enseñarle a hacer en tales situaciones un interrogatorio cuidadoso sobre la magnitud probable de la exposición, a practicar los necesarios análisis de sangre y, si creyera oportunas otras exploraciones, someter el caso a alguna institución que tenga medios adecuados de diagnóstico y de tratamiento. El estudiante ha de comprender bien la necesidad de evaluar y registrar con todo detalle los accidentes de ese género y el estado clínico del paciente; tanto en el primer examen como en los ulteriores, ya que la observación continuada de esos enfermos puede proporcionar nuevos conocimientos médicos de gran importancia. Habrá que inculcarle asimismo una idea clara de la importancia que puede tener cualquier contaminación y de la necesidad de obtener pronto el dictamen de un especialista, sobre todo por sus posibles consecuencias médico-legales.

Aunque el Comité no cree tener atribuciones para recomendar la naturaleza de las enseñanzas especializadas necesarias para hacer frente a una explosión atómica de gran magnitud, considera oportuno que en la facultad se dé alguna instrucción acerca de las manifestaciones clínicas del síndrome agudo, grave y a veces mortal, que produce la irradiación absorbida por todo el cuerpo, y que breve pero adecuadamente se haga mención de algunas de ellas, como la deshidratación, el shock, las discrasias hemáticas, las quemaduras y las infecciones.

2.3.2.3 *Efectos genéticos de la irradiación*

Pocas cuestiones científicas han producido últimamente tanta preocupación ni más viva ansiedad en el público ilustrado que la posibilidad de que el uso inconsiderado de materiales radiactivos con fines militares o civiles cause lesiones genéticas graves en las generaciones futuras. Son muchos los que apenas vacilarían en correr personalmente ese riesgo y considerarían, en cambio, con alarma el aumento de los defectos y de las enfermedades hereditarias — especialmente de carácter mental — que la elevación así producida del índice de mutaciones en el hombre llevaría consigo. Las células somáticas alteradas no pueden sobrevivir al individuo, mientras que una célula germinal mutilada es en potencia inmortal. Con mucha razón ha dicho Waddington que « aun cuando no podemos descubrir el remedio de los males que acaso estamos ya infligiendo a las generaciones futuras, tenemos al menos la obligación de esforzarnos en averiguar hasta

dónde nos es lícito contraer deudas biológicas que tendrán que pagar nuestros descendientes. »

Respecto al punto concreto que se está examinando, parece seguro que los expertos en enseñanza de la medicina estarán de acuerdo en que el estudio de las posibles lesiones genéticas que pueden causar las radiaciones debe hacerse en una fase ya muy avanzada de los cursos de facultad. No sería posible exponer bien esos problemas sin hacer frecuentes referencias a ciertos estados patológicos y a su etiología, porque las preocupaciones que inspiran los efectos de las radiaciones ionizantes provienen sobre todo de la posibilidad de que lleven consigo un aumento considerable de diversas anomalías y enfermedades hereditarias. Aunque pueda parecer preferible organizar un cursillo bajo la dirección de los departamentos de medicina o de anatomía patológica, es excepcional que estos últimos logren incorporar en su personal docente a quienes tengan la debida formación. En las escuelas de medicina donde hay departamentos de biología y de biofísica, sería posible obtener su colaboración en la organización del cursillo ; es muy probable que la gran mayoría de ellos intervinieran con agrado en este trabajo común. Muchos profesores de las asignaturas que con notoria impropiedad siguen llamándose « premédicas » acogerían con agrado esa ocasión de reanudar el contacto con sus antiguos alumnos en una fase más avanzada de la carrera universitaria. La concurrencia de diferentes cátedras en un cursillo combinado de patología de las radiaciones evidentemente debería ser objeto de preparación cuidadosa y, según se ha indicado ya, no eximiría al profesor clínico de la parte que le corresponde en esta labor.

Dando por supuesta la buena disposición de los diversos departamentos interesados, se podría hacer así un interesante experimento en materia de enseñanza de la medicina, que, cuando menos, no dejarían de aprovechar los profesores de asignaturas preclínicas, impacientes en número cada día mayor de confirmar en la práctica su convencimiento de que sería muy ventajoso acentuar la comunicación entre todos los periodos del plan de estudio.

