

**RADIATIVIDAD NATURAL  
DE LAS AGUAS DE SUMINISTROS PUBLICOS  
DE ESPAÑA**

**por:**

**A. Sostoa Gordo-Pacheco**

PRYMA  
CIEMAT

MADRID, 1989

## DESCRIPTORES

Drinking water  
Natural Radioactivity  
Radioactivity  
Radium 226  
Spain

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

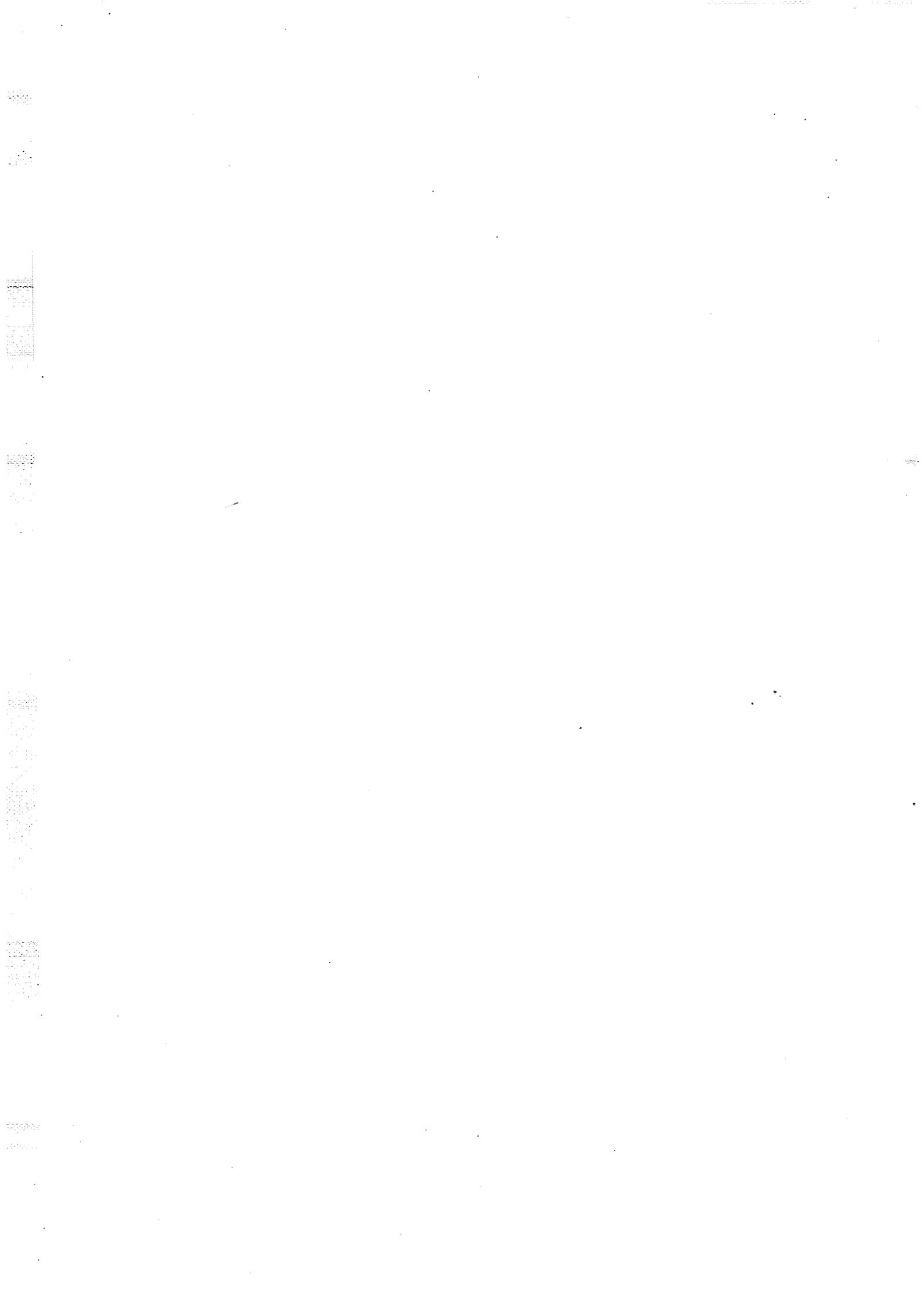
Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Este trabajo se ha recibido para su impresión en Junio de 1989.

Depósito legal: M-29539-1989  
NIPO 228-89-015-3

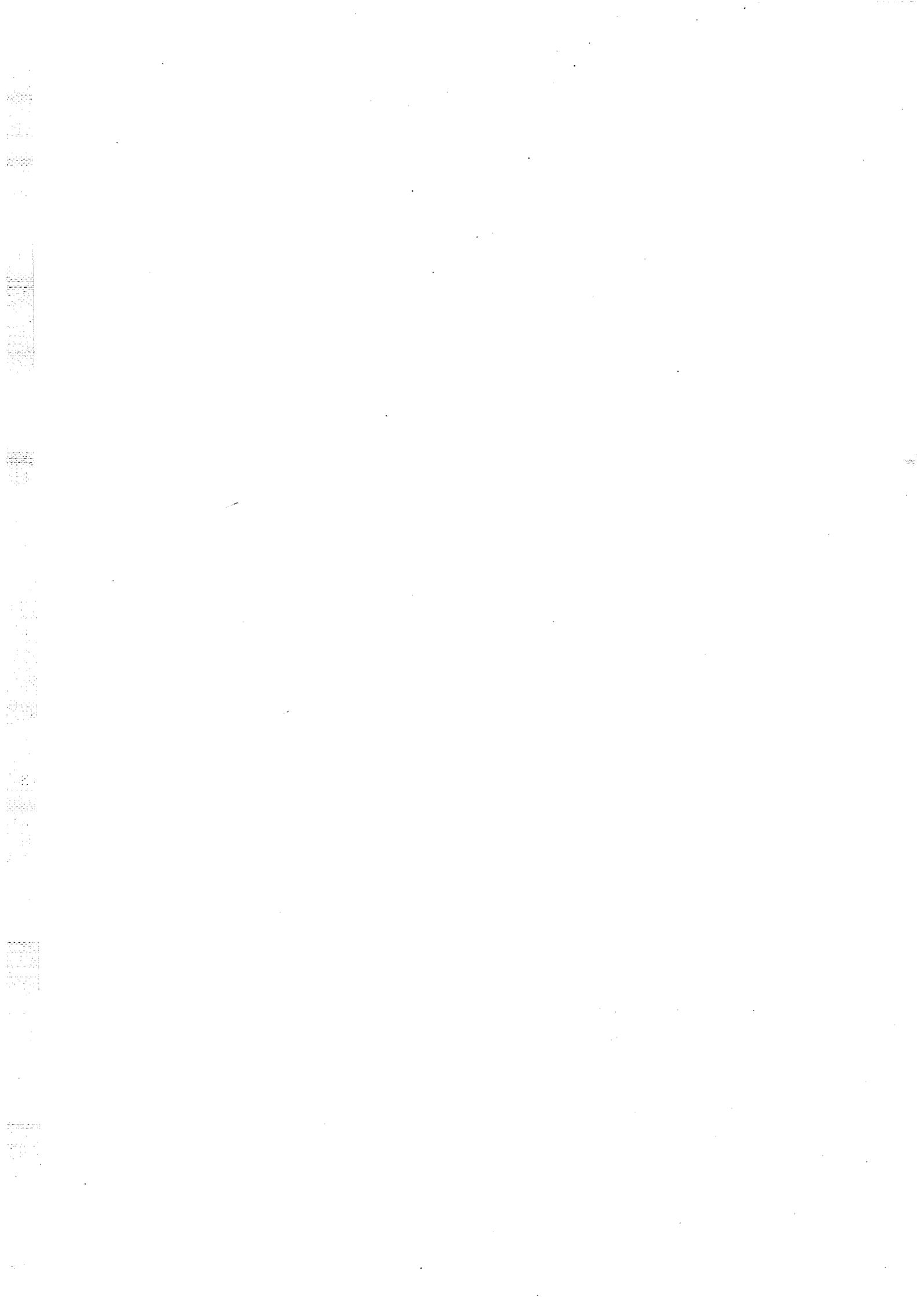
ISBN 84-7834-023-8  
ISSN 214-087X

IMPRIME CIEMAT



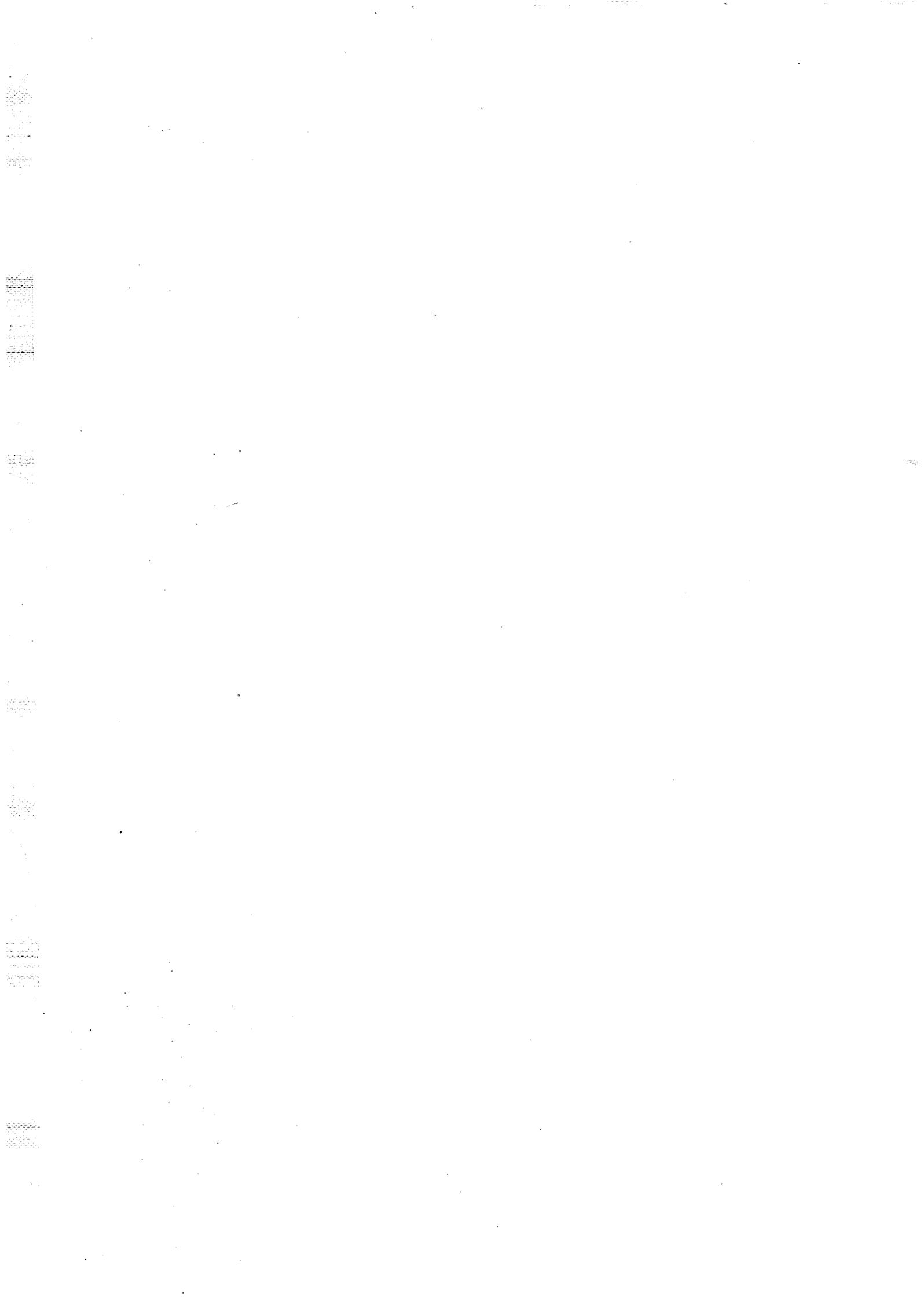
## PREFACIO

Dado el interés que despierta en el momento actual la determinación en España de los niveles de radiactividad ambiental, se considera que los datos que aporta este trabajo, efectuado en los años 1973 y 1974, y que a continuación se expone, podrán servir como orientación y comparación a otros que se vayan a realizar en relación con el tema.



