

INIS-UY--016



UY9800066

DOSIMETRIA DE FUENTES EXTERNAS  
Y BLINDAJES.

(CURSO REGIONAL DE CAPACITACION SOBRE LA PRACTICA  
DE LA RADIOFARMACIA HOSPITALARIA).

MONTEVIDEO. URUGUAY

JUNIO DE 1994.

W. CALISTO  
C.I.N.



**We regret that  
some of the pages  
in this report may  
not be up to the  
proper legibility  
standards, even  
though the best  
possible copy was  
used for scanning**

## INTRODUCCION.

EL TERMINO DOSIMETRIA EXTERNA INDICA EXPRESAMENTE QUE SE TRATA DE LA CUANTIFICACION DE UN CAMPO DE RADIACION EN UN MEDIO DETERMINADO (O ZONA DE INTERES).

ESTE MEDIO ESTA A UNA DISTANCIA MENSURABLE DE LA FUENTE DE RADIACION, LA CUAL NO PRESENTA OTRA INTERACCION CON DICHO MEDIO QUE NO SEA LA ENTREGA DE ENERGIA.

CON ESTE CONCEPTO SE PRETENDE MOSTRAR QUE LA FUENTE DE RADIACIONES NO PARTICIPA DE UN PROCESO METABOLICO, POR EJEMPLO, COMO ELEMENTO QUIMICO REACCIONANTE, PARA LO CUAL EN ESE CASO HABLARIAMOS DE DOSIMETRIA INTERNA.

ES EVIDENTE ENTONCES QUE EL TERMINO DOSIMETRIA EXTERNA TIENE UNA AMPLITUD QUE NO SE LIMITA SOLAMENTE AL CAMPO BIOLOGICO.

Y ESTO ES ASI TAMBIEN PARA EL ASPECTO DEL BLINDAJE INTERPUESTO ENTRE LA FUENTE DE RADIACIONES Y LA ZONA DE INTERES.

EL BLINDAJE O BARRERA INTERPUESTA TIENE POR FIN ATENUAR O ELIMINAR LA ACCION DE UNA RADIACION SOBRE LA ZONA DE INTERES.

Y ESTE PUEDE SER UN MEDIO BIOLOGICO, O NO (EJ. PROTECCION DE COMPONENTES ELECTRONICOS).

## DOSIMETRIA DE FUENTES EXTERNAS.

PUESTO QUE NO SE ESPECIFICA DE CUALES FUENTES SE TRATA ES CLARO QUE LAS RADIACIONES PUEDEN SER DIRECTAMENTE IONIZANTES O INDIRECTAMENTE IONIZANTES.

EN EL CASO DE ESTE CURSO LA GRAN MAYORIA DE LAS SITUACIONES ENFRENTADAS EN ESTE TEMA SE REFERIRAN A FUENTES EMISORAS DE FOTONES.

AISLANDO UN HAZ MUY ESTRECHO DE ESTOS FOTONES (EL QUE SEA ASI FACILITA LA INTRODUCCION A LA RESOLUCION DEL PROBLEMA DE LA DOSIMETRIA EN UN PUNTO) CONTAMOS CON UN "FLUJO" DE LOS MISMOS, O SEA EL NUMERO DE FOTONES POR SEGUNDO QUE ATRAVIESAN UN AREA INFINITESIMAL (LO SUFICIENTEMENTE PEQUENA PARA QUE NO SE ALTERE POR VARIACIONES DE "N" NI DEMASIADO GRANDE QUE SALGA FUERA DEL PUNTO DE INTERES).

ESTOS FOTONES ATRAVESARAN UN MEDIO CON EL CUAL INTERACCIONARAN LO QUE REPRESENTARA UNA ATENUACION O DISMINUCION DE RADIACION A MEDIDA QUE ESE MEDIO ES ATRAVESADO.

LA PROBABILIDAD DE INTERACCION O COEFICIENTE DE ATENUACION " $\mu$ " REPRESENTA LA FRACCION DE FOTONES INCIDENTES QUE DESAPARECEN DEL HAZ PRINCIPAL AL ATRAVESAR CIERTO ESPESOR DE ABSORBENTE " $\Delta x$ ":

$\mu = \Delta N / N \cdot \Delta x$  SIENDO "N" EL NUMERO DE FOTONES POR SEGUNDO. SI ASUMIMOS QUE INICIALMENTE ERAN " $N_0$ " Y AL EMERGER QUEDAN "N" INTEGRANDO PARA TODO EL RECORRIDO SE TIENE:

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu x}$$
DIVIDIENDO AMBOS MIEMBROS POR " $\Delta S$ " Y MULTIPLICANDO POR LA ENERGIA DE CADA FOTON "E" RESULTA:

$$N \cdot E / \Delta S = N_0 \cdot E / \Delta S \cdot e^{-\mu x}$$

ESTO REPRESENTA LA INTENSIDAD DEL HAZ DE FOTONES "I".