De cuanto antecede, el Comité sacó la conclusión de que convendría dedicar algún tiempo en el periodo clínico a un repaso de la genética, desde el doble punto de vista de la enfermedad y de las mutaciones adquiridas en las poblaciones humanas. Una vez más, la decisión de qué departamento debe encargarse de esta enseñanza ha de quedar al criterio de la facultad respectiva ; pero en opinión del Comité, y sin perjuicio de que la materia haya de integrarse necesariamente en el programa de alguna asignatura clínica con la colaboración, como ya se ha dicho, de los profesores de biología y de física, convendrá que todos los clínicos se refieran en sus enseñanzas, siempre que sea oportuno, a la intervención de la herencia como factor etiológico. Esta recomendación está apoyada por las conclusiones a que llegó el Grupo de Estudio de la OMS sobre Efectos de las Radiaciones

en Genética Humana.¹ Entendió asimismo el Comité que incumbía a los departamentos de radiología, de diagnóstico y de tratamiento la obligación de inculcar en todos los estudiantes que salieran de la facultad una noción clara de los peligros de las radiaciones en genética. Hay publicaciones oficiales de poco precio, que los estudiantes pueden obtener fácilmente, en las que se explican con claridad los evitables o inevitables riesgos relativos que hoy se atribuyen a los diversos tipos de radiación y la circunstancias de la exposición. Importa, sobre todo, que los estudiantes comprendan bien la necesidad de evitar en lo posible a los niños, a los jóvenes y, muy en particular, a las embarazadas por la extraordinaria sensibilidad del embrión, la exposición a radiaciones ionizantes de gran poder de penetración.

2.3.2.4 *La medicina de las radiaciones desde el punto de vista de la sanidad*

En consideración al cuarto informe del Comité de Expertos en Formación Profesional y Técnica del Personal Médico y Auxiliar reunido para tratar de los estudios postuniversitarios sobre energía nuclear en relación con la sanidad,² considera innecesario por ahora abordar la cuestión con la misma precisión técnica, pero, al propio tiempo creyó conveniente que en las clases correspondientes a asignaturas que reciben nombres diferentes y en la actualidad con más frecuencia los de medicina preventiva, sanidad, medicina social e higiene, se dedicara cierta atención a los riesgos de la medicina de las radiaciones. Tampoco han de descuidarse las muchas ocasiones indebidas de exposición a las radiaciones que se producen cada vez más en algunas industrias, por lo que será necesario hacer bien presente a los estudiantes la necesidad de que, cuando inicien el ejercicio de la carrera, procuren ponerse al corriente de los principales caracteres técnicos de las industrias establecidas en la localidad para darse cuenta de los riesgos profesionales que puedan llevar consigo.

3. MODOS DE INTERESAR Y PONER AL CORRIENTE DE LA MEDICINA DE LAS RADIACIONES A LOS PROFESORES

El Comité hizo constar su convencimiento de que convenía mucho favorecer el interés de todos los profesores de los cursos preclínicos y clínicos hacia un aspecto de la medicina que, en una u otra forma, se extiende casi a la totalidad del plan de estudios. A su juicio, es insuficiente

¹ Organisation mondiale de la Santé (1957) *Effets génétiques des radiations chez l'homme. Rapport d'un groupe d'étude . . .*, Genève, págs. 19-21; World Health Organization (1957) *Effect of radiation on human heredity. Report of a Study Group . . .*, Geneva, pág. 18 y siguientes

² Véase *Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, 1958, 154

en muchas facultades el número de los profesores que están hoy en condiciones de intervenir en la enseñanza de la medicina de las radiaciones y procede buscar métodos adecuados para acentuar el interés de los profesores actuales y para organizar la formación especializada de profesores nuevos. El Comité consideró aceptables las siguientes propuestas :

