

# **Organización, desarrollo, garantía de calidad y radioprotección en los servicios de radiología: imaginología y radioterapia**

*Editor*

**Cari Borrás, DSc, FACR**



**Diciembre 1997  
Washington DC**

**Organización Panamericana de la Salud  
Organización Mundial de la Salud**

Publicado en inglés con el título:  
*Organization, Development, Quality Assurance and Radiation Protection in Radiology  
Services: Imaging and Radiation Therapy*

ISBN 92 75 12236 9

Catalogación por la Biblioteca de la OPS

Borrás, Cari, ed.

Organización, desarrollo, garantía de calidad y radioprotección en los servicios de radiología: imaginología y radioterapia.-- Washington, D.C.: OPS, c1997.

328 p.

ISBN 92 75 32236 8

I. Título. 1. RADIOLOGIA. 2. RADIOTERAPIA.  
3. MEDICINA NUCLEAR. 4. CONTROL DE CALIDAD  
5. PROTECCION RADIOLOGICA.

NLM WN250

La Organización Panamericana de la Salud dará consideración muy favorable a las solicitudes de autorización para reproducir o traducir, íntegramente o en parte, alguna de sus publicaciones. Las solicitudes y las peticiones de información deberán dirigirse a Salud Radiológica, Programa de Medicamentos Esenciales y Tecnología, División de Desarrollo de Sistemas y Servicios de Salud, Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud, Washington, D.C., Estados Unidos de América, que tendrá sumo gusto en proporcionar la información más reciente sobre cambios introducidos en la obra, planes de reedición, y reimpressiones y traducciones ya disponibles.

© Organización Panamericana de la Salud, 1997

Las publicaciones de la Organización Panamericana de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones del Protocolo 2 de la Convención Universal de Derechos del Autor. Reservados todos los derechos.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Secretaría de la Organización Panamericana de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o de nombres comerciales de ciertos productos no implica que la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las denominaciones de productos patentados llevan, en las publicaciones de la OPS, letra inicial mayúscula.

## AUTORES

**César Arias**

*Autoridad Regulatoria Nuclear  
Buenos Aires, Argentina*

**Cari Borrás**

*Programa de Salud Radiológica  
Organización Panamericana de la Salud  
Organización Mundial de la Salud  
Washington D.C., Estados Unidos de América*

**Jorge Castellanos Robayo**

*Ministerio de Salud  
Bogotá, Colombia*

**María Ángeles de Miquel**

*Sección de Neurorradiología  
Hospital de Bellvitge "Principis d'Espanya"  
L'Hospitalet de Llobregat  
Barcelona, España*

**Gerald Hanson**

*Programa de Radiomedicina  
Organización Mundial de la Salud  
Ginebra, Suiza*

**Sami Khatib**

*Clínica de Detección Precoz y Tratamiento  
Aman, Jordania*

**Adel Mustafa**

*Departamento de Radiología  
Hospital St. Vincent  
Nueva York, Nueva York, Estados Unidos de  
América*

**Jorge Skvarca**

*Departamento de Equipamiento Médico Sanitario  
Radiofísica Sanitaria  
Ministerio de Salud y Acción Social  
Buenos Aires, Argentina*

## **TRADUCCIÓN Y EDICIÓN LINGÜÍSTICA**

*Julia Aymerich*

*Cari Borrás*

*Victoria Imas Duchovny*

*Marjorie León*

*Doris Onetti-Hidalgo*

*Gustavo Silva*

*Maxine Siri*

*Laura Vlasman*

*Programa de Traducción Automática de la OPS*

## **MECANOGRAFÍA**

*Matilde Cresswell*

*Susana Enger*

*Tomás Gómez*

*Ruth Levander*

*Pilar Vidal*

*Olga Yuri*

## **COMPOSICIÓN DE TEXTO**

*Matilde Cresswell*

## **DISEÑO DE CUBIERTA**

*Cristina Mitchell*

## **COORDINACIÓN DE IMPRESIÓN**

*Gladys Jordon*

*Cristina Mitchell*

*Al Dr. José María Paganini, quien a lo largo de los años, primero como Coordinador y después como Director de la División de Desarrollo de Sistemas y Servicios de Salud, insistió en la necesidad de esta publicación.*

# Prefacio

---

Esta publicación de la División de Desarrollo de Sistemas y Servicios de Salud de la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud expone aspectos organizativos y técnicos de los servicios de radiología en el contexto de las orientaciones estratégicas y programáticas para el período 1995-1998. Para lograr accesibilidad, excelencia y seguridad en la atención de la salud, se ha intentado armonizar los principios básicos de organización descentralizada de los servicios de salud con las exigencias que impone la incorporación de los avances y formas de aplicación del conocimiento médico en diferentes áreas.