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

PUESTO QUE EL INTERES ESTA CENTRADO EN LA DETERMINACION DE LA ENERGIA QUE DESAPARECE DEL HAZ, Y POR LO TANTO LA QUE REALMENTE PODRIA AFECTAR AL MEDIO BAJO ESTUDIO, ES FUNDAMENTAL RELACIONAR

ESTOS CONSIDERANDOS CON LA MASA DE MATERIA AFECTADA " $\Delta m$ ". DIVIDIENDO  $\Delta N = u \cdot N \cdot \Delta x$  ENTRE  $\Delta m$  SE TIENE:

$$\Delta N / \Delta m = u \cdot N \cdot \Delta x / \Delta m$$

PUESTO QUE  $\Delta m = \Delta S \cdot \Delta x \cdot d$ , SIENDO "d" LA DENSIDAD DEL MEDIO, SUSTITUYENDO EN LA ANTERIOR EXPRESION Y MULTIPLICANDO POR "E" SE TIENE:

$$\Delta N \cdot E / \Delta m = u \cdot N \cdot E / d \cdot \Delta S \quad \text{LO QUE ES IGUAL A } : (u/d) \cdot I$$

"u/d" ESTA REPRESENTANDO EL COEFICIENTE MASICO DE ATENUACION.

PERO SABEMOS QUE POR PROCESOS DE INTERACCION (EJ. EFECTO COMPTON) PARTE DEL HAZ ESTUDIADO SERA ABSORBIDO EFECTIVAMENTE POR EL MEDIO PERO OTRA PARTE SERA DISPERSADO, PUDIENDO O NO SER ABSORBIDO POR EL MEDIO.

ES DECIR :

$u = u_a + u_s$  :  $u_a$  COEFICIENTE DE ABSORCION;  $u_s$  COEFICIENTE DE DISPERSION.

DE ESTO DEDUCIMOS QUE SI EL INTERES ES CUANTIFICAR LA DOSIS ABSORBIDA EN UN MEDIO (LA ENERGIA DEPOSITADA POR UNIDAD DE MASA) CONCLUIAMOS QUE LA TASA O VELOCIDAD DE ENTREGA DE ESA DOSIS "D" ES:

$$D = (u_a / d) \cdot I$$

ESTA RELACION SE CUMPLE EFECTIVAMENTE EN UNA ZONA DE "EQUILIBRIO ELECTRONICO" O SEA DONDE LA APARICION DE PARTICULAS IONIZANTES POR EFECTO DE LA INTERACCION DE LOS FOTONES EN ESE PUNTO SE TRADUZCA EN QUE SE ESTABLEZCA UN EQUILIBRIO ENTRE LOS ELECTRONES QUE SALEN DE LA ZONA Y LOS QUE PROVIENEN DE LOS ALREDEDORES. POR SUPUESTO QUE LA ENERGIA DE LOS FOTONES Y EL MEDIO AFECTADO SON LOS CONDICIONANTES PARA ESTABLECER UNA DIMENSION ADECUADA A ESE EQUILIBRIO (EJ.: PARA RAYOS GAMMA DE Co-60 SOBRE PIEL ES DE 5 mm).

ES DECIR DONDE

LA ENERGIA ABSORBIDA CORRESPONDE A LA ENERGIA CINETICA QUE ADQUIRIERON LOS ELECTRONES MOVILIZADOS (KERMA).

PERO LO PRACTICO ES CONOCER LA ACTIVIDAD DE UNA FUENTE RADIOACTIVA Y SU NATURALEZA, CON LO CUAL FACILITAREMOS UNA APROXIMACION ADECUADA A UN CALCULO DE DOSIS.

SI EXPRESAMOS LA INTENSIDAD "I" (FLUENCIA ENERGETICA O ENERGIA POR UNIDAD DE AREA Y DE TIEMPO) COMO:

$$I = A \cdot E / 4 \cdot \pi \cdot d_s^2 \text{ DONDE}$$

A = ACTIVIDAD DE LA FUENTE RADIOACTIVA; E = ENERGIA DE LOS FOTONES;  $d_s$  = DISTANCIA FUENTE - PUNTO DE INTERES. ( $\pi = 3,14159$ ).

POR LO TANTO:

$$\dot{D} = A \cdot E / 4 \cdot \pi \cdot d_s^2 \cdot (u_a/d) \cdot (e^{-u \cdot x})$$

ESTA EXPRESION ES PARA EMISIONES MONOENERGETICAS.

PARA CASOS DE EMISORES POLIENERGETICOS DEBE CONSIDERARSE CADA FOTON POR SEPARADO Y LUEGO ESTABLECER LA SUMA DE LAS DOSIS APORTADA POR CADA UNO.

PARA EL USO COTIDIANO (Y NO TANTO) ES POSIBLE FACILITAR LAS COSAS.

SE INTRODUCE UN TERMINO QUE SIMPLIFICA LA EXPRESION Y QUE SE ENCUENTRA TABULADO PARA NUMEROSOS EMISORES DE FOTONES.

DICHO TERMINO CONSTANTE PARA CADA EMISOR REPRESENTA LA DOSIS EN AIRE A 1 METRO DE DISTANCIA QUE ENTREGA UNA UNIDAD DE ACTIVIDAD (EJ.: 1 CURIE). " T ".

EL TERMINO "DOSIS EN AIRE" SE ESPECIFICA PORQUE REALMENTE SE ESTA HABLANDO DE "EXPOSICION".

HISTORICAMENTE Y PRATICAMENTE EL AIRE ES EL PRIMER ABSORBENTE CONQUE EN GENERAL SE TOPAN LOS FOTONES APENAS ABANDONAN LA FUENTE.

SE PRODUCEN IONIZACIONES (FORMACION DE PARES IONICOS = PERDIDA DE ENERGIA DEL HAZ) LO QUE SIGNIFICA DEPOSITO DE ENERGIA EN UNA CIERTA MASA DE AIRE (DOSIS).

ES LA EXPOSICION (Y SI ES POR UNIDAD DE TIEMPO O VELOCIDAD DE ENTREGA, TASA DE EXPOSICION) : " X ".