## INDICE DE MATERIAS

	Pág.
1. INTRODUCCION .....	9
2. TECNICA EXPERIMENTAL .....	9
3. CALCULOS .....	10
3.1. Tiempo requerido para que se alcance el equilibrio secular Ra-226-Rn-222 .....	10
3.2. Actividad $\alpha$ total obtenida en el contaje .....	10
3.3. Concentración de Ra-226 en el agua .....	11
4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	12
4.1. Resultados .....	12
4.2. Conclusiones .....	12
5. AGRADECIMIENTO .....	13
6. BIBLIOGRAFIA .....	13
APENDICES:	
APENDICE I: Fórmulas .....	15
APENDICE II: Método de determinación de Ra-226 en el agua de bebida .....	19
APENDICE III: Figuras .....	39
APENDICE IV: Concentraciones de Ra-226 en las aguas .....	43



## 1. INTRODUCCION

La radiactividad natural en el agua se debe, fundamentalmente, a los radionucleidos primordiales y sus productos de desintegración, que existen normalmente en la naturaleza sin haber sido producidos por el hombre, y que pueden estar contenidos en este elemento.

Se considera que los que pueden producir mayor daño radiológico, vía ingestión de agua, debido a su abundancia y a su radiotoxicidad son: Ra-226, Ra-228, Rn-222 y U-238 (1), (2). De ellos el Ra-226 y el Ra-228 pertenecen al grupo de radiotoxicidad más elevada (3).

Normalmente la concentración de Ra-226 es mayor que la de Ra-228, ya que la proporción en la naturaleza del U-238, serie a la que pertenece el Ra-226, es de 0,003%, mientras que la de Th-232, serie a la que pertenece el Ra-228, es de 0,0012% (4).

Sin embargo, en acuíferos procedentes de terrenos que contengan minerales de Torio, puede darse el caso inverso, es decir, que la concentración de Ra-228 sea superior a la de Ra-226.

En este trabajo se determinaron las concentraciones de Ra-226 en los suministros públicos de las capitales peninsulares españolas. De acuerdo con lo indicado anteriormente y teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- que las muestras analizadas no procedían de regiones con minerales de Torio,
- que las concentraciones de Ra-226 obtenidas son más bajas que las que la "Environmental Protection Agency" (EPA), en sus "Interin Regulations", exige para determinar la concentración de Ra-228 además de la de Ra-226, con objeto de comprobar que la MCL (nivel máximo de contaminación) de las dos no supera el nivel establecido para ese caso.

Se considera que no hubiese sido necesario el análisis de Ra-228, y que las concentraciones de Ra-226 pueden expresar el nivel de radiactividad natural del agua.

## 2. TECNICA EXPERIMENTAL

La técnica utilizada está basada en (8), y consiste en la obtención por desemanación del Rn, cuando el Ra-226 y el Rn-222 han alcanzado el equilibrio secular (aproximadamente 30 días), y en el posterior contaje de la actividad debida únicamente al Rn-222 y a sus descendientes en la cadena radiactiva Po-218 y Po-214, una vez que éstos tres han alcanzado el equilibrio. Al obtener en el proceso de desemanación solamente los elementos gaseosos, se eliminan otros emisores  $\alpha$  que no sean los isótopos del Rn y sus descendientes, y de ellos sólo se detectan en el contaje los mencionados anteriormente, según se demuestra en el apartado 3.2., calculándose a partir de dicho contaje la actividad del Ra-226.

La descripción de la técnica se presenta en el Apéndice 2, y en esencia consta de los siguientes pasos:

- Obtención a partir de las muestras de agua del Radio en forma de solución clorhídrica para lo que se ha tomado como modelo la técnica expuesta en (7).
- Desemanaación de la solución clorhídrica para extraer el Radón, cuando se ha alcanzado el equilibrio secular Ra-226-Rn-222.
- Contaje de la actividad  $\alpha$  del Rn-222, Po-218 y Po-214, cuando éstos han alcanzado el equilibrio secular.
- Cálculo a partir de dicha actividad de la concentración de Ra-226 en el agua.

El rendimiento químico del proceso químico de extracción del Radio es del orden del  $91 \pm 3,08\%$  y la eficiencia del sistema de desemanaación del Radón y contaje es del orden del  $55,70 \pm 3,45\%$ .

### 3. CALCULOS

#### 3.1. Tiempo requerido para que se alcance el equilibrio secular Ra-226-Rn-222

Cuando se alcanza el equilibrio secular entre radionucleidos la actividad de ambos es la misma.

Esta condición se cumple cuando  $\lambda_1 \ll \lambda_2$  y  $T_1 \gg T_2$ , siendo  $\lambda_1$  la constante de desintegración del elemento padre,  $T_1$  su periodo de semidesintegración,  $\lambda_2$  la constante de desintegración del elemento hijo y  $T_2$  su periodo de semidesintegración.

Sustituyendo la condición de que  $\lambda_1 \ll \lambda_2$  en las ecuaciones de desintegración de ambos radionucleidos, que vienen dadas por las fórmulas [1] y [2] del Apéndice I, se llega a la expresión [3] que representa la condición de equilibrio secular, en que las actividades de los dos radionucleidos son idénticas, y a la expresión [4], que representa el tanto por ciento de equilibrio secular. Despejando de la expresión [4]  $N_2$  y sustituyendo en la fórmula obtenida la ecuación [1], se llega a la expresión [5], la cual a su vez se sustituye en la fórmula [2] junto con los valores de  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  obtenidos en la referencia bibliográfica (6), con lo que se llega a la expresión [6], relacionada con el tiempo que se tarda en alcanzar el equilibrio secular (éste expresado en tanto por ciento).

Utilizando esta expresión se ha obtenido la gráfica representada en la figura 2 del Apéndice 3. En ella puede observarse que a los 30 días el valor del equilibrio secular es del 99,56%, que es lo que en la práctica se espera para realizar la desemanaación.

#### 3.2. Actividad $\alpha$ total obtenida en el contaje

La actividad  $\alpha$  total que se puede detectar al cabo de tres horas de permanencia del Radón en la cámara o célula de centelleo cuando se proceda al contaje, será tres veces la del Rn-222 ya que, transcurrido este tiempo, alcanza el equilibrio secular con sus descendientes Po-218 y Po-214. Teóricamente, se comprueba de la siguiente forma:

De la expresión [3], se despeja  $C_2$  y se sustituye en las ecuaciones [7], [8], [9], del Apéndice 1 que representan las actividades del Rn-222, Po-218 y Po-214 res-

pectivamente en un tiempo  $t$ , se da un valor de 3 horas para  $t$ , y se sustituyen los valores de las constantes de desintegración obtenidos en la ref. (6), llegándose a un valor para la actividad total correspondiente a la suma de las tres actividades mencionadas

$$\begin{aligned} A_t &= 2,91.E.N_0 \\ \text{como } E &= 1 \\ A_t &\approx 3 N_0 \\ N_0 &= \text{actividad del Ra-226} \end{aligned}$$

o sea, la actividad total es aproximadamente tres veces la del Ra-226 o, lo que es lo mismo, tres veces la del Rn-222, ya que ambos radionucleidos están a su vez en equilibrio secular.

La actividad del Po-210, que puede encontrarse también en la célula de centelleo, es despreciable ya que, según puede observarse en la figura 1 del Apéndice 3, este radionucleido proviene del Bi-210, y éste a su vez del Pb-210, cuyo periodo de semidesintegración es de 22 años. No se consideran en el conteo otros emisores  $\alpha$ , formados del Rn-219, ya que este radionucleido pertenece a la serie de Actinio y la proporción de  $U_{235}$  o Actinio en el  $U_{238}$  (serie del uranio) es de 0,72% (5), por lo que se considera despreciable.

En cuanto a los emisores  $\alpha$  formados a partir del Rn-220, pertenecientes a la serie de Torio, también se consideran actividades despreciables al cabo de tres horas, ya que en ese tiempo las actividades que han podido formarse son muy pequeñas, según se demuestra, por una parte, aplicando la ecuación [10] que da el número de átomos de una cadena radiactiva. En este caso para el Rn-220, Po-216 y Bi-212, se sustituyen en dicha ecuación los valores de  $\lambda$  y se da a  $t$  un valor de tres horas

$$\begin{aligned} C_t &= 5 \cdot 10^{-59} \cdot C_0 \\ C_0 &= n^\circ \text{ de átomos de Rn-220} \end{aligned}$$

y, por otra parte, eliminando la actividad del Po-212 formado en un 66% del Po-216, ya que su constante de desintegración es mayor que las del Po-216 y Bi-212.

### 3.3. Concentración de Ra-226 en el agua

Teniendo en cuenta los rendimientos del proceso químico de extracción del Radio del agua, y la eficiencia de desemanación y conteo, y considerando que las cuentas obtenidas son tres veces las que corresponden al Rn-222, la concentración de Ra-226 expresada en Becquerelios/litro viene expresada por la siguiente fórmula:

$$C = \frac{1,12.D.10^{-3}}{E}$$

siendo:

$C =$  Bq  $l^{-1}$  de Ra-226

$D =$   $n^\circ$  de cuentas por minuto obtenidas en el contador, menos las correspondientes al fondo de la cámara de centelleo y las de los reactivos.

$E =$  tanto por ciento de equilibrio secular entre el Ra-226 y el Rn-222, multiplicado por  $10^{-2}$ .

## 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 4.1. Resultados

En las columnas 3, 2 y 1 de la tabla del Apéndice IV, se representan respectivamente las concentraciones de Ra-226 en las aguas, expresadas en Bq/l., la capital a la que corresponde y el abastecimiento. Dichas concentraciones varían en un margen de  $(22,31 \pm 3,44) \cdot 10^{-5}$  Bq/l. para la más baja a  $(8,55 \pm 0,44) \cdot 10^{-2}$  Bq/l., para la más alta, con una media del orden de magnitud de  $6,43 \pm 1,60) \cdot 10^{-3}$  Bq/l.

En la columna 4 se exponen los valores de ingestión anual para el Ra-226, expresados en Bq, y obtenidos multiplicando los de la concentración por  $0,8 \text{ m}^3$ , cantidad que se ha tomado de forma conservadora, como volumen de agua ingerido por persona al año.

Teniendo en cuenta que el LIA (Límite de Incorporación Anual por Ingestión) para el Ra-226, establecido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (3) es de  $7 \cdot 10^3$  Bq, resulta que todos los valores de la columna 4 son inferiores, resultando el mayor de  $(6,8 \pm 0,35) 10^1$  Bq., lo cual representa el 0,97% del mencionado LIA.

### 4.2. Conclusiones

— El agua de consumo público de las capitales peninsulares españolas, en los años 73 y 74 no presentaba riesgo radiológico desde el punto de vista de radiactividad natural.

— Posibles modificaciones en los abastecimientos tales como nuevos aportes con acuíferos subterráneos, podrían haber modificado el nivel de radiactividad natural en el sentido de aumentarla.

— En relación a una posible estimación de la dosis colectiva, este trabajo se limitó a las capitales, por suponer que en ellas el número de habitantes es mayor y en consecuencia también sería mayor la dosis colectiva; sin embargo, quedaron sin analizar otras localidades con importante número de habitantes, así como las capitales insulares.