En los procesos decisorios por medio de los cuales se asignan los recursos y se determinan las combinaciones tecnológicas para la prestación de servicios de salud, intervienen políticos, administradores, planificadores y profesionales de la salud. En el caso específico de los servicios de radiología, participa también el físico médico, profesional relativamente nuevo en el área de la salud, cuya importancia es reconocida cada vez más en América Latina y el Caribe.

Esta publicación está dirigida a estos diferentes grupos profesionales, así como a los ministerios de salud de las Américas, que, dentro de su rol normativo, en el ejercicio de su función rectora del sector, deben establecer pautas para la organización y funcionamiento de los servicios de salud, entre ellos los de radiología. Para ilustrar los conceptos desarrollados en el texto, los apéndices presentan ejemplos de especificaciones de equipos, legislación sobre prácticas y especializaciones, y aspectos técnicos de garantía de calidad y de radioprotección.

Se espera que la recopilación de los elementos conceptuales y metodológicos que aquí se presenta contribuya a facilitar, en los países de la Región, la labor de quienes deben armonizar los objetivos sociales de cobertura universal en la atención de la salud con los principios de garantía de calidad y de radioprotección, y con la disponibilidad de recursos para la prestación de servicios.

*George A. O. Alleyne*  
*Director*



# Índice

---

Abreviaturas y siglas .....	xv
<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Conceptos básicos .....	1
1.1.1 Servicios de salud .....	1
1.1.2 Recursos humanos .....	3
1.2 Servicios de radiología .....	4
1.2.1 Imaginología .....	5
1.2.2 Radioterapia .....	5
<b>2. Antecedentes y situación actual .....</b>	<b>7</b>
2.1 Situación de los servicios radiológicos en el mundo .....	7
2.1.1 Servicios de imaginología .....	7
2.1.2 Servicios de radioterapia .....	12
2.2 Servicios de imaginología y radioterapia en América Latina y el Caribe .....	14
2.2.1 Situación general .....	14
2.2.2 Organización y cobertura de los servicios de imaginología y radioterapia .....	16
2.2.2.1 Disponibilidad de servicios de imaginología .....	17
2.2.2.2 Disponibilidad de servicios de radioterapia .....	23
2.2.2.3 Disponibilidad de servicios de medicina nuclear .....	28
2.2.3 Actividades de garantía y de control de calidad .....	28
2.2.4 Recursos disponibles .....	29
<b>3. Organización y planificación de servicios de imaginología y radioterapia .....</b>	<b>31</b>
3.1 Aspectos generales .....	31
3.2 Desarrollo local de servicios y organización por niveles de atención .....	33
3.3 Elementos conceptuales de la organización de servicios de salud según niveles de atención .....	33
3.4 Utilización del concepto de niveles de atención en la planificación y organización de los servicios de radiología .....	35
3.5 Planificación de servicios de radiología por niveles de atención .....	36
3.5.1 Enfoque general .....	37
3.5.1.1 Análisis de necesidades y demanda .....	39
3.5.1.2 Análisis de recursos disponibles .....	42
3.5.2 Imaginología .....	43
3.5.2.1 Sistema Radiológico Básico (BRS) .....	44
3.5.3 Radioterapia .....	46