ACTUALMENTE HABLAMOS DE UNIDADES DE CARGA ELECTRICA POR UNIDAD DE MASA (COULOMBIOS/ Kg)

HASTA HACE POCOS AÑOS CONTABAMOS CON EL "ROENTGEN" COMO UNIDAD DE EXPOSICION QUE EQUIVALIA A:

$$1R = 86,9 \text{ ERGIOS/GRAMO}$$

SI LAS UNIDADES DE DOSIS LAS EXPRESAMOS EN TERMINOS DE CARGAS ELECTRICAS POR UNIDAD DE MASA( Y CAMBIANDO DEL SISTEMA C.G.S. AL M.K.S.A.) SE TIENE:

$$1R = 2,58 \text{ C / Kg DE AIRE}$$

SI LO QUE QUEREMOS SABER ES LA DOSIS EN UN MEDIO DIFERENTE AL AIRE TENEMOS QUE CONOCER LA RELACION ENTRE LAS PROBABILIDADES DE ABSORBERSE ENERGIA EN EL MEDIO TRATADO RESPECTO A LAS PROBABILIDADES EN AIRE.

ES DECIR LA RELACION ENTRE LOS COEFICIENTES MASIVOS DE ABSORCION EN EL MEDIO Y EN AIRE.

EN RESUMEN:  $\curvearrowright$

$$\dot{D} / \dot{X} = (u_a / d)_m / (u_a / d)_a \cdot 0,869 (\text{RAD} / \text{ROENTGEN}).$$

ESTE TERMINO SE ENCUENTRA TABULADO EN LA LITERATURA ESPECIALIZADA(O GRAFICADO):

"  $\delta_L$  "

VOLVIENDO A LA SIMPLIFICACION PROPUESTA PARA EL CALCULO DE DOSIS CON LA INTRODUCCION DE "  $T$  " SE TIENE:

$$\dot{X} = \lambda \cdot T / d^2$$

$$\text{DE DONDE : } \dot{D} = \delta_L \cdot \dot{X} \quad \text{O} \quad \dot{D} = \lambda \cdot T \cdot \delta_L / d^2$$

( DEBE AGREGARSE EL TERMINO DE ATENUACION EN EL MEDIO ).

DOSIS ACUMULADA.

ES PRECISO EN MUCHAS OPORTUNIDADES CONOCER LA DOSIS ACUMULADA EN CIERTO TIEMPO.

INTEGRANDO LA EXPRESION ANTERIOR

$$\text{SE OBTIENE: } D = \dot{D}_0 / \ell \cdot (1 - e^{-\ell t})$$

DONDE "  $\ell$  " ES LA CONSTANTE DE DECAIMIENTO RADIOACTIVO DE LA FUENTE. "  $t$  " TIEMPO DE EXPOSICION A LA FUENTE.

### BLINDAJES.

POR DIFERENTES MOTIVOS, PERO FUNDAMENTALMENTE POR SALUD ES PRECISO COLOCAR UNA BARRERA ADECUADA ENTRE LA FUENTE Y LA ZONA A PROTEGER.

ESTO A SU VEZ DEPENDE DE MUCHOS FACTORES : NATURALEZA DE LA RADIACION; ENERGIA DE LA MISMA; AREA A PROTEGER; VOLUMEN DE TRABAJO EN LAS CERCANIAS DE LA FUENTE; ETC..

PERO EN TODOS LOS CASOS SE BUSCA LOGRAR NIVELES DE DOSIS LO MAS BAJO POSIBLE Y POR SUPUESTO POR DEBAJO DE LOS LIMITES APROBADOS (Y PROBADOS) EN CASI TODOS LOS PAISES.

BLINDAR UNA FUENTE RADIOACTIVA NO IMPLICA REDUCIR A CERO LA DOSIS QUE APORTA AL ENTORNO, SINO MANTENER ESA DOSIS EN VALORES QUE PERMITAN OPERAR EN LAS INMEDIACIONES SIN RIESGOS.

### BLINDAJE PARA FOTONES.

LOS FOTONES CONSTITUYEN EL PORCENTAJE MAS ALTO DE RADIACIONES CON LAS CUALES ES MAS FRECUENTE TRABAJAR.

EN LA MAYORIA DE LOS CASOS Y MAS AUN EN UN LABORATORIO DE DIMENSIONES REDUCIDAS, SE TRATA DE LOGRAR EL MAXIMO DE EFECTIVIDAD CON EL MINIMO DE COSTO EN ESPACIO Y MATERIAL.

### BLINDAJES HACIA AFUERA Y HACIA ADENTRO.

ESTE CONCEPTO SE HA EMPLEADO A LOS EFECTOS DE CALCULAR UNA BARRERA ADECUADA EN CONDICIONES EN LAS QUE SE CONOCEN MAS PARAMETROS, POR EJEMPLO EN BLINDAJE HACIA ADENTRO, QUE HACIA AFUERA.

"HACIA AFUERA" QUIERE DECIR QUE LA DISTANCIA DE LA FUENTE A LA PARED INTERNA DEL BLINDAJE ES CONSTANTE (CASO DE UN FRASCO EN UN POTE DE PLOMO.) POR LO TANTO SI DEBE MODIFICARSE EL ESPESOR DE LA BARRERA SOLO SERA POSIBLE HACIA AFUERA. ESTO SE REFLEJA EN EL CALCULO QUE TENDRIA QUE HACERSE DADO QUE LO NORMAL ES FIJAR LA DOSIS EN LA CARA EXTERNA, POR LO TANTO LA DISTANCIA FUENTE-CARA EXTERNA SERA UNA INCOGNITA PORQUE CONTIENE AL ESPESOR DE BLINDAJE QUE ES VARIABLE.