- 1) Formación de profesores jóvenes mediante becas para seguir estudios en instituciones adecuadas del país o del extranjero.
- 2) Formación colectiva de profesores mediante cursillos organizados en instituciones nacionales escogidas al efecto.
- 3) Establecimiento de centros de formación que pudieran tener el apoyo de entidades extrauniversitarias dedicadas al fomento internacional de estudios superiores.
- 4) Organización de simposios y seminarios para reunir a personas que se interesaran o que pudieran interesarse por la medicina de las radiaciones.
- 5) Organización de semanas de « Medicina de las Radiaciones » que tuvieran carácter local y en las que se invitara a algunos profesores de otras instituciones a colaborar con los de la escuela o facultad. En tales casos, convendría insistir especialmente sobre los usos y abusos de las radiaciones ionizantes mediante demostraciones clínicas y científicas.
- 6) Contratación de profesores durante periodos cortos.
- 7) Preparación de una breve monografía o de una serie de trabajos bien coordinados en que se expusiera el empleo de las radiaciones en diversas ramas de la medicina.

4. POSIBLES METODOS PARA INCORPORAR A LOS PLANES DE ESTUDIOS LA ENSEÑANZA DE LA MEDICINA DE LAS RADIACIONES

Para que el planteamiento general del problema y de sus soluciones posibles fueran aceptables, el Comité consideró indispensable que se hiciera una integración cuidadosa de las materias explicadas en las diversas asignaturas. Esa incorporación, a la que a veces se ha dado el nombre de integración vertical, requiere la colaboración estrecha y cordial de todos los maestros llamados a intervenir en la enseñanza ; pero, como el grado en que cada uno ha de participar es distinto, la iniciativa y principal responsabilidad de esa labor han de recaer casi siempre, a juicio del Comité, en los catedráticos titulares de física y radiología, los cuales, tratando directamente el asunto con sus compañeros de las demás cátedras científicas y clínicas, conseguirán dar la necesaria continuidad a las enseñanzas de los periodos preclínico y clínico y evitar omisiones de importancia.

Sin embargo, el Comité entendió que, aun cuando la base principal de esa enseñanza debiera situarse en las asignaturas apropiadas, sería muy conveniente que los profesores de los departamentos preclínicos y clínicos hicieran todo lo posible para incluir las aplicaciones de los isótopos y de las radiaciones en el programa de sus cátedras respectivas, aprovechando el material adecuado que tuvieran directamente a su disposición.

5. TECNICAS DE ENSEÑANZA DE MEDICINA DE LAS RADIACIONES

El Comité consideró que había motivos poderosos para introducir algunas técnicas nuevas en la enseñanza de la física de las radiaciones y de sus aplicaciones. Ciertos medios visuales modernos podrían servir muy bien para reforzar los métodos más tradicionales que se han venido empleando hasta ahora. Los estudiantes de medicina, a causa quizá de su largo adiestramiento en la disección biológica y anatómica, suelen tener bastante facilidad para la representación mental en tres dimensiones, que podría aprovecharse con el empleo de métodos mejores de instrucción.

El Comité ha examinado varias propuestas, algunas de las cuales se indican a continuación pero, en una materia científica que tan rápidos progresos está haciendo, es natural que de cuando en cuando se descubran métodos de enseñanza más perfeccionados.

- 1) Medios visuales de enseñanza :
 - a) películas documentales y dibujos animados
 - b) modelos a escala para relacionar, por ejemplo, las longitudes y densidades de ionización con ciertos orgánulos celulares importantes, como los genes, los cromosomas y las mitocondrias, así como con algunos virus comunes.
 - 2) Visitas a ciertas instalaciones en que el estudiante pueda observar aparatos de irradiación relativamente perfeccionados.
 - 3) Experimentación adecuada en las diversas fases de los estudios preclínicos y clínicos (véase el anexo).
-

Anexo

**EJEMPLO DE EXPERIMENTOS,
DEMOSTRACIONES Y TRABAJOS PRACTICOS
QUE CONVENDRIA INCLUIR EN EL PLAN DE ESTUDIOS
DE LA FACULTAD**