<b>4. Organización de los centros de atención en servicios de radiología</b>	<b>47</b>
4.1 Estratificación de la oferta de servicios	47
4.2 Operación del subsistema de servicios radiológicos según niveles de atención: problemas de salud a atender en cada nivel	48
4.3 Conformación de los centros de servicios radiológicos	50
4.3.1 Centros de imaginología	51
4.3.1.1 Centros generales de diagnóstico imaginológico: Grado de complejidad tecnológica I.	52
4.3.1.2 Centros de especialidad radiológica básica: Grado de complejidad tecnológica II	53
4.3.1.3 Centros de diagnóstico de alta especialidad radiológica: Grado de complejidad tecnológica III	55
4.3.1.4 Centros radiológicos de referencia regional y nacional: Grado de complejidad tecnológica IV	58
4.3.2 Centros de radioterapia	59
4.3.2.1 Centros de radioterapia básica: Grado de complejidad tecnológica I	61
4.3.2.2 Centros de radioterapia especial: Grado de complejidad tecnológica II	61
<b>5. Responsabilidad, capacitación y actualización de los recursos humanos</b>	<b>65</b>
5.1 Recursos humanos en los servicios de radiología	65
5.2 Entrenamiento y educación continua	66
5.3 Requisitos específicos	67
5.3.1 Médico de referencia	67
5.3.2 Imaginología	68
5.3.2.1 Médico general	68
5.3.2.2 Médico radiólogo	68
5.3.2.3 Físico médico especialista en imaginología	69
5.3.2.4 Técnico o tecnólogo radiológico	69
5.3.2.5 Personal de enfermería	70
5.3.3 Radioterapia	71
5.3.3.1 Radioncólogo (médico u oncólogo radioterapeuta)	71
5.3.3.2 Físico médico especialista en radioterapia	71
5.3.3.3 Técnico o tecnólogo en radioterapia (radioterapeuta)	72
5.3.3.4 Dosimetrista	72
5.3.3.5 Personal de enfermería	73
5.3.4 Medicina nuclear	73
5.3.4.1 Médico especialista en medicina nuclear	73
5.3.4.2 Físico médico especialista en medicina nuclear	74
5.3.4.3 Radioquímico o radiofarmacéutico	74
5.3.4.4 Técnico o tecnólogo en medicina nuclear	75
5.3.4.5 Personal de enfermería	75
5.3.5 Mantenimiento	76

5.3.5.1	Personal de mantenimiento . . . . .	76
<b>6.</b>	<b>Proceso de compra de equipos de imaginología y radioterapia: especificaciones, pruebas de aceptación y mantenimiento . . . . .</b>	<b>77</b>
6.1	Aspectos generales . . . . .	77
6.2	Análisis de las necesidades de equipo . . . . .	78
6.3	Especificaciones de compra . . . . .	79
6.4	Análisis de ofertas y selección del proveedor . . . . .	82
6.5	Servicios y garantías . . . . .	82
6.6	Pruebas de aceptación . . . . .	83
6.7	Mantenimiento preventivo . . . . .	85
6.8	Coordinación de los programas de mantenimiento preventivo y control de calidad . . . . .	86
<b>7.</b>	<b>Garantía de calidad (QA) y control de calidad (QC) . . . . .</b>	<b>87</b>
7.1	Definiciones . . . . .	87
7.2	Responsabilidades . . . . .	88
7.3	Ejecución de los programas de QC . . . . .	88
7.3.1	Requisitos del equipo de QC . . . . .	89
7.3.2	Aspectos generales de los protocolos de QC . . . . .	90
7.3.3	Protocolos de QC específicos en imaginología . . . . .	92
7.3.4	Protocolos de QC específicos en radioterapia . . . . .	94
7.4	Vigilancia de los programas de QC . . . . .	96
7.5	Compromiso de la OPS/OMS en QA en radiología . . . . .	96
<b>8.</b>	<b>Fundamentos y aspectos prácticos de protección radiológica . . . . .</b>	<b>99</b>
8.1	Aspectos generales . . . . .	99
8.2	Características de las radiaciones ionizantes y sus interacciones . . . . .	99
8.3	Distribución microscópica de los iones . . . . .	100
8.4	Modos de exposición a radiaciones . . . . .	100
8.5	Magnitudes y unidades empleadas en radioprotección . . . . .	101
8.6	Fuentes naturales y artificiales de radiaciones . . . . .	102
8.7	Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes . . . . .	102
8.7.1	Efectos deterministas . . . . .	103
8.7.2	Efectos estocásticos . . . . .	103
8.8	Conceptos de protección radiológica . . . . .	103
8.8.1	Justificación . . . . .	105
8.8.2	Limitación de dosis . . . . .	105
8.8.3	Optimización de la protección . . . . .	105
8.8.4	Exposiciones potenciales . . . . .	105
8.8.5	Situaciones que requieren intervención . . . . .	106
8.8.6	Consideraciones particulares para las exposiciones médicas . . . . .	107
8.9	Medios de implementación de la protección radiológica y la seguridad . . . . .	107