Por tanto, sería conveniente continuar el presente trabajo con la determinación de niveles de radiactividad natural de aguas de abastecimiento público de estas otras localidades y además de las capitales cuyos abastecimientos hayan podido variar sus aportes, sobre todo si éstos proceden de acuíferos subterráneos.

— No se realizaron medidas en pequeñas localidades ni abastecimientos individuales, por lo que, con vistas a posibles estimaciones de dosis individuales máximas, podrían realizarse análisis de las localidades donde los abastecimientos públicos posean aportes subterráneos, o procedentes de terrenos con minerales de Uranio o Torio, así como en abastecimientos individuales que reúnan una de estas dos condiciones.

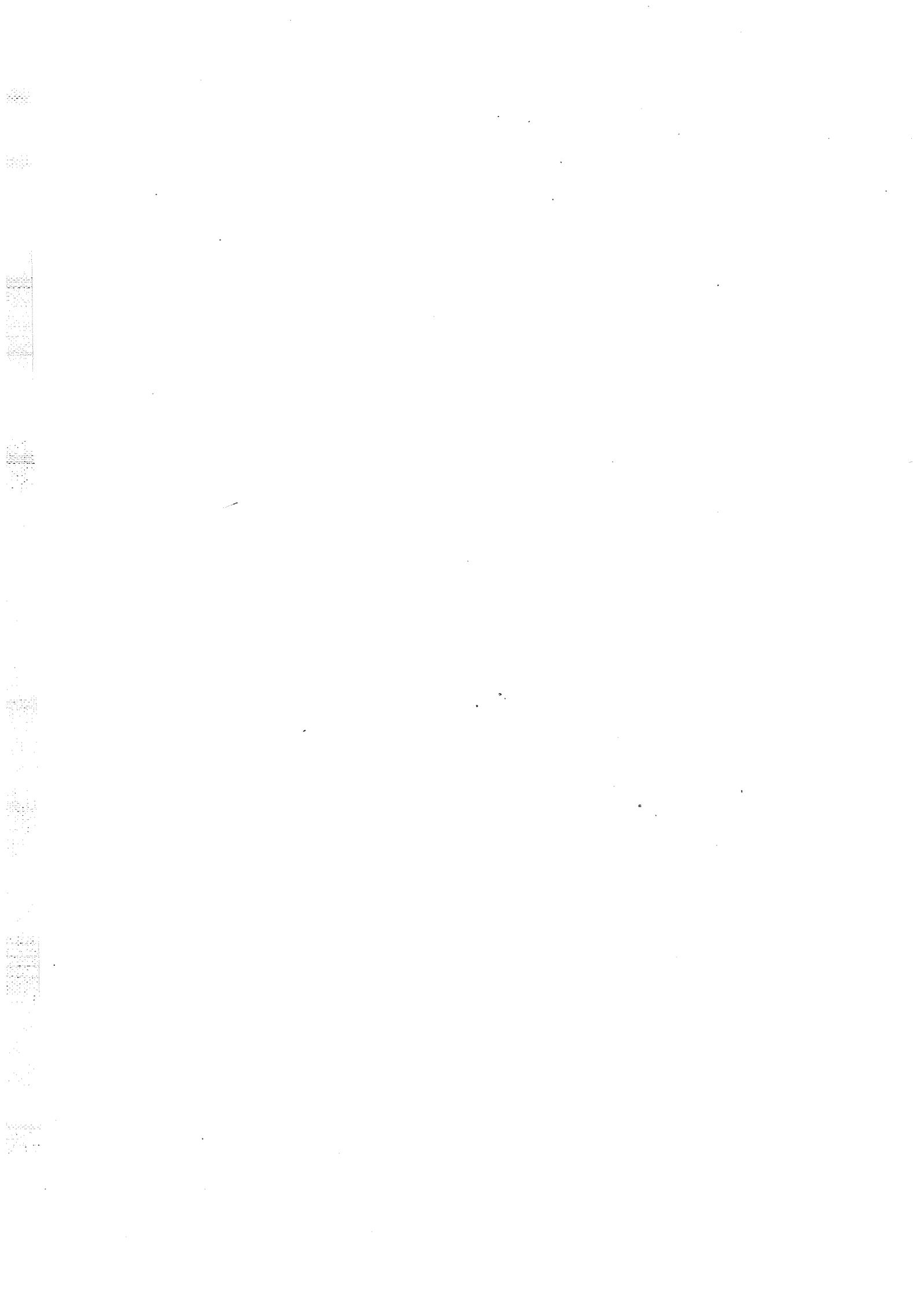
— Por último, se considera interesante realizar medidas en aquellas zonas en que se detecten niveles altos en Rn-222 en el ambiente exterior y de interiores, al objeto de determinar si el contenido del Ra-226 en agua, sobre todo en la de origen subterráneo, es un contribuyente significativo a dichos niveles.

## 5. AGRADECIMIENTOS

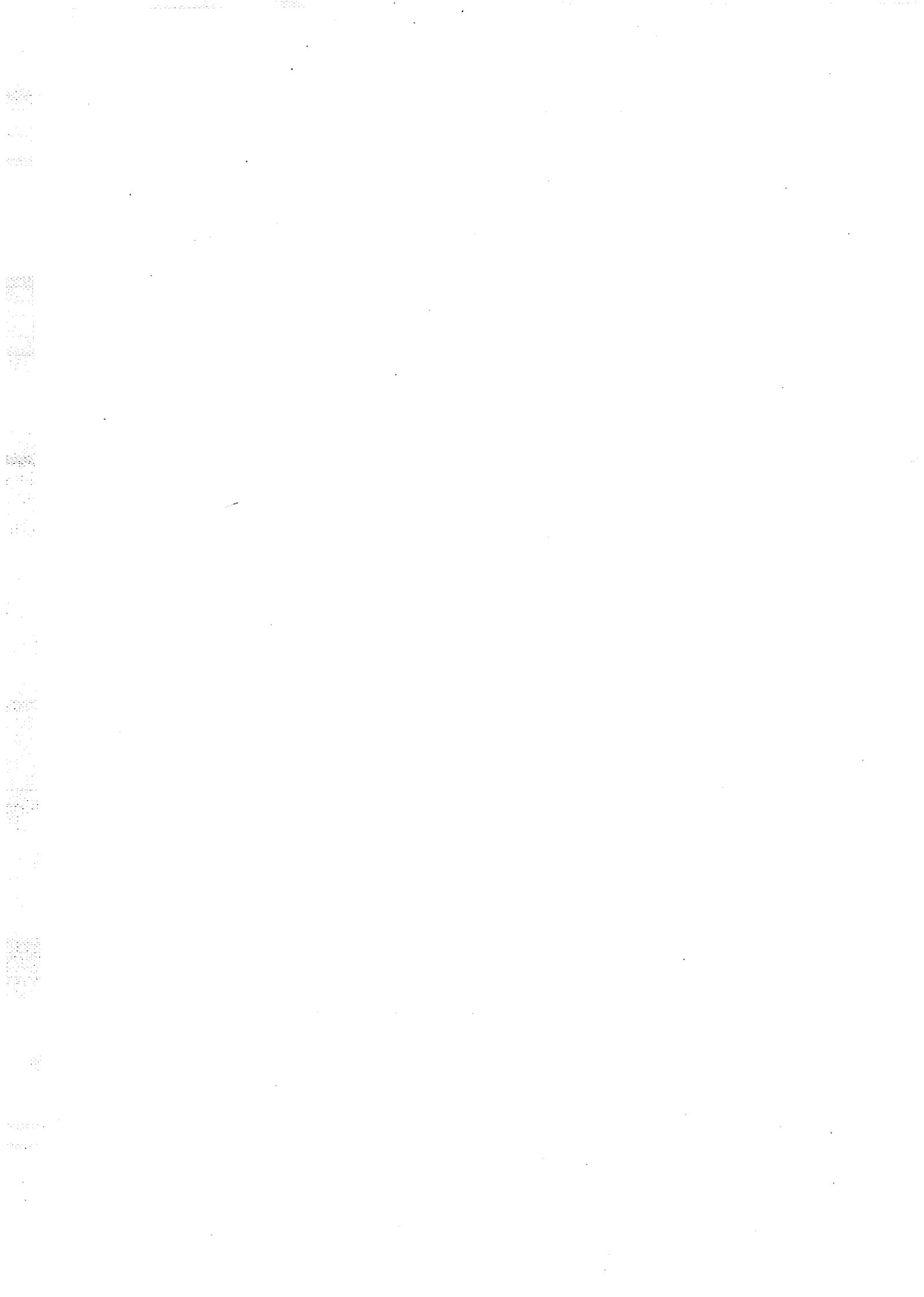
Este trabajo se realizó gracias al interés y profesionalidad tanto de los miembros de la entonces J.E.N. que lo impulsaron, como de los que colaboraron en el montaje y ejecución de la técnica. Para todos ellos va dedicado en señal de recuerdo y agradecimiento, en particular, a F. Sostoa Esquiroz.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- (1) HEALTH PHYSICS. Vol. 48, núm. 5. Mayo 85. "Radioactivity in Drinking Water". Pergamon Press.
- (2) HEALTH PHYSICS. Vol. 50, núm. 1. Enero 86. "Drinking Water Contribution to Natural Background Radiation".
- (3) Reglamento de Protección Sanitaria Contra las Radiaciones Ionizantes. BOE núm. 13. 15 Enero 1988.
- (4) Material For Nuclear Engineers. Ed. A.B. Mc Intosh y T.J. Heal. Temple Press Limited.
- (5) Colección Seguridad núm. 6, OIEA. Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos. Ed. 1985.
- (6) NUCLEAR PHYSICS. I. Kaplan 1985. Addison-Wesley Publishing Company.
- (7) P.Z. Zharov Tr. por B.D. Trevinsky. (CEA — Tr. R. 1391). "Methode Accelerée de Dosage du Radium dans les Eaux".
- (8) J.B. HURSH. "Radium Content of Public Water Supplies". J.A.W.W.A. Enero 1954.
- (9) Henry F. Lucas, Sr. "Study of Radium 226 Content of Midwest Water Supplies". ANL-6199 (P. 82-84).
- (10) Radiaciones Ionizantes. Strefflan. Ed. Alhambra.
- (11) Radiological Examination of Drinking-water. Report on a WHO Working Group. Brussels 7.10 November 1978. Regional Office for Europe. World Health Organization. Copenhagen 1979. Euro Reports and Studies 17.