<i>Asignatura</i>	<i>Periodo (indicación aproximada)</i>	<i>Trabajos prácticos</i>
Física	Preclínico (al principio)	Empleo del contador de Geiger-Müller Empleo del contador de destellos Empleo de la cámara de ionización Determinación del periodo de semidesintegración de un isótopo Curvas de absorción correspondientes a los distintos tipos de irradiación Efecto fotográfico de la irradiación Presencia de la radiación cósmica Absorción de materiales diversos Cámara de Wilson Fluorescencia y fosforescencia
Química	Preclínico (al principio)	Medida de la velocidad de reacción mediante radioisótopos Contaminación del material de vidrio con radioisótopos Descontaminación con la técnica de dilución inerte Oxidación de Fe^{2+} a Fe^{3+} por irradiación ionizante (noción del « efecto indirecto »)
Estadística médica	Preclínico	Coefficiente de desintegración expresado con una curva de frecuencia de Gauss
Bioquímica	Preclínico	Empleo de un isótopo como marcador específico en experimentación animal Inactivación enzimática mediante rayos X; Efecto de dilución

<i>Asignatura</i>	<i>Periodo (indicación aproximada)</i>	<i>Trabajos prácticos</i>
Anatomía	Preclínico (al final)	Demostraciones anatómicas con rayos X
Fisiología	Preclínico	Hemodinámica (Na^{24}) Exploración de la función tiroidea (I^{131} en ratas) Ablación tiroidea (I^{131}) y mixedema Demostración radioscópica de la deglución, etc.
Histología	Preclínico (al final)	Radioautografía (por ejemplo, absorción de I^{131} en el embrión de pollo)
Genética y citología	Periodo preclínico	Demostración del aumento de la frecuencia de mutaciones producido por los rayos X (en <i>drosophila</i> o <i>neurospora</i>) Rotura de cromosomas y tipos de aberraciones cromosómicas producidas por las radiaciones ionizantes (por ejemplo, lesiones cromosómicas meióticas y somáticas en <i>tradescantia</i> ; células animales y tumores correspondientes)
Histopatología	Preclínico (al final) o clínico (al principio)	Modificaciones producidas por las radiaciones ionizantes en células y tejidos (por ejemplo, epitelio intestinal, <i>Vicia faba</i>)
Anatomía patológica macroscópica	Clínico	Efectos locales : Eritema Quemaduras Necrosis Efectos generales : Efectos sobre la médula ósea y los órganos hematopoyéticos Efectos sobre el intestino Cáncer, leucemia
Radiología	Clínico	Demostración de las técnicas correspondientes de radioscopia y radiografía Dosificación de rayos X en la práctica ordinaria

<i>Asignatura</i>	<i>Periodo (indicación aproximada)</i>	<i>Trabajos prácticos</i>
Radiología (continuación)	Clínico	Efecto del voltaje sobre la capa de semi-atenuación de diversos materiales y sobre la visibilidad de los tejidos blandos y de los huesos. Demostración de la sombra visible mínima en el tórax. Efecto de cono y diafragma de Bucky. Desaparición en la pantalla de los tejidos blandos sumergidos en agua
Medicina interna Patología clínica Laboratorio de isótopos Radiología	Clínico	Empleo del contador de Geiger Contadores de destellos Exploración de la función tiroidea (absorción tiroidea y excreción urinaria de I^{131}) Prácticas de diagnóstico con los isótopos empleados de ordinario en clínica médica para fines especiales : volumen sanguíneo (seroalbúmina, I^{131}), ciclo vital de los hematíes (Cr^{51}), etc.
Cursillo especial	Clínico (al final)	Repetición de algunos de los experimentos anteriores Experimentos de muerte local en ratas o ratones : sistema nervioso, intestino, tejido medular, etc. Efectos de la supresión de oxígeno (<i>E. Coli</i>) Demostración de la protección conferida por los compuestos del grupo cisteína-cisteamina (ratones) Alteraciones ponderales de diversos órganos por la exposición a la radiación ionizante Demostración del llamado «efecto abscopal o indirecto»