8.9.1	Distancia . . . . .	108
8.9.2	Blindajes . . . . .	108
8.9.3	Tiempo . . . . .	109
8.9.4	Control de la contaminación . . . . .	109
8.9.5	Sistemas de seguridad . . . . .	109
8.10	Aplicación de la protección radiológica en los servicios de radiología . . . . .	110
8.10.1	Requisitos generales de diseño . . . . .	110
8.10.1.1	Zonas controladas . . . . .	111
8.10.1.2	Zonas supervisadas . . . . .	111
8.10.2	Requisitos específicos . . . . .	111
8.10.2.1	Servicios de radiodiagnóstico . . . . .	111
8.10.2.2	Servicios de radioterapia . . . . .	113
8.10.2.3	Servicios de medicina nuclear . . . . .	114
<b>9.</b>	<b>Normas de protección radiológica y funciones reguladoras . . . . .</b>	<b>115</b>
9.1	Aspectos generales . . . . .	115
9.2	Reglamentación nacional o estatal . . . . .	115
9.3	Infraestructuras nacionales . . . . .	115
9.4	Autoridad reguladora . . . . .	116
9.5	Estructura básica de una legislación nacional . . . . .	117
9.6	Organización de los servicios de protección radiológica . . . . .	118
<b>10.</b>	<b>Coordinación de los organismos involucrados en la organización y prestación de los servicios de radiología . . . . .</b>	<b>121</b>
10.1	Función del gobierno central. . . . .	121
10.2	Función de las universidades . . . . .	123
10.3	Función de las organizaciones científicas y profesionales . . . . .	123
10.4	Función de las industrias . . . . .	124
10.5	Función de los organismos internacionales . . . . .	124
	<b>Referencias bibliográficas . . . . .</b>	<b>127</b>
<b>Apéndices</b>		
<b>I.</b>	<b>Especificaciones de equipos radiológicos básicos . . . . .</b>	<b>137</b>
I-A	Especificaciones para la unidad radiológica WHIS-RAD . . . . .	139
I-B	Especificaciones para un equipo polivalente de ultrasonografía por barrido . . . . .	153
I-C	Requisitos de diseño para equipos de rayos X de megavoltaje para el tratamiento de cáncer en los países en desarrollo . . . . .	157

---

<b>II.</b>	<b>Legislación sobre mamografía</b> . . . . .	<b>165</b>
	II-A Legislación argentina sobre mamografía . . . . .	167
	II-B Legislación estadounidense sobre mamografía . . . . .	173
<b>III.</b>	<b>Currículos españoles de especialistas médicos y técnicos</b> . . . . .	<b>185</b>
	III-A Guía española de formación de médicos especialistas. Radiodiagnóstico . . . . .	187
	III-B Guía española de formación de médicos especialistas. Oncología radioterápica . . . . .	193
	III-C Guía española de formación de médicos especialistas. Medicina nuclear . . . . .	205
	III-D Currículo del ciclo formativo de grado superior correspondiente a técnico superior en imagen para el diagnóstico . . . . .	219
	III-E Borrador de programa educativo para la profesión de técnico en radiología: radiodiagnóstico - radioterapia - medicina nuclear . . . . .	235
<b>IV.</b>	<b>Información específica técnica y de funcionamiento para la licitación de un tomógrafo computarizado</b> . . . . .	<b>243</b>
<b>V.</b>	<b>Control de calidad en imaginología</b> . . . . .	<b>259</b>
<b>VI.</b>	<b>Control de calidad en radioterapia</b> . . . . .	<b>279</b>
<b>VII.</b>	<b>Normas del Colegio Americano de Radiología (ACR)</b> . . . . .	<b>293</b>
<b>VIII.</b>	<b>Datos de radioprotección</b> . . . . .	<b>299</b>
	VIII-A Valores del factor de ponderación de la radiación ( $W_R$ ) y del factor de ponderación del tejido ( $W_T$ ) . . . . .	301
	VIII-B Fuentes de exposición a radiaciones ionizantes . . . . .	305
	VIII-C Valores de dosis umbral para efectos deterministas . . . . .	309
	VIII-D Límites de dosis . . . . .	313
	<b>Glosario</b> . . . . .	<b>317</b>