**APENDICE I**  
FORMULAS



$$N_t = N_0 e^{-\lambda_1 t} \quad [1]$$

$N_0$  = actividad inicial del elemento padre  
 $N_t$  = actividad en el tiempo t del elemento padre  
 $\lambda_1$  = cte de desintegración del elemento padre

$$N'_t = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \quad [2]$$

$N'_t$  = actividad en el tiempo t del segundo elemento procedente del elemento padre  
 $\lambda_2$  = cte de desintegración del segundo elemento

$$C_1 \lambda_1 = C_2 \lambda_2 \quad [3]$$

$C_1$  = n° de átomos del Ra-226  
 $C_2$  = n° de átomos del Rn-222  
 $C_1 \lambda_1$  = actividad del Ra-226 =  $N_1$   
 $C_2 \lambda_2$  = actividad del Rn-222 =  $N_2$

$$\frac{C_2 \lambda_2}{C_1 \lambda_1} = E \quad [4]$$

E = tanto por ciento de equilibrio secular

$$N'_t = \frac{N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t} \cdot E \lambda_1}{\lambda_2} \quad [5]$$

$$t = \frac{\lg \frac{2,10 \cdot 10^{-6} \cdot E}{2,10 \cdot 10^{-6} - A \cdot 2,10 \cdot 10^{-6}}}{78769,45 \cdot 10^{-6}} \quad [6]$$

t = tiempo expresado en días;

E = equilibrio secular expresado en tanto por ciento y multiplicado por  $10^{-2}$

$$N_3 = C_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} \quad [7]$$

$N_3$  = actividad del Rn-222 a las tres horas

$$N'_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)} C_1 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \quad [8]$$

$N'_3$  = actividad Po-218 a las tres horas

$$\begin{aligned}
N''_3 = C_1 & \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \cdot e^{-\lambda_1 t}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)(\lambda_4 - \lambda_1)(\lambda_5 - \lambda_1)} + \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \cdot e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)(\lambda_4 - \lambda_2)(\lambda_5 - \lambda_2)} + \\
& \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \cdot e^{-\lambda_3 t}}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_4 - \lambda_3)(\lambda_5 - \lambda_3)} + \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \cdot e^{-\lambda_4 t}}{(\lambda_1 - \lambda_4)(\lambda_2 - \lambda_4)(\lambda_3 - \lambda_4)(\lambda_5 - \lambda_4)} + \\
& \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \cdot e^{-\lambda_5 t}}{(\lambda_1 - \lambda_5)(\lambda_2 - \lambda_5)(\lambda_3 - \lambda_5)(\lambda_4 - \lambda_5)} \quad [9]
\end{aligned}$$

$N''_3 =$  actividad Po-214 a las tres horas

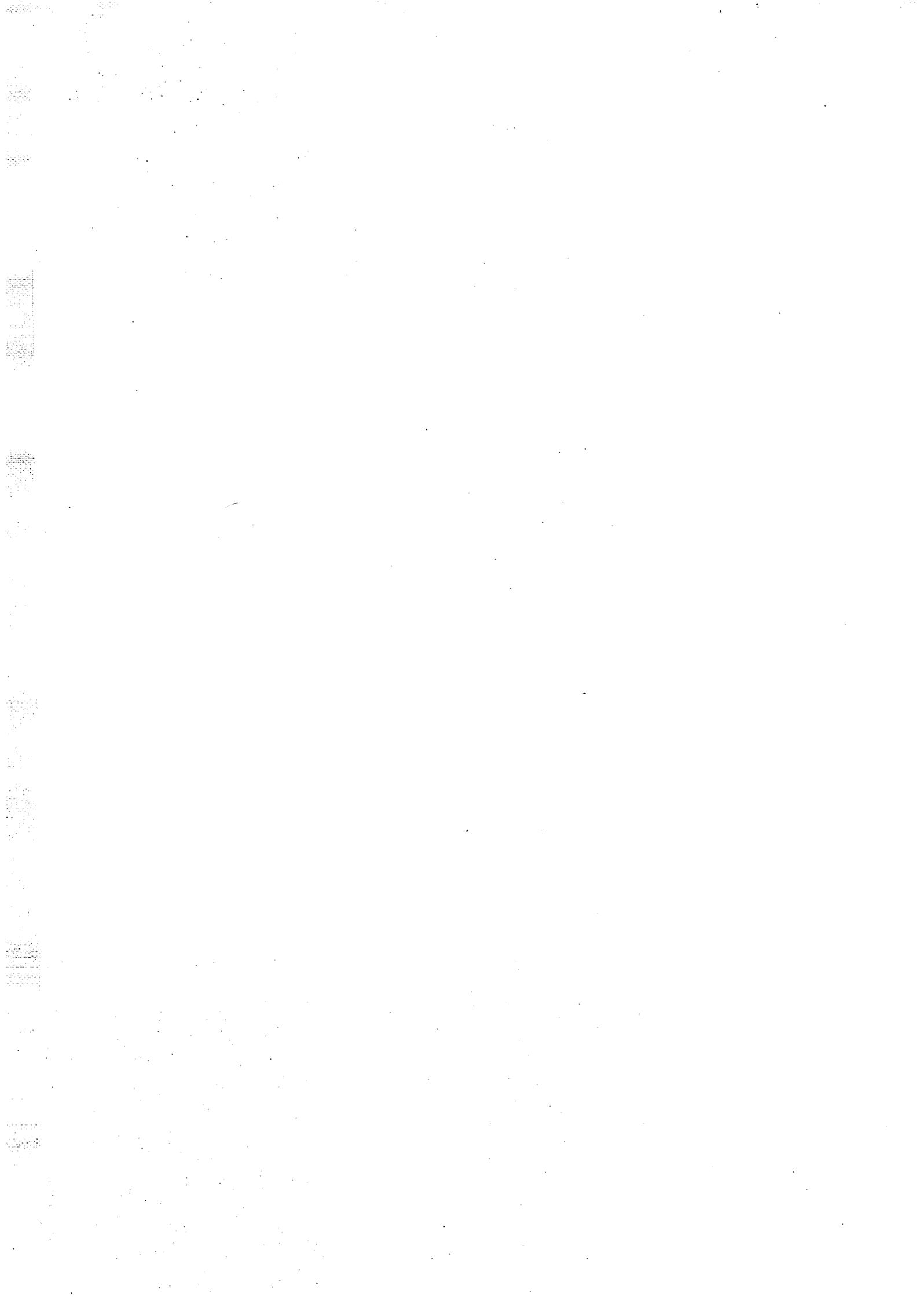
$$\begin{aligned}
C_T = C_0 & \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \cdot e^{-\lambda_1 t}}{(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_3 - \lambda_1)(\lambda_4 - \lambda_1)} + \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \cdot e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)(\lambda_4 - \lambda_2)} + \\
& \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \cdot e^{-\lambda_4 t}}{(\lambda_1 - \lambda_4)(\lambda_2 - \lambda_4)(\lambda_3 - \lambda_4)} \quad [10]
\end{aligned}$$

$C_T =$  n° de átomos total a las tres horas

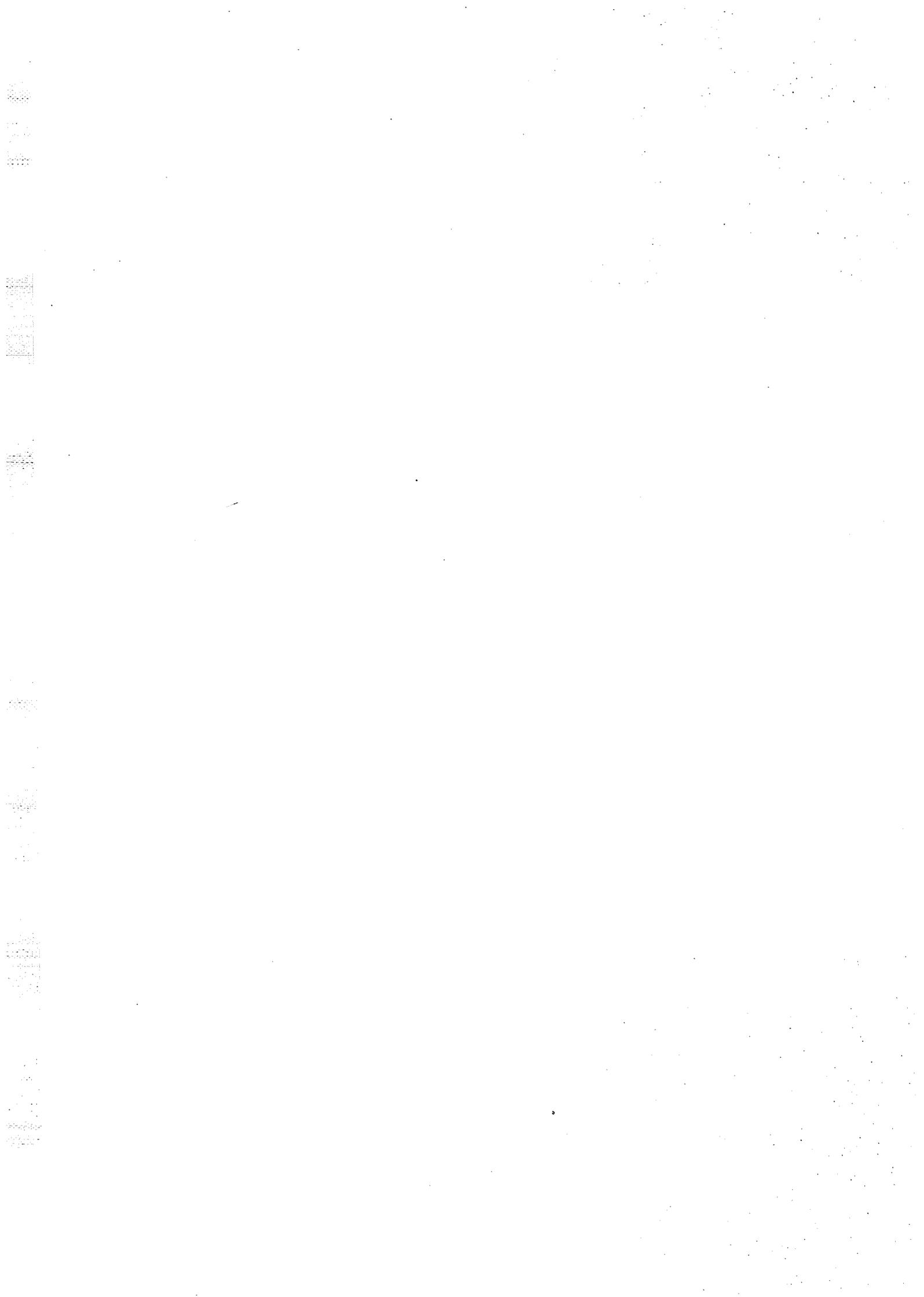
$C_0 =$  n° de átomos inicial del elemento padre, en este caso Rn-220

## **APENDICE II**

DETERMINACION DE Ra-226  
EN AGUA DE BEBIDA



CONTENIDO DEL APENDICE II		Pág.
1.	DESCRIPCION DE LA TECNICA	23
1.1.	EXTRACCION DEL RADIO DEL AGUA	23
1.2.	DESEMANACION DEL RADON Y CONTAJE	23
2.	ANEXOS	
2.1.	ANEXO 1: INSTALACION DE DESEMANACION	27
2.2.	ANEXO 2: EQUIPO DE CONTAJE	31
2.3.	ANEXO 3: FIGURAS	35



## 1. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

### 1.1. Extracción del Radio del Agua

- Partir de una muestra de 10 l. de agua.
- Neutralizar la muestra con ClH, teniendo como indicador naranja de metilo.
- Añadir 5 ml de solución preparada a saturación de  $\text{Cl}_2 \text{Ca}$ .
- Insuflar aire para eliminar el  $\text{CO}_2$  formado.
- Añadir 250 ml de solución de  $\text{CO}_3 \text{Na}_2$  al 10%, y 0,7 g. de carbón activo para aglutinar el precipitado.
- Dejar en reposo una noche.
- Decantar y recoger el residuo en un filtro banda blanca de 10 cm.
- Añadir al residuo solución de  $\text{CO}_3 \text{Na}_2$  al 1%, hasta que no dé reacción de sulfatos, lo que se prueba con  $\text{Cl}_2 \text{Ba}$ .
- Lavar con agua destilada.
- Añadir ClH a 1/3 hasta la total disolución del carbonato de Ca y de Ra.
- El fondo de los reactivos químicos es 0,32 d.p.m.
- El rendimiento químico de este proceso es  $91 \pm 3,08\%$ .