"HACIA ADENTRO" ENTONCES SE REFIERE AL CASO EN QUE LA DISTANCIA FUENTE-CARA EXTERNA DE LA BARRERA ES CONSTANTE (EJ.: ESPACIOS REDUCIDOS PARA UBICAR FUENTES)



EN ESTE CASO LA VARIABLE ESPESOR DE BLINDAJE ESTA INCLUIDA EN LA DISTANCIA, ESTO SE TRADUCE EN UN CALCULO RELATIVAMENTE MAS SENCILLO.

CALCULO DEL ESPESOR DE BLINDAJE.

TENIENDO EN CUENTA LA ECUACION :  $\dot{X} = \frac{A \cdot T^0}{d^2}$  Y AGREGANDO EL TERMINO DE ATENUACION "  $e^{-u \cdot x}$  " TENEMOS LA EXPRESION :  $\dot{X} = \frac{A \cdot T^0}{d^2} \cdot e^{-u \cdot x}$  CON ESTA

SIMPLE EXPRESION SE PUEDE APROXIMAR ADECUADAMENTE EN MUCHOS CASOS A RESOLVER RAPIDAMENTE DESPEJANDO "x".

PERO DEBE TENERSE EN CUENTA QUE PARA CALCULOS MAS PRECISOS ES NECESARIO INCLUIR OTRO FACTOR A LA OPERACION.

ESTE FACTOR DE "ACUMULACION" "B", ES RESULTADO DE HABER CONSIDERADO UN ABSORBENTE PARA UN HAZ ESTRECHO DE RADIACIONES.

PERO SABEMOS QUE DE ESE HAZ PARTE FUE ABSORBIDO Y PARTE DISPERSADO.

ESTA DISPERSION (INCLUIDO EL EFECTO COMPTON Y FORMACION DE PARES) HACE QUE LA RADIACION QUE PUEDE LLEGAR AL PUNTO DE INTERES, LUEGO DE ATRAVESAR EL ABSORBENTE, SEA MAYOR QUE LA ESPERADA.

Y ESTO DEPENDE DEL ESPESOR DEL BLINDAJE, DE LA ENERGIA DE LOS FOTONES Y DEL MATERIAL EMPLEADO PARA LA BARRERA.

POR LO TANTO LA RELACION PARA  $\dot{X}$  QUEDA:  $\dot{X} = \frac{A \cdot T^0}{d^2} \cdot e^{-u \cdot x} \cdot B$

LA EXPRESION ANTERIOR ES ADECUADA PARA UN HAZ MONOENERGETICO DE FOTONES.

ES DECIR QUE DEBERIA RESOLVERSE PARA CADA CASO Y TENIENDO EN CUENTA LAS ABUNDANCIAS RELATIVAS DE CADA EMISION.

ESTO YA ES MAS COMPLICADO, Y SALVO EN CASOS MUY PARTICULARES O ESPECIALIZADOS SE RECURRIRA A ESE CAMINO.

PARA FACILITAR LA TAREA EN ALGUNOS CASOS SE CUENTA CON CURVAS DE RELACION DE TRANSMISION "K" EN LAS QUE SE OBTIENE PRECISAMENTE:

$$K = \frac{\text{EXPOSICION CON ABSORBENTE EN UN PUNTO}}{\text{EXPOSICION SIN ABSORBENTE EN EL MISMO PUNTO}}$$

TODO ESTO PARA DIFERENTES MATERIALES ABSORBENTES Y DIFERENTES ENERGIAS DE LOS FOTONES A ATENUAR.

TODO CONSISTE ENTONCES EN BUSCAR LA GRAFICA(O TABLA DE VALORES PARA EL RADIONUCLEIDO Y EL ABSORBENTE SELECCIONADO Y SI SE TRATA DE BLINDAJE "HACIA ADETRAS", POR EJEMPLO, SE CUENTA COMO DATO LA EXPOSICION CON ABSORBENTE, Y POR UN CALCULO SENCILLO ASUMIENDO NO ABSORCION EN AIRE LA EXPOSICION SIN ABSORBENTE.

LUEGO BASTA CON EL VALOR DE K IR A LA CURVA ADECUADA Y OBTENER EL ESPESOR BUSCADO.

SI SE TRATA DE BLINDAJE HACIA AFUERA ES ALGO MAS COMPLICADO(PERO NO DEMASIADO).

#### MATERIALES EMPLEADOS PARA BLINDAJES.

PARA FOTONES LO MEJOR ES MATERIALES DENSOS Y SI TIENEN "Z" ALTO MEJOR.

UN MATERIAL QUE CUMPLE CON ESTO Y ES RELATIVAMENTE ECONOMICO, Y POR SER DENSO OCUPA POCO ESPACIO, ES EL PLOMO.

PERO DEPENDE DE LO QUE SE DESEA ES EL MATERIAL SELECCIONADO. SI SE TRATA DE TODA UNA HABITACION A BLINDAR EL MATERIAL ES EL HORMIGON(QUE PUEDE MEJORARSE AUMENTANDO SU DENSIDAD MEDIA CON DIFERENTES AGREGADOS QUE NO MODIFIQUEN SUS PROPIEDADES PARA LA CONSTRUCCION, EJ.: ILMENTITA, VARILLAS DE HIERRO, ETC..).

PERO SI EL PROBLEMA NO ES EL ESPACIO LO MAS ECONOMICO PUEDE SER EL AGUA.