## Abreviaturas y siglas

---

AAPM	Asociación Americana de Físicos en Medicina (American Association of Physicists in Medicine) [EUA]
ABC	control automático de brillo (automatic brightness control)
ABMP	Consejo Americano de Física Médica (American Board of Medical Physics) [EUA]
ABR	Consejo Americano de Radiología (American Board of Radiology) [EUA]
ACR	Colegio Americano de Radiología (American College of Radiology) [EUA]
ADCL	Laboratorio Acreditado de Calibración Dosimétrica (Accredited Dosimetry Calibration Laboratory) [EUA]
ADN	ácido desoxirribonucleico
A/D	analógico digital
AEC	control automático de exposición (automatic exposure control)
AEN	Agencia de Energía Nuclear (OCDE)
AETR	Asociación Española de Técnicos de Radiología [España]
AFERT	agentes físicos empleados en radioterapia
AGC	control automático de ganancia (automatic gain control)
ALARA	tan bajo como razonablemente posible (as low as reasonably achievable)
ALI	límite anual de incorporación (annual limit on intake)
AOBR	Consejo Osteopático Americano de Radiología (American Osteopathic Board of Radiology) [EUA]
AP	ánteroposterior
AQHI	agentes quimioterápicos hormonales e inmunológicos
ARCRT	Registro Americano de Técnicos en Radiología Clínica (American Registry of Clinical Radiography Technologists) [EUA]
ARRT	Registro Americano de Técnicos en Radiología (American Registry of Radiologic Technologists) [EUA]
B	base
BA/BS	Bachiller en Artes (Bachelor of Arts)/Bachiller en Ciencia (Bachelor of Science)
BRS	Sistema Radiológico Básico (Basic Radiological System)
ca	corriente alterna
CAT	computed axial tomography
cc	corriente continua
CDRH	Centro para Dispositivos y Salud Radiológica (Center for Devices and Radiological Health) [EUA]
CEE	Comunidad Económica Europea
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional

---

CEU	unidad de educación continua (continuing education unit)
CHR	capa hemirreductora
CIPR	Comisión Internacional de Protección Radiológica
CIUR	Comisión Internacional de Unidades y Mediciones de Radiación
CME	educación médica continua (continuing medical education)
CT	tomografía computarizada (computed tomography)
CTDI	índice de dosis de tomografía computarizada (computed tomography dose index)
cw	onda continua (continuous wave)
CYB	curieterapia y braquiterapia
D/A	digital/analógico
D/I	derecha/izquierda
dB	decibel
DCIS	carcinoma ductal <i>in situ</i> (ductal carcinoma <i>in situ</i> )
DNA	ácido desoxirribonucleico (deoxyribonucleic acid)
DO	densidad óptica
DSA	angiografía por sustracción digital (digital subtraction angiography)
EBR	eficacia biológica relativa
ELISA	ensayo inmunoabsorbente con enlace enzimático (enzyme linked immuno-sorbent assay)
ESTR	enfermedades susceptibles de ser tratadas con radioterapia
F	velo (fog)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FDA	Agencia de Control de Alimentos y Medicamentos (Food and Drug Administration) [EUA]
FFD	distancia foco-película (focus-film distance)
FIGO	Federación Internacional de Ginecología y Obstetricia
FOV	campo de visualización (field of view)
FWHM	ancho total a la mitad del máximo (full width half maximum)
Gy	gray
GYN	de ginecología (gynecological)
HCFA	Administración de Financiación de Atención de Salud (Health Care Financing Administration) [EUA]
ICD	clasificación internacional de enfermedades (International Classification of Diseases) [EUA]
ICRP	Comisión Internacional de Protección Radiológica (International Commission on Radiological Protection)
I/O	entrada/salida (input/output)
IQ	coeficiente de inteligencia (intelligence quotient)
IRM	imagenología por resonancia magnética

---

IRMA	radioinmunoensayo indirecto (indirect radioimmuno assay)
ISO	Organización Internacional de Normalización (International Standardization Organization)
ISRRT	Sociedad Internacional de Radiólogos y Técnicos de Radiología (International Society of Radiographers and Radiological Technicians)
keV	kiloelectrón-volt = 1.000 electrón-volt = $10^3$ eV
LCD	Laboratorio de Calibración Dosimétrica. Puede tener patrones primarios (LPCD) o secundarios (LSCD).
LET	transferencia lineal de energía (linear energy transfer)
Linac	acelerador lineal (linear accelerator)
MEMN	médico especialista en medicina nuclear [España]
MeV	Megaelectrón-volt = 1.000.000 electrón-volt = $10^6$ eV
MN	medicina nuclear
MQC	Manual de Control de Calidad del ACR
MQSA	Ley de Normas de Calidad de Mamografía (Mammography Quality Standards Act) [EUA]
MTF	función de transferencia de modulación (modulation transfer function)
NBS	Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación
NCRP	Consejo Nacional de Radioprotección y Medidas de Radiación (National Council on Radiation Protection and Measurements) [EUA]
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes de Electrotecnia (National Electrotechnical Manufacturers Association) [EUA]
NIST	Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute for Standards and Technology) [EUA]
NRC	Comisión Reguladora Nuclear (Nuclear Regulatory Commission) [EUA]
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
ODI	indicador óptico de distancia (Optical distance indicator)
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OIT	Organización Internacional del Trabajo
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OPS	Organización Panamericana de la Salud
ORT	oncología radioterapéutica
PA	pósterioanterior
PC	ordenador personal (personal computer)