### 1.2. Desemanación del Radón y Contaje

- Introducción de la solución anterior en la columna de desemanación (Fig. 1 del Anexo 3).
- Conexión de la columna con la instalación de vacío representada en la figura del Anexo 1.
- Purificación de la solución de Radio del posible Radón que pudiera contener, procedente del ambiente; para ello son precisos los siguientes pasos:
  - a) Obtención de vacío en la instalación, hasta un valor de 0,1 mm. de Hg medidos en el vacuómetro, para lo cual estarán abiertas las llaves,  $L_3$ ,  $L_4$ ,  $L_5$ ,  $L_6$  y  $L_9$ .
  - b) Una vez cerradas las llaves se coloca en la trampa  $t_1$  un vaso Dewar con  $\text{N}_2$  líquido, que alcanza una temperatura de  $-200^\circ\text{C}$  y se hace pasar a través de la columna, abriendo la llave  $L_1$ ,  $\text{N}_2$  "viejo", es decir,  $\text{N}_2$  que lleva cierto tiempo, para que haya decaído el Rn-222 que pudiese contener, se produce un burbujeo en la columna y se arrastra el Radón que queda licuado en la trampa  $t_1$ , para lo cual permanecen abiertas las llaves  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  y  $L_9$  y el paso de  $\text{N}_2$  debe continuar hasta que en el manómetro se alcance la presión atmosférica, lo que puede comprobarse abriendo la llave  $L_7$ , en ese momento se cierran las llaves  $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_7$  y se retira el vaso Dewar de  $t_1$ , con lo que el Radón que se había quedado licuado vuelve a estado gaseoso, y es eliminado de la instalación, quedando esta vez atrapado en  $t_3$ , al colocar el Dewar en esta trampa y hacer el vacío en la instalación con las llaves  $L_3$ ,  $L_6$  y  $L_9$  abiertas. Una vez conseguido esto se cierran estas llaves y la trampa  $t_3$  se desconecta, pasándola a un recinto cerrado con depresión para eliminar el Radón. La columna es separada de la instalación y permanece en reposo hasta que el Ra-226 haya alcanzado el equilibrio con el Rn-222.

#### – Determinación del Fondo de la Instalación y Cámara de Contaje

Una vez conseguido el equilibrio secular Ra-226-Rn-222 se vuelve a conectar la columna de desemanación a la instalación de vacío y se procede a medir el fondo de la cámara de contaje para lo que se hace vacío con las llaves  $L_3$ ,  $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_8$  y  $L_9$  abiertas, hasta 0,1 mm de Hg medido en el vacuómetro, entonces se cierran  $L_5$  y  $L_6$  y se pasa  $N_2$  gaseoso conectando su salida con la oliva de la llave  $L_4$ , hasta que el manómetro marque la presión atmosférica, repitiendo esta operación varias veces, con objeto de purgar la instalación; por último, una vez obtenida la presión atmosférica, se cierran las llaves  $L_3$ ,  $L_4$ ,  $L_8$  y  $L_9$  y se desconecta la cámara de contaje de la instalación, introduciéndola en el sistema detector de radiación  $\alpha$ , cuya descripción se encuentra en el Anexo 2, se espera a que se estabilice el detector, lo que viene a tardar una hora y media, y se procede al contaje del fondo de la cámara, que dura una hora.

#### – Introducción del Radón en la cámara de contaje

Se vuelve a conectar la cámara a la instalación y entonces se abren las llaves  $L_3$ ,  $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_8$  y  $L_9$  haciendo vacío hasta 0,1 mm de Hg, medidos en el vacuómetro; en este momento, se cierran las llaves  $L_5$ ,  $L_6$  y  $L_8$  y se coloca en  $t_1$  un vaso Dewar conteniendo una mezcla de acetona-hielo seco, que tiene una temperatura de  $-60^\circ C$ , y que a la presión que ese momento posee la instalación retiene el vapor de agua licuándolo, pero no el Radón que lo hará en  $t_2$ , donde se coloca otro Dewar con  $N_2$  líquido; se conecta el  $N_2$  gaseoso con la columna de desemanación y con las llaves  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  y  $L_9$  abiertas, se procede al burbujeo antes mencionado hasta que en el manómetro se alcance la presión atmosférica; entonces se cierran  $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$  desconectando la salida de  $N_2$  gaseoso y se abren  $L_6$  y  $L_7$ , haciendo vacío hasta que la columna de Hg del manómetro suba hasta el límite fijado; en este momento se cierran  $L_6$ ,  $L_7$  y  $L_9$  y se desconecta el vaso Dewar con el  $N_2$  líquido de  $t_2$ , y se calienta esta trampa con aire caliente (por fuera de la misma), con lo que el Radón volverá a su estado gaseoso; entonces se conecta la salida de  $N_2$  gaseoso a la oliva de la llave  $L_4$  y abriendo  $L_4$  y  $L_8$  se hace pasar  $N_2$  gaseoso para que arrastre el Radón a la cámara de contaje, hasta que en el manómetro se alcance la presión atmosférica (lo que se comprueba abriendo  $L_7$  y cerrando rápidamente). Se cierran las llaves  $L_4$  y  $L_8$ , se deja la cámara en reposo aproximadamente 3 horas, mientras tanto el agua que ha quedado atrapada en  $t_1$  se puede eliminar de la instalación retirando de  $t_1$  el vaso Dewar y colocando en  $t_3$  el de  $N_2$  líquido, haciendo vacío con las llaves  $L_3$ ,  $L_6$  y  $L_9$  abiertas, y cuando dicha agua esté licuada en  $t_3$  se cierran estas llaves y se separa de la instalación  $t_3$ .

#### – Contaje del Rn-222 y sus Productos de Decay

Transcurridas tres horas se vuelve a introducir la cámara en el sistema de detección de radiación  $\alpha$ , pero esta vez para contar la actividad de Rn-222, Po-218 y Po-214 que están en equilibrio secular, y se procede a su contaje.

#### – Limpieza de la Instalación

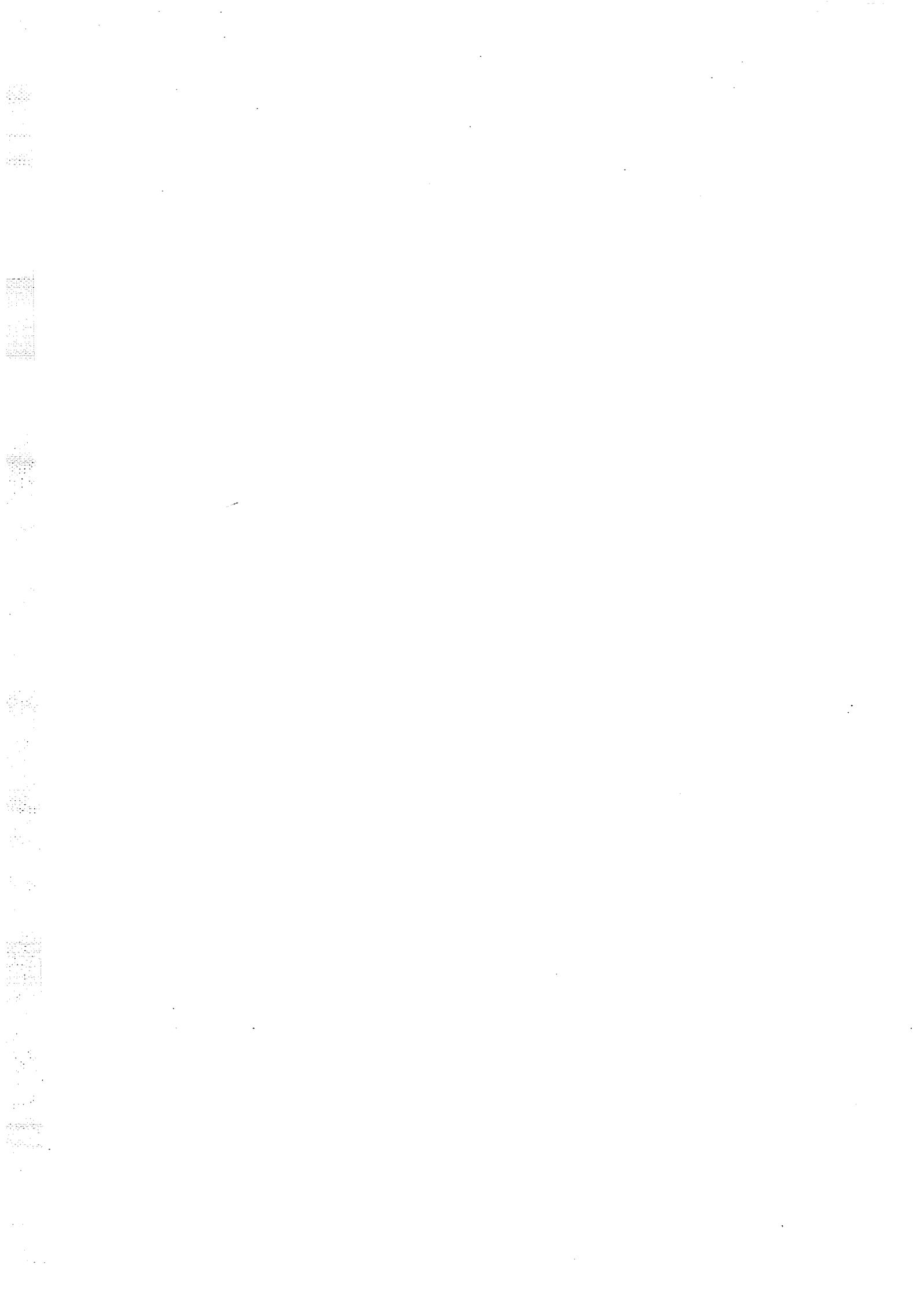
Una vez contada la actividad  $\alpha$  se conecta de nuevo la cámara a la instalación y por medio de purgas con vacío y paso de  $N_2$  gaseoso, respectivamente, se limpia la instalación, quedando atrapados los productos radiactivos en la trampa  $t_3$ , en la que se ha colocado el Dewar con  $N_2$  líquido; una vez finalizada la operación dicha trampa es desconectada de la instalación y colocada en un recinto con depresión.

- La eficiencia de este proceso de desemanación y contaje es del orden de  $55,70 \pm 3,45 \%$ .
- La determinación de la concentración de Ra-226 en el agua en  $\text{Bq.l}^{-1}$  se calcula a través de la siguiente fórmula:

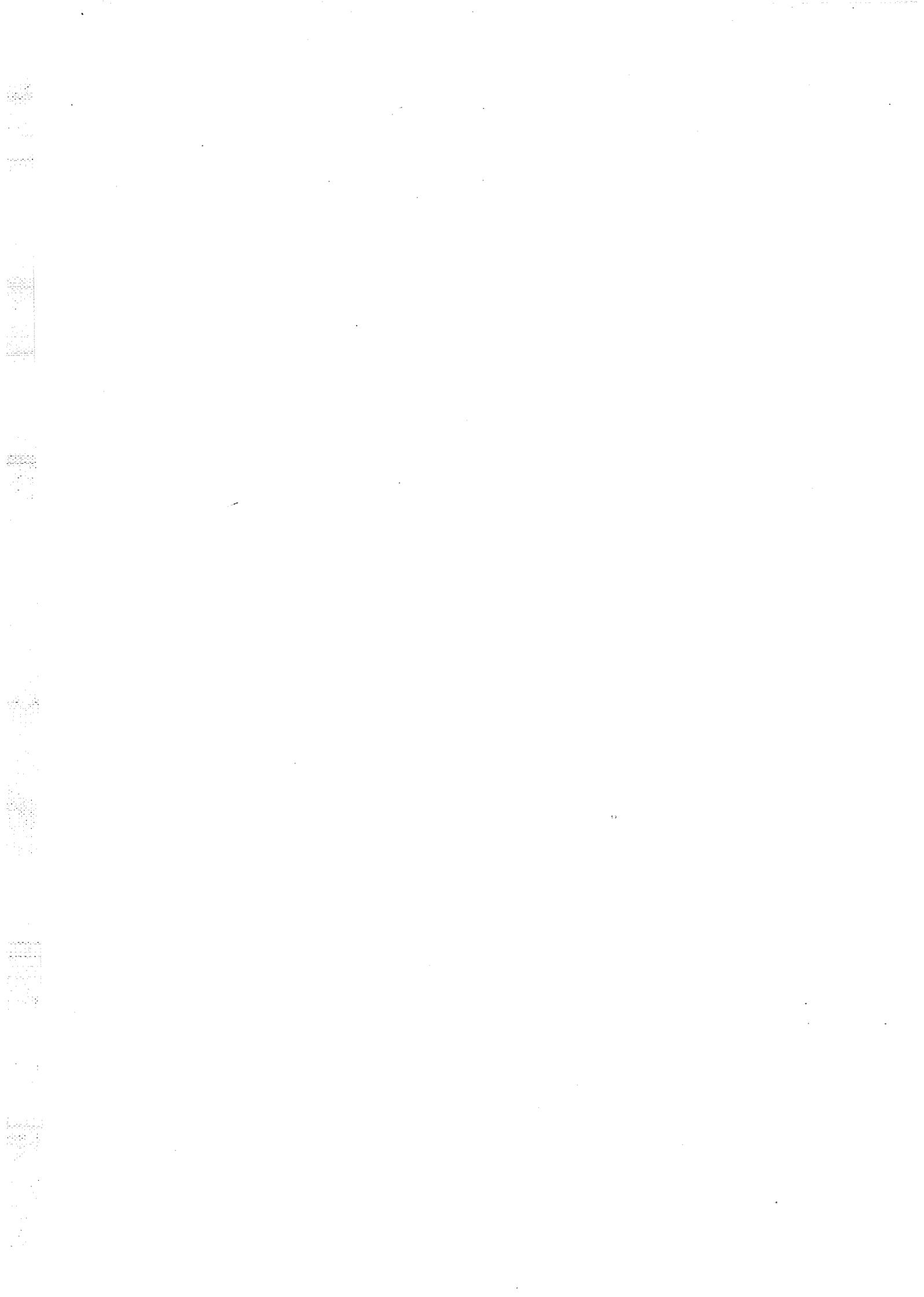
$$C = \frac{1,12 \cdot D \cdot 10^{-3}}{E}$$