COMO TAMBIEN Y EN FUNCION DE LO QUE SE BUSCA PARA LA PROTECCION ES POSIBLE UNA COMBINACION DE ABSORBENTES.

## BLINDAJE PARA RADIACION BETA.

EN ESTE CASO SABEMOS QUE UN ESPESOR ADECUADO DE ABSORBENTE DETIENE ESTOS RAYOS.

CONSIDERANDO LOS VALORES DE ENERGIAS MAXIMAS (CON LO CUAL QUEDA CUBIERTO EL RESTO DE ELECTRONES) ES POSIBLE APROXIMAR EL RANGO O ALCANCE EN DIFERENTES MATERIALES POR LA EXPRESION:

$$R_1 \cdot d_1 = R_2 \cdot d_2 = \text{CONSTANTE}$$

"R" -- RANGO O ALCANCE DE LAS BETA

"d" -- DENSIDAD DEL MATERIAL ABSORBENTE.

DEBE TENERSE EN CUENTA QUE ES CONVENIENTE USAR BLINDAJES DE "Z" BAJO (ALUMINIO, PLASTICOS, ETC..) PARA EVITAR EN LO POSIBLE LA FORMACION DE RADIACION DE FRE-NADO, QUE IMPLICARIA UNA SOBREDOSIS NO DESEADA.

TABLA X-9-5

VALORES DE  $\bar{E}_\beta$  y de  $\Gamma$  PARA LOS RADIONUCLEIDOS  
MAS COMUNES

Radionucleido	$\bar{E}_\beta$	$\Gamma$
--	MeV	Rm <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> Ci <sup>-1</sup>
<sup>3</sup> H	0,0056	-
<sup>14</sup> C	0,045	-
<sup>22</sup> Na	0,193	1,32
<sup>24</sup> Na	0,56	1,93
<sup>28</sup> Hg	1,38	1,02
<sup>32</sup> P	0,70	-
<sup>35</sup> S	0,049	-
<sup>42</sup> K	1,45	0,14
<sup>45</sup> Ca	0,077	-
<sup>51</sup> Cr	0,005	0,02
<sup>54</sup> Mn	0,006	0,47
<sup>55</sup> Fe	0,006	-
<sup>59</sup> Fe	0,118	0,645
<sup>57</sup> Co	0,007	-
<sup>58</sup> Co	0,035	0,54
<sup>60</sup> Co	0,093	1,34
<sup>64</sup> Cu	0,130	0,11
<sup>75</sup> Se	0,011	0,184
<sup>82</sup> Br	0,142	1,46
<sup>86</sup> Rb	0,68	0,049
<sup>85</sup> Sr	0,014	0,32
<sup>90</sup> Sr (con <sup>90</sup> Y)	0,20+0,93	-
<sup>90</sup> Y	0,93	-

Radionucleido	$\bar{E}_\beta$	$\Gamma$
--	MeV	Rm <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> Ci <sup>-1</sup>
<sup>113</sup> <sub>Sn</sub> - <sup>113m</sup> <sub>In</sub>	0,025	0,35
<sup>125</sup> <sub>I</sub>	0,027	0,06
<sup>131</sup> <sub>I</sub>	0,188	0,292
<sup>132</sup> <sub>I</sub>	0,483	1,23
<sup>137</sup> <sub>Cs</sub> (con <sup>137m</sup> <sub>Ba</sub> )	0,242	0,324
<sup>198</sup> <sub>Au</sub>	0,328	0,236
<sup>197</sup> <sub>Hg</sub>	0,07	0,04
<sup>203</sup> <sub>Hg</sub>	0,10	0,12