---

PDD	porcentaje de dosis en profundidad (percentage depth dose)
PET	tomografía computarizada por emisión de positrones (positron emission tomography)
QA	garantía de calidad (quality assurance)
QC	control de calidad (quality control)
RCPSC	Real Colegio de Médicos y Cirujanos de Canadá (Royal College of Physicians and Surgeons of Canada) [Canadá]
RE	radioterapia externa
RET	radiaciones empleadas en radioterapia
rf	radiofrecuencia
RIA	radioinmunoanálisis
RM	resonancia magnética
RMN	resonancia magnética nuclear
RN	radionucleido (radionúclido)
ROC	características-receptor-operador (receptor-operator-characteristics)
ROI	región de interés (region of interest)
RP	radioprotección
RT	radioterapia
RTN	tratamientos con radiofármacos
RX	rayos X
RYO	radioterapia y oncología
SAD	distancia fuente-eje (source-axis distance)
SASPS	Subsecretaría de Administración de Servicios y Programas de Salud (Argentina)
SCPRI	Servicio Central de Protección contra Radiaciones Ionizantes (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants) [Francia]
SI	Sistema Internacional (de Unidades)
SID	distancia fuerte-receptor de imagen (source-image receptor distance)
SILOS	sistemas locales de salud
SMPTE	Sociedad de Ingenieros de Cine y Televisión (Society of Motion Picture and Television Engineers)
SPECT	tomografía computarizada por emisión de fotones (single photon emission computed tomography)
SSD	distancia fuente-piel (source-skin distance)
Sv	sievert
TAC	tomografía axial computarizada
TAR	razón tejido-aire (tissue-air ratio)
TC	tomografía computarizada
TMN	aplicaciones terapéuticas en medicina nuclear
TMR	razón tejido-máximo (tissue-maximum ratio)

---

TNM	estadificación de tumores (tumor, nódulos, metástasis)
TPR	razón tejido-maniquí (tissue-phantom ratio)
UICC	Unión Internacional contra el Cáncer
UE	Unión Europea
UM	unidades monitor
UNSCEAR	Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica (United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation)
US	ultrasonido, ultrasonografía, ecografía
WHIS-RAD	sistema imaginológico de radiología de la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization Imaging System-Radiology)

# 1. Introducción

---

## 1.1 Conceptos básicos

### 1.1.1 Servicios de salud

El ejercicio de las ciencias de la salud, en general, y el campo de acción de la medicina, en particular, se han ampliado extraordinariamente en las últimas décadas.

Los modelos holísticos han contribuido de manera importante a explicar, más allá de su expresión biológica, los fenómenos que determinan la salud y han abierto nuevas posibilidades de intervención para preservar y desarrollar el estado de salud de las personas y de los grupos sociales. La identificación de factores ambientales, sociales y de comportamiento como determinantes primarios de la salud, ha permitido precisar campos más amplios de acción en función de la salud y ha mejorado las posibilidades de aplicación intersectorial de las políticas públicas orientadas al bienestar individual y colectivo.

En el campo de las ciencias biológicas, la incorporación de avances tecnológicos ha transformado sustancialmente la práctica de la medicina. En este sentido, el mayor impacto del desarrollo tecnológico se ha producido en el perfeccionamiento de los medios de diagnóstico, tanto en los laboratorios clínicos como en la utilización de diversas formas de aplicación de las técnicas de imágenes.

Han transcurrido cien años desde que Roentgen descubriera los *rayos X*<sup>1</sup> (1895) y Becquerel descubriera la *radiactividad* (1896). La celebración del primer centenario de estas importantes contribuciones en la historia de la humanidad tiene lugar en un panorama de avance y de continua superación en la aplicación de los principios que sustentaron su aparición y su desarrollo inicial. Particularmente en las dos últimas décadas, se han producido grandes cambios, especialmente, debidos a la incorporación del ordenador y se han ampliado y vuelto extraordinariamente complejas las formas de utilización de las *radiaciones ionizantes* y no *ionizantes*.

---

<sup>1</sup> Las palabras o frases en cursiva y negrilla están definidas en el glosario.