D = cuentas por minuto

E =  $\%$  equilibrio secular Ra-226-Rn-222  $\cdot 10^{-2}$

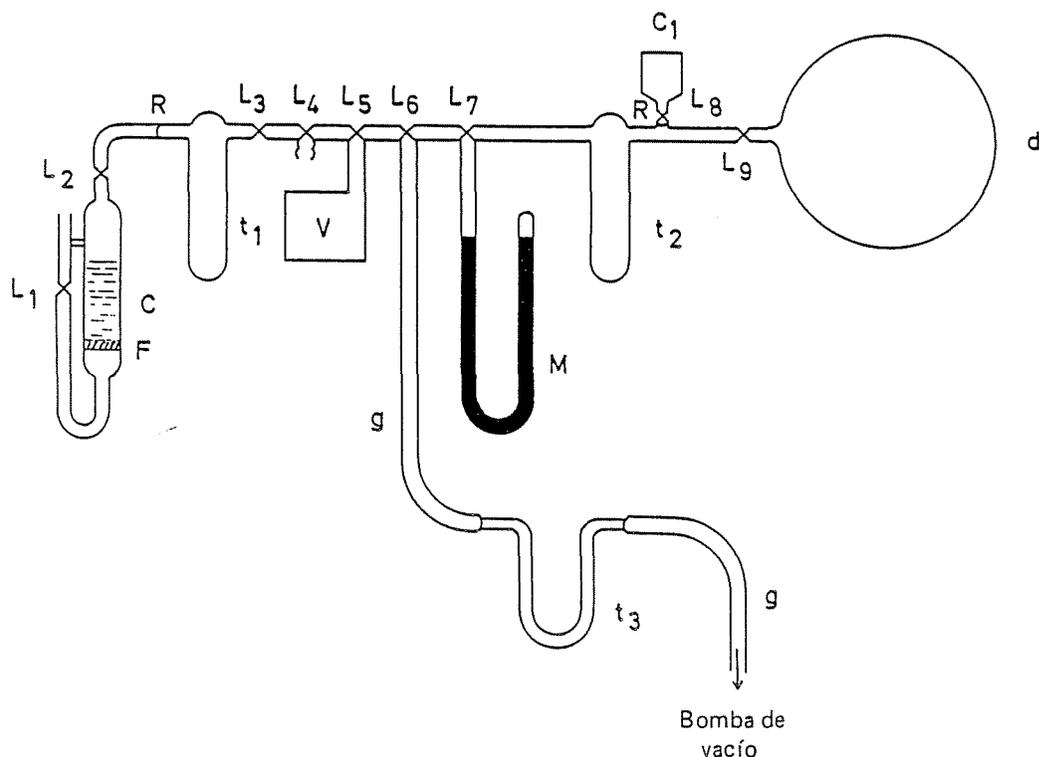


**ANEXO 1 al APENDICE II**  
**INSTALACION DE DESEMANACION**



## SISTEMA DE DESEMANACION

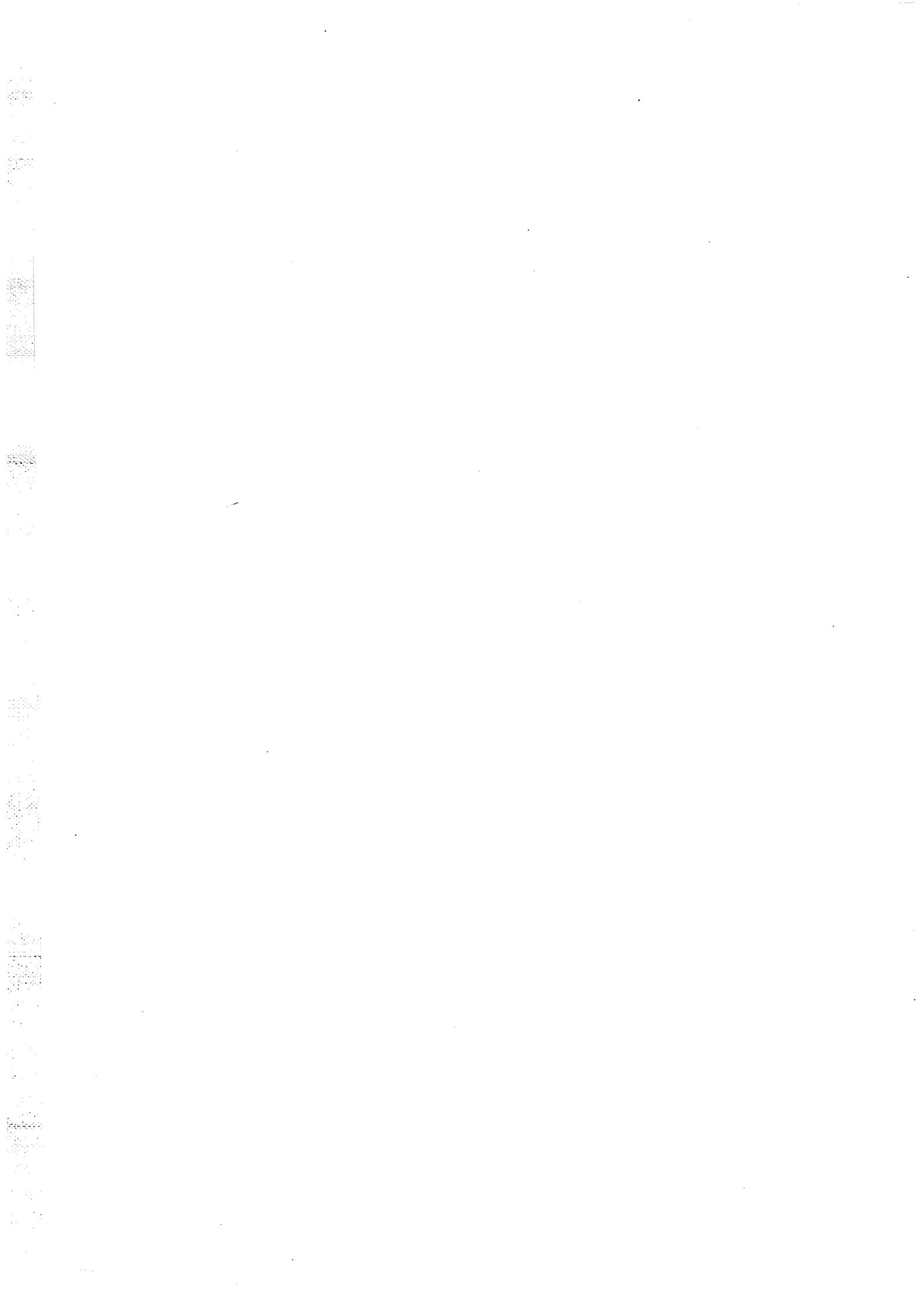
Se trata de una instalación de vacío, construida en vidrio Pirex, con llaves y rótulas de teflón, con lo que se consigue una mayor eficiencia en la obtención de vacío. La célula de contaje es de acero, recubierto en su interior con SZn activado con Ag, la tapa es de vidrio, y la llave de paso del gas (Radón), así como la rótula de conexión con la instalación, son de teflón. En la figura siguiente se presenta un esquema de este sistema.



- C = Columna de desemanación
- t<sub>1</sub> = Trampa para retención del vapor de agua
- L<sub>4</sub> = Llave para conectar con la salida de N<sub>2</sub> gaseoso
- L<sub>6</sub> = Llave para conectar con la bomba de vacío
- g = Tubos de goma
- t<sub>3</sub> = Trampa desmontable para eliminar agua o radón
- L<sub>7</sub> = Llave para comunicar con el manómetro
- t<sub>2</sub> = Trampa para retener el radón
- C<sub>1</sub> = Cámara o célula de centelleo o de contaje (cubierta en su interior con SZn (Ag) )
- d = Depósito de vidrio de dos litros que actúa como reservorio para el N<sub>2</sub> que arrastra al radón
- M = Manómetro
- V = Vacuómetro
- F = Filtro de vidrio nº 3
- R = Rótula