X - 10.- FIGURAS

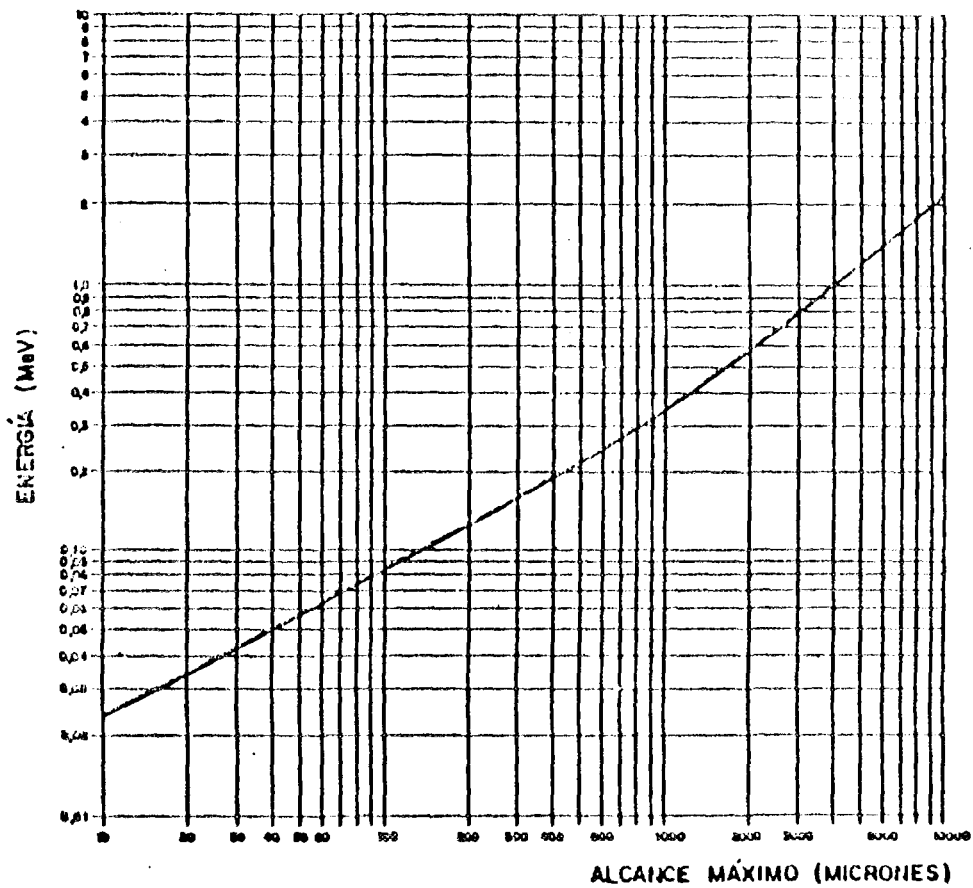
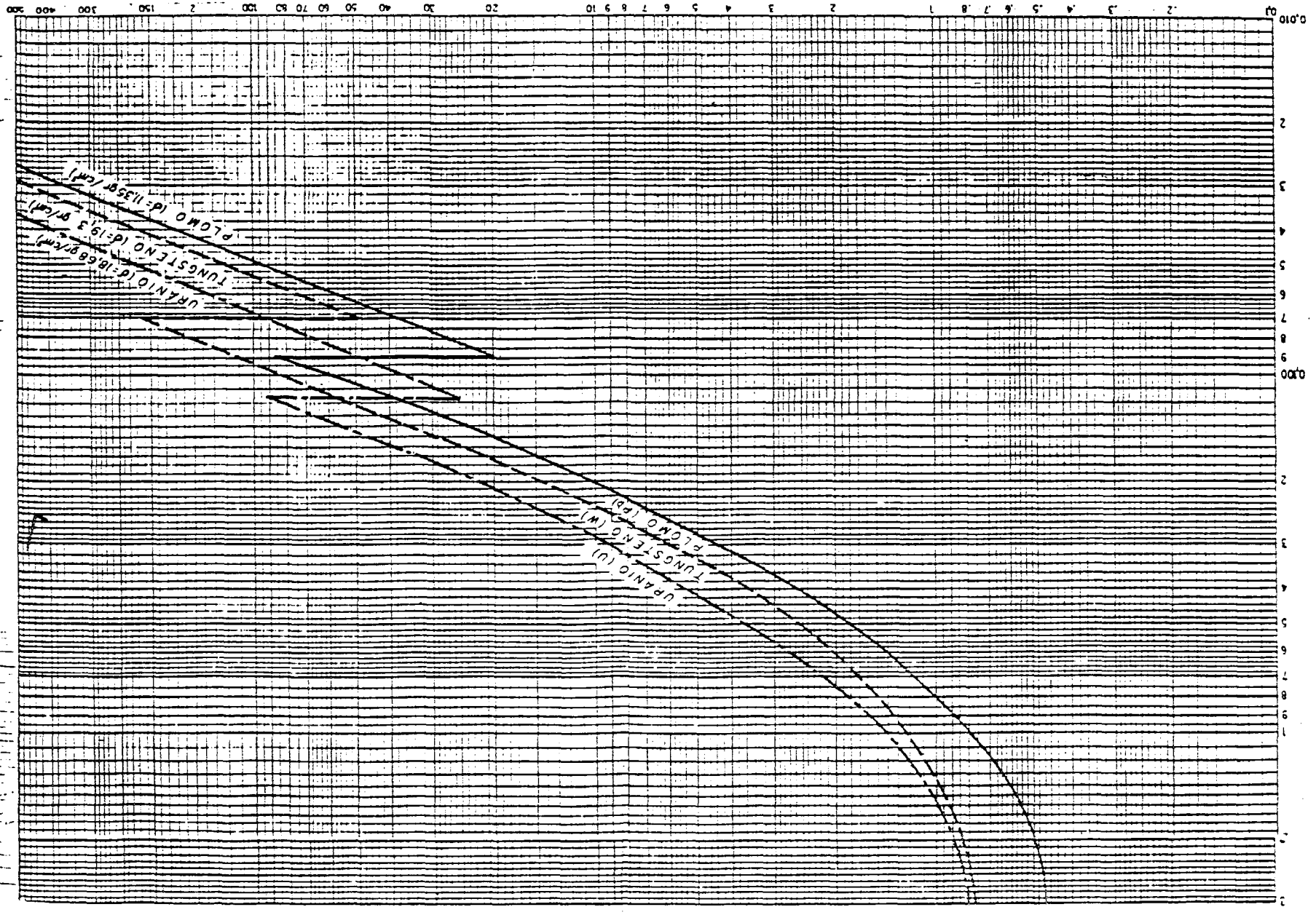


Figura X-10-1.- Alcance de partículas beta en tejido acuoso.