---

En esa medida, se ha incrementado también su utilidad. Han aparecido nuevas modalidades de aplicación de las radiaciones y las técnicas se sustituyen y se complementan con gran celeridad. Entre ellas, hay que citar la aparición de la tomografía computarizada, la resonancia magnética y la tomografía por emisión de positrones, los cambios drásticos experimentados en la ecografía y las nuevas aplicaciones de técnicas radiológicas como, por ejemplo, la radiología intervencionista, que constituyen trascendentales contribuciones a la capacidad diagnóstica y terapéutica de la medicina actual.

Con el auge de las comunicaciones, la información sobre estos avances está hoy difundida por el mundo, ya no sólo al alcance de los profesionales sino de la población en general. Así, se han creado expectativas y patrones de consumo que reconocen la existencia de estos servicios y reclaman la posibilidad de su utilización. Sin embargo, la mayoría de estos adelantos configuran servicios cuyo alto costo actual los hace inaccesibles a segmentos muy importantes de la población.

Este es el caso en un buen número de países de América Latina y el Caribe. Si bien en estos países existen instalaciones y equipos de alta tecnología, tales instalaciones no son accesibles para los grupos de menores ingresos de la población, fundamentalmente por la baja cobertura derivada de las características de la organización y el financiamiento de los sistemas de atención de la salud.

Sin embargo, es importante tomar en consideración que se han iniciado procesos de reforma del sector salud en los países de la Región, que implican cambios trascendentes en la concepción política y en la conformación institucional, organizacional y financiera de los servicios de salud. Se espera que estas transformaciones contribuirán a corregir las deficiencias anotadas. Entre las tendencias de cambio observadas, se destacan la *descentralización* y el desarrollo de la administración local de servicios, que ocupan un lugar preponderante como estrategias fundamentales (1) para corregir los problemas de distribución de oportunidades y recursos y la falta de equidad en el acceso a los servicios, que hoy afecta a prácticamente un tercio de la población de la Región. En esos procesos de reforma sectorial, también tiene importancia el cambio del rol del Estado, el cual tiende a ser menos actor y más conductor y regulador en la prestación de servicios, y el consiguiente reconocimiento del pluralismo institucional existente en los sistemas de salud (2). Esta concepción multistitucional del sistema de salud favorece la introducción de formas de organización nuevas y más eficientes. Asimismo, en esos procesos de cambio tienen importancia las modificaciones financieras por extensión de la seguridad social a nuevos grupos poblacionales, las cuales llevan aparejadas nuevas modalidades de contratación y nuevas formas de pago de los servicios. Todos

---

estos cambios condicionan características organizacionales y operativas muy diferentes de la atención de salud, que repercutirán en la organización y utilización de los servicios de radiología que, en este documento, comprenden a los servicios de imaginología y a los servicios de radioterapia.

Dentro de este marco general, esta publicación tiene como propósito ubicar la planificación, organización y operación de los servicios de imaginología y radioterapia en la estrategia de desarrollo de los *sistemas locales de salud (SILOS)* (3), teniendo en cuenta las características del nuevo contexto tecnológico, político, financiero y organizacional de los sistemas de salud. Se plantea la necesidad de revisar o reexaminar definiciones, conceptos y principios que han sustentado la organización general de los servicios durante varias décadas: algunos de estos principios continúan siendo válidos, pero requieren nuevas interpretaciones operativas que sean consistentes con las formas de organización y financiación de los servicios de salud que surgen de los procesos de reforma y de la incorporación de los conceptos y normas del mercado en el sector salud.

En esa línea de pensamiento, tiene particular interés revisar los elementos de la organización estratificada de servicios de salud basándose en el concepto de *niveles de atención* (4) y su aplicación en la planificación de servicios de imaginología y radioterapia, dentro del nuevo contexto plurinstitucional y financiero de los sistemas de salud.

### 1.1.2 Recursos humanos

La realización eficiente y segura de los procedimientos de diagnóstico y terapia con *fuentes* de radiación requiere que los recursos humanos involucrados se encuentren adecuadamente capacitados y entrenados. El médico clínico, el especialista en radiología, el radioterapeuta, el especialista en medicina nuclear, el físico médico, los técnicos o tecnólogos y el personal de enfermería, deben poseer conocimientos actualizados sobre los beneficios y *riesgos* potenciales de las diversas técnicas, así como sobre el modo de realizar cada una de ellas con la mejor calidad y menor *riesgo* para el paciente.