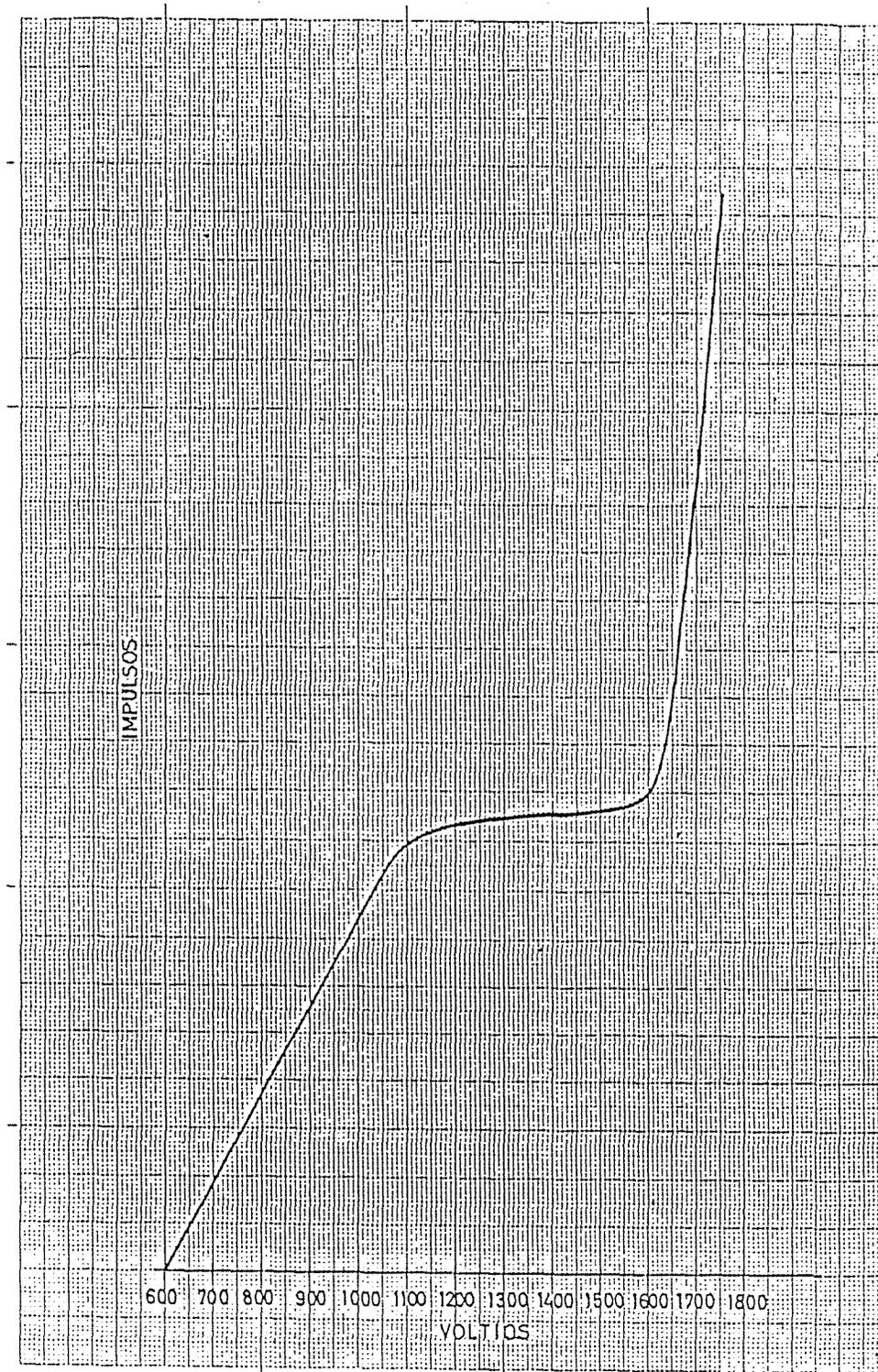
**ANEXO 2 al APENDICE II**  
**EQUIPO DE CONTAJE**

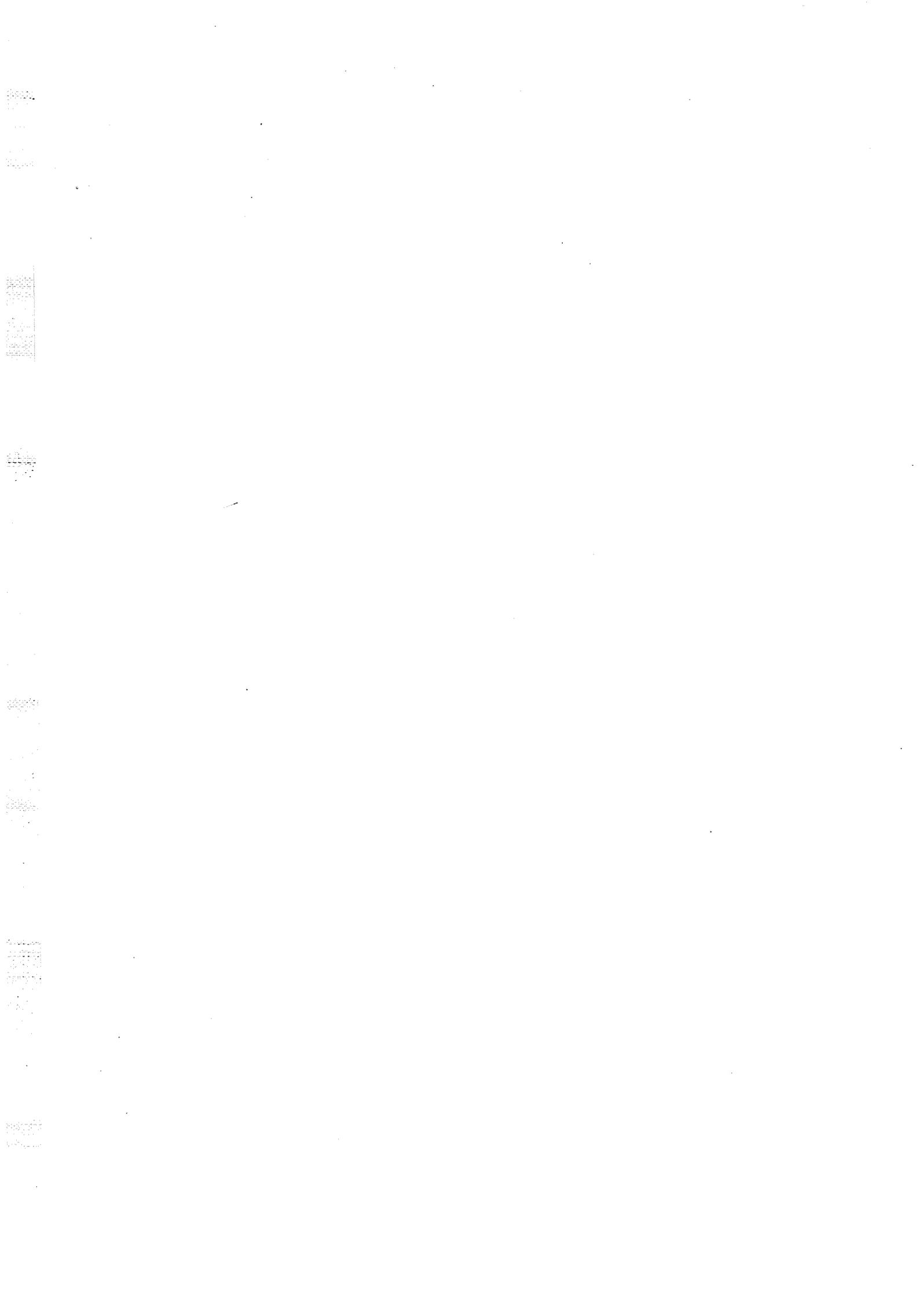


## EQUIPO DE CONTAJE

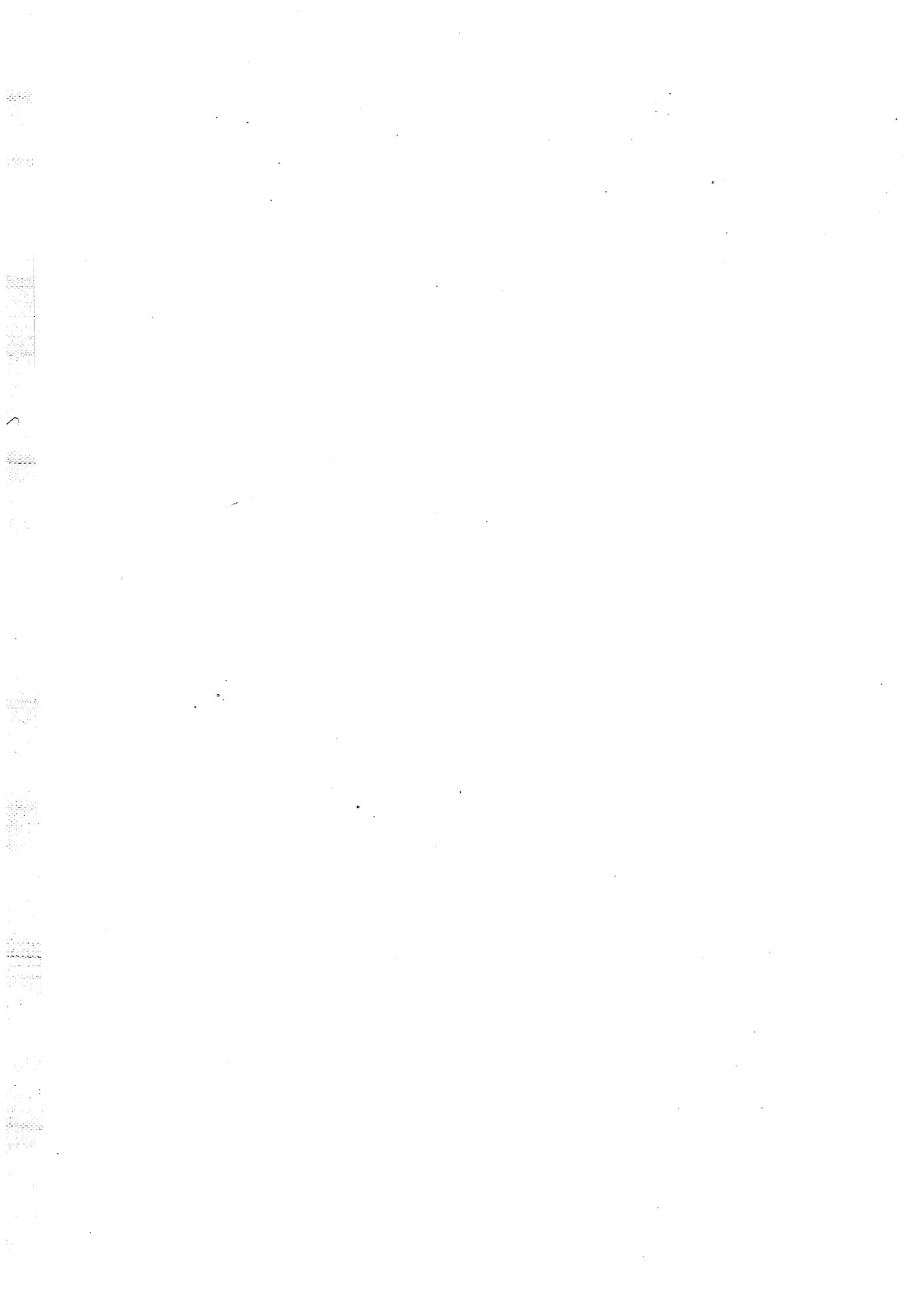
Consiste en un equipo contador de actividad  $\alpha$  en el que los impulsos producidos en la cámara de centelleo son transferidos, amplificados y discriminados, para la energía de las emisiones  $\alpha$  de 5,486 MeV del Rn-222; 5,998 MeV del Po-218 y 7,680 MeV del Po-214 y transformados en una escala, en cuentas por unidad de tiempo.

Consta de: tubo fotomultiplicador, amplificador, discriminador, escala y fuente de alimentación de alta tensión, que en este caso trabaja a 1350 voltios, según se puede observar en la curva de Plateau del conjunto formado por fotomultiplicador, fuente, escala, amplificador y discriminador. El punto 1350 en abscisas corresponde al punto medio en la zona de voltaje de trabajo.