✓

99 - X



LINEAL DIA. (CM)

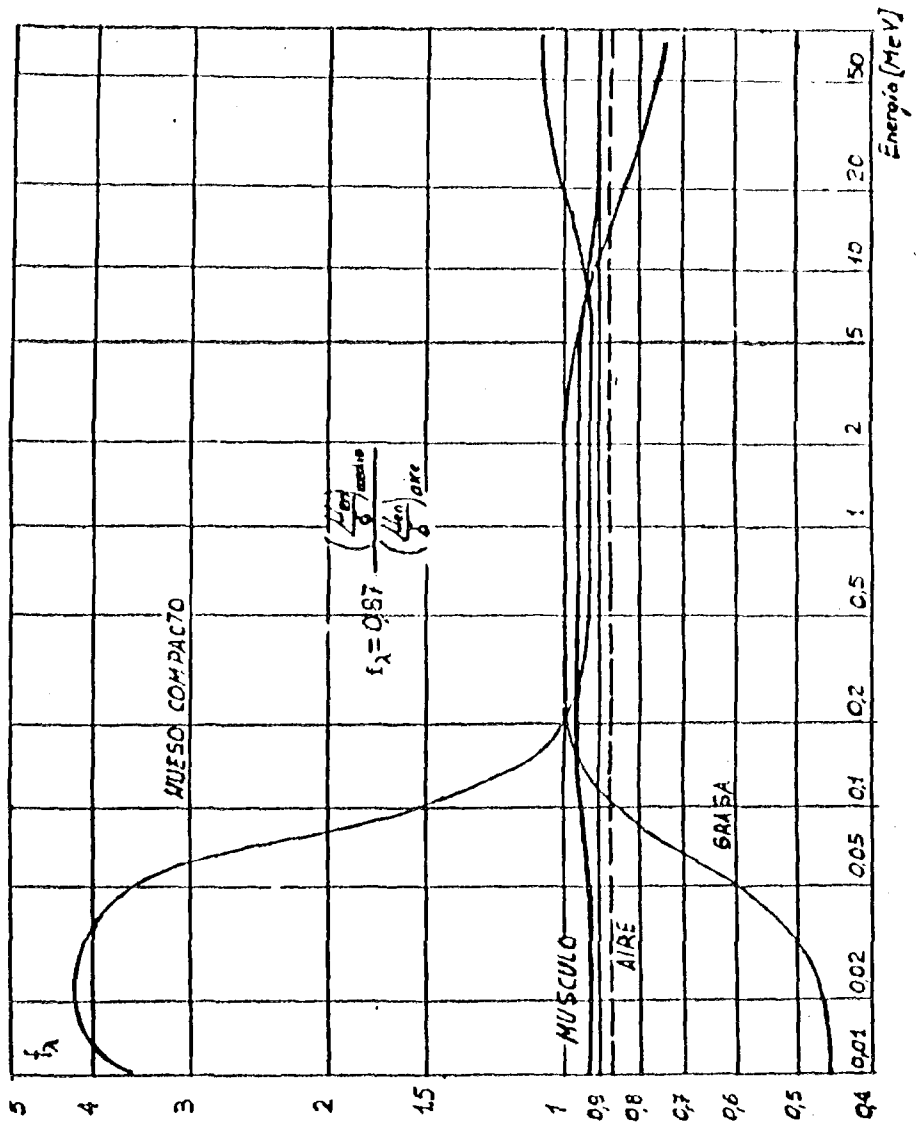


Figura X-10-5.-  $f_\lambda$  en función de la energía de los fotones, para hueso compacto, músculo, aire y grasa.