Una especialidad de importancia relevante es la física médica, dado que se emplean procedimientos en los que se recurre a un agente físico (radiación) para lograr un resultado como consecuencia de su interacción con los pacientes. La planificación de muchos procedimientos involucra aspectos físicos que sólo pueden ser resueltos satisfactoriamente mediante la labor de un físico médico en estrecha colaboración con el médico especialista.

---

## 1.2 Servicios de radiología

En la planificación de los programas de salud, deben considerarse los recursos necesarios para la preservación y desarrollo de la salud y aquellos necesarios para su recuperación. En este último aspecto, la medicina cuenta con técnicas diversas para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades; un conjunto muy importante de esas técnicas se fundamenta en el empleo de radiaciones de distinta naturaleza.

Las radiaciones constituyen un fenómeno físico que implica el transporte de energía: cuando la energía de una radiación interactúa con los tejidos de un paciente puede generarse información sobre la estructura de los mismos que, generalmente, es recogida como imagen por un elemento sensible, lo que permite efectuar un diagnóstico. Si la energía transmitida es suficientemente alta, pueden inducirse transformaciones o destrucción de los tejidos, siendo así posible realizar ciertos tratamientos.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las radiaciones, además de hacer posible procedimientos de diagnóstico y tratamiento altamente beneficiosos, pueden también dar lugar a efectos negativos para la salud de los pacientes irradiados y la de otras personas que resulten expuestas en razón de su trabajo o su proximidad.

Los diversos tipos de *radiaciones* suelen clasificarse en *ionizantes* y no *ionizantes*, según puedan o no alterar la estructura atómica de la materia con la que interactúan. Entre las radiaciones ionizantes, se encuentran los *rayos X*, las emisiones radiactivas y las producidas por los *aceleradores* de partículas. Entre las no ionizantes, se encuentran las de naturaleza electromagnética como las de radiofrecuencia, microondas, ultravioleta, láser y las de naturaleza mecánica como el ultrasonido.

A fin de evitar o limitar los efectos indeseables de las *radiaciones ionizantes* sobre la salud, se han desarrollado criterios y técnicas de protección y seguridad que se aplican al diseño y operación de equipos e instalaciones y al control de *fuentes* de radiación.

La complejidad de instalaciones que requieren las técnicas que utilizan *fuentes* de radiación cubre una amplia gama, desde los más sencillos equipos de *rayos X* hasta los equipos de tomografía por emisión de positrones y los *aceleradores* asociados de producción de *radioisótopos*. Para que la utilización de esas técnicas resulte eficiente y segura, es conveniente su inserción en la planificación y desarrollo de los programas de salud. La eficiencia resultará de

---

la adecuada selección y disponibilidad de los recursos y de los programas de *control de calidad*; la seguridad será consecuencia de una correcta implementación de los criterios de protección radiológica.

### 1.2.1 Imaginología

La imaginología puede ser diagnóstica o intervencionista. Las técnicas de diagnóstico permiten obtener información morfológica (estática) o información fisiológica (dinámica) del paciente. Para ello, se dispone de los recursos de la radiología, la medicina nuclear, la ecografía y la resonancia magnética.

La radiología permite la realización de estudios estáticos (radiografía) y dinámicos (fluoroscopia). Entre los estudios estáticos merecen destacarse los que hacen posible la tomografía computarizada por su gran valor informativo.

La medicina nuclear, mediante la incorporación de radiofármacos al paciente, permite también la realización de estudios morfológicos (estudios de captación) y fisiológicos (mediante la utilización de *gammacámaras*). Además, hace posible técnicas de diagnóstico *in vitro* como el radioinmunoanálisis.

La ecografía también permite obtener información anatómica y, mediante la incorporación del módulo Doppler, se puede conseguir información fisiológica.

La imaginología intervencionista consiste en procedimientos quirúrgicos realizados bajo control imaginológico.

### 1.2.2 Radioterapia

Los procedimientos radioterapéuticos utilizan la energía de las *radiaciones ionizantes* para destruir tejidos tumorales. Las *fuentes* de radiación (*fuentes* radiactivas selladas, *aceleradores* de partículas, equipos de *rayos X*) pueden ser ubicadas a cierta distancia de los tejidos a irradiar (teleterapia) o, tratándose de pequeñas *fuentes selladas*, pueden colocarse en contacto con los tejidos que deben irradiarse (braquiterapia).

Asimismo, las técnicas de medicina nuclear permiten efectuar procedimientos radioterapéuticos mediante la administración de radiofármacos que se incorporan selectivamente en un tipo de tejido según el comportamiento metabólico de las sustancias químicas utilizadas.