7



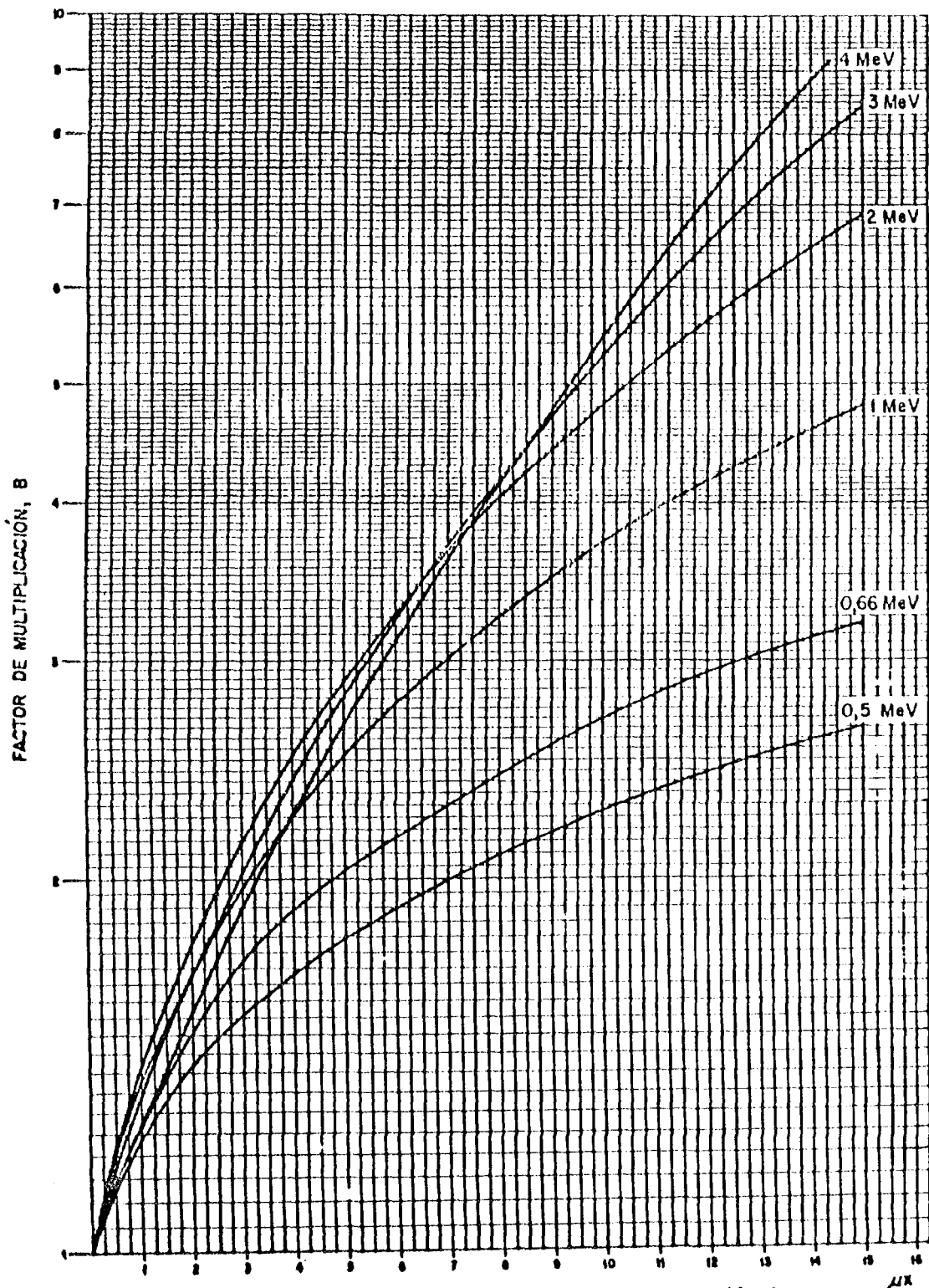


Figura X-10-8-1.- Factor de multiplicación, B, en función de  $\mu x$ , para distintas energías de fotones incidentes en Plomo.

FACTOR DE MULTIPLICACIÓN, B



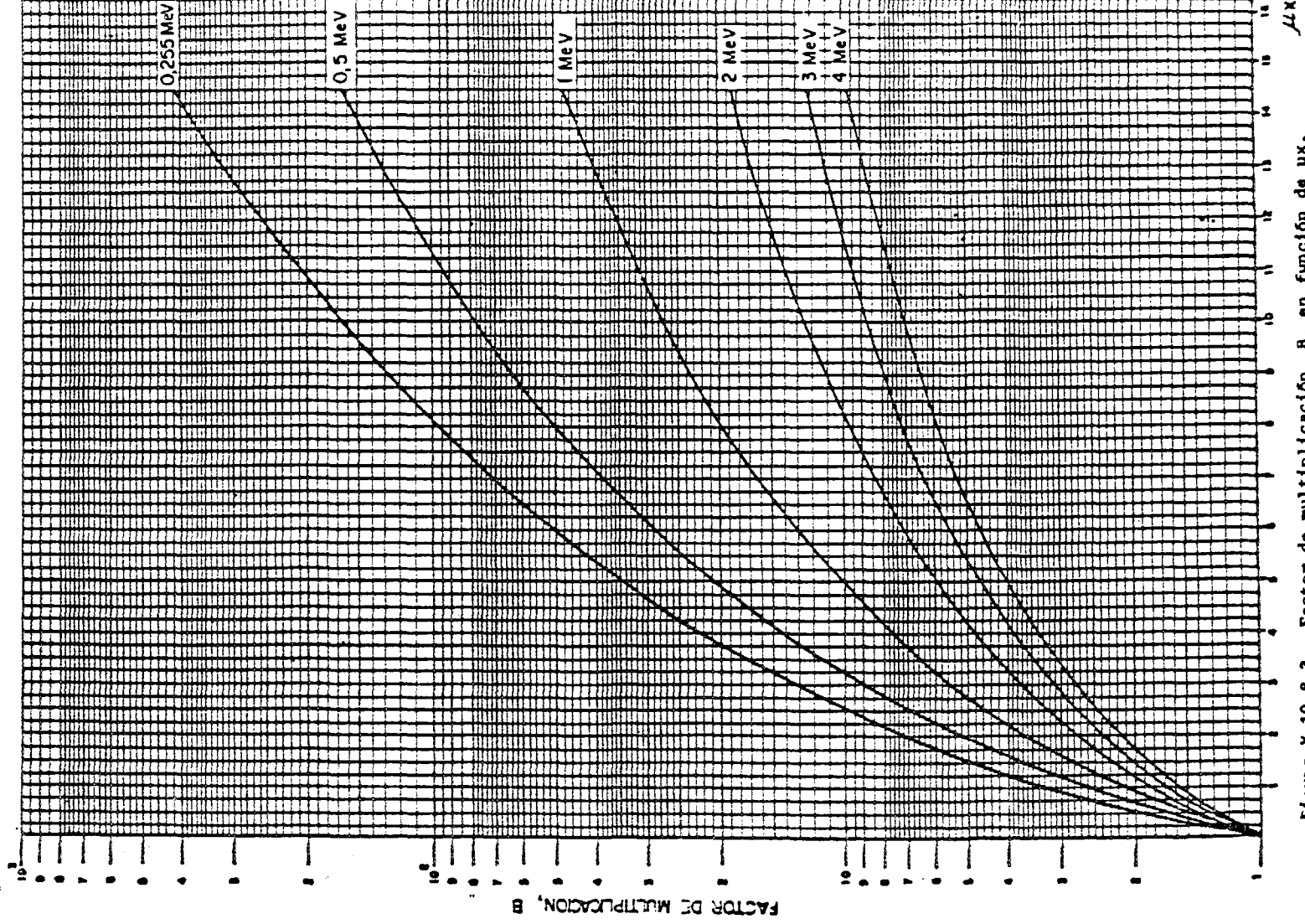


Figura X-10-8-3.- Factor de multiplicación, B, en función de  $\mu x$ , para distintas energías de fotones incidentes en Agua.