**ANEXO 3 al APENDICE II**  
**FIGURAS**



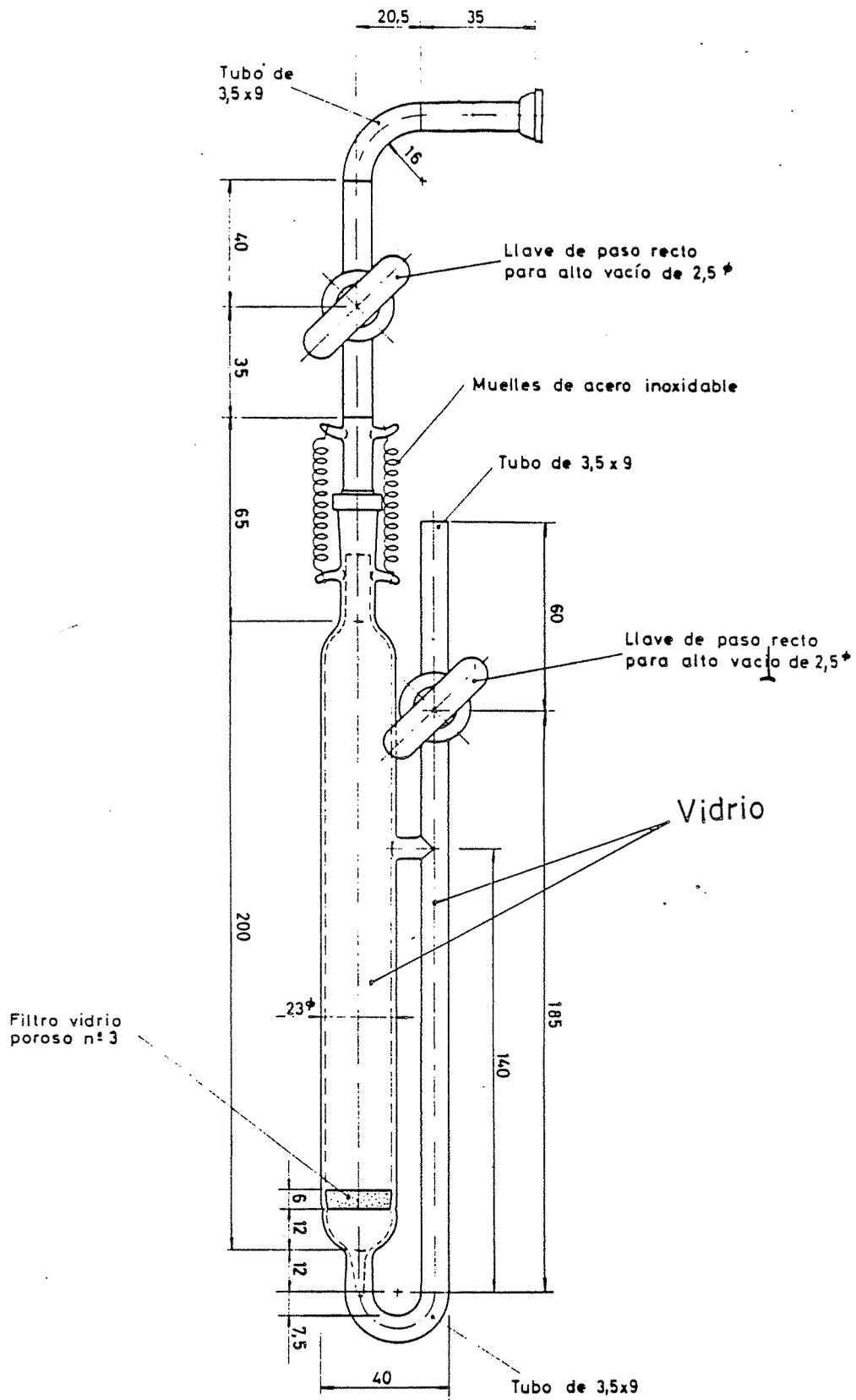


Fig. 1  
Columna de Desemación

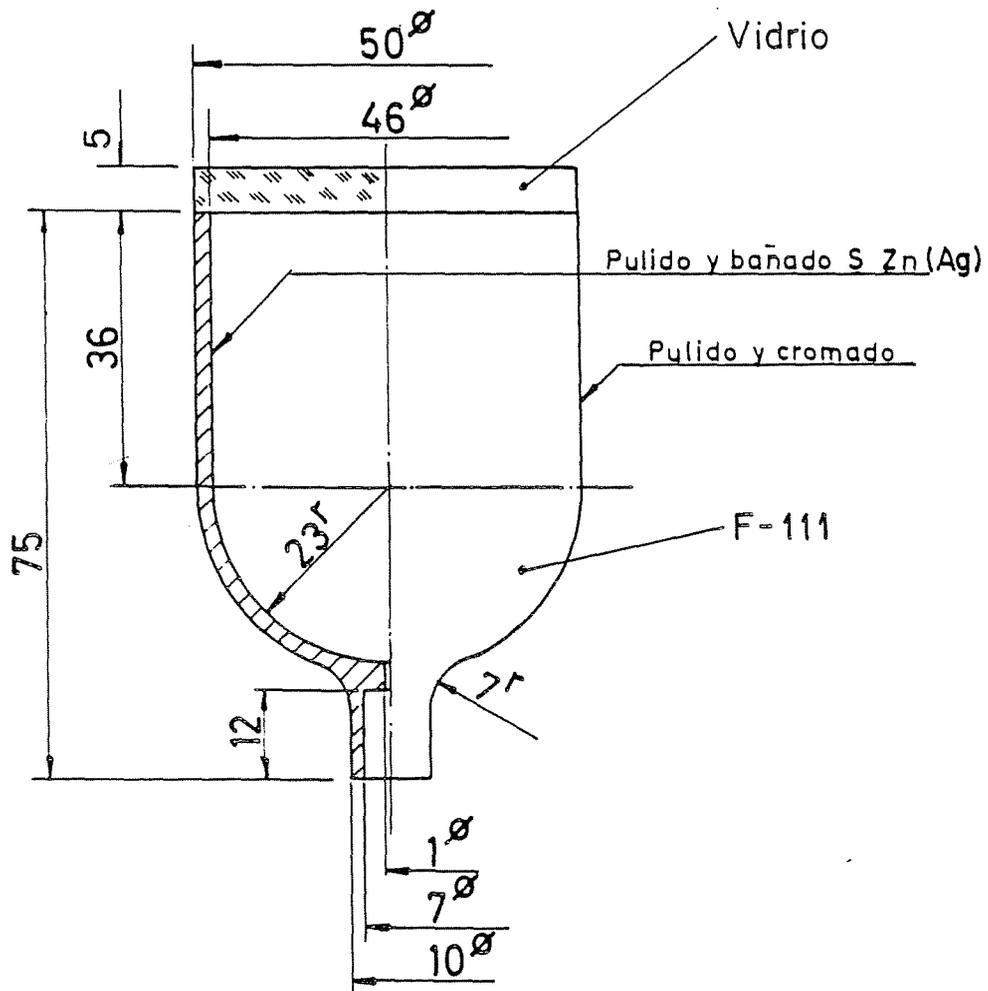


Fig. 2  
Cámara o célula de centelleo o de contaje

## **APENDICE III**

### **FIGURAS**





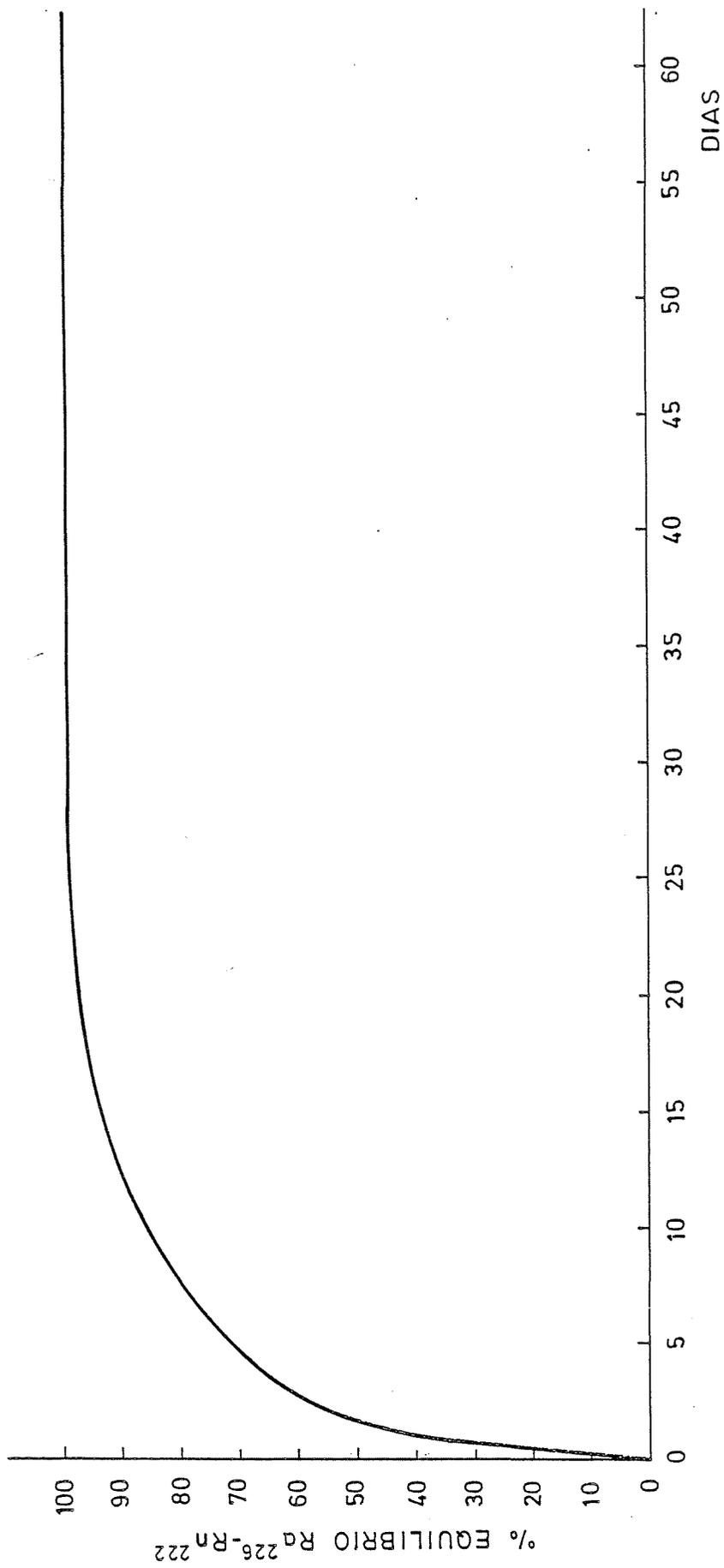


Fig. 2

Relación % Equilibrio Secular Ra-226-Rn-22, con el Tiempo

**APENDICE IV**  
CONCENTRACIONES DE Ra-226  
EN LAS AGUAS



CAPITAL	ABASTECIMIENTO	Bq / l.	INGESTION ANUAL Bq(1)
Albacete	Ojos de S. Jorge	$(11,80 \pm 4,74) \cdot 10^{-4}$	$(9,44 \pm 3,79) \cdot 10^{-1}$
	Hondo de la Morena	$(6,66 \pm 1,22) \cdot 10^{-3}$	$5,33 \pm 0,98$
Alicante	Río Taibilla	$(8,36 \pm 0,92) \cdot 10^{-3}$	$6,70 \pm 0,74$
	Río Sax y Villena	$(12,80 \pm 1,15) \cdot 10^{-3}$	$10,24 \pm 0,94$
Almería	Boca Andarax	$(34,82 \pm 0,89) \cdot 10^{-3}$	$27,86 \pm 0,71$
	Depósito Central	$(8,55 \pm 0,44) \cdot 10^{-2}$	$(6,8 \pm 0,35) \cdot 10^{-1}$
	Alhadra	$(2,44 \pm 0,89) \cdot 10^{-3}$	$1,95 \pm 0,71$
	Iniesta salida Pipa	$(7,99 \pm 0,89) \cdot 10^{-3}$	$6,39 \pm 0,71$
	Rambla de Belén	$(31,45 \pm 2,44) \cdot 10^{-3}$	$25,16 \pm 1,95$
Avila		$(6,18 \pm 2,04) \cdot 10^{-4}$	$(4,94 \pm 1,63) \cdot 10^{-1}$
Badajoz		$(8,14 \pm 2,55) \cdot 10^{-4}$	$(6,51 \pm 2,04) \cdot 10^{-1}$
Barcelona		$(4,63 \pm 2,85) \cdot 10^{-4}$	$(3,70 \pm 2,28) \cdot 10^{-2}$
Bilbao	Zadorra (Gran Bilbao)	$(20,42 \pm 0,96) \cdot 10^{-4}$	$(16,3 \pm 0,77) \cdot 10^{-1}$
	Ordunte	$(24,57 \pm 1,0) \cdot 10^{-4}$	$(19,66 \pm 0,8) \cdot 10^{-1}$
Burgos		$(24,68 \pm 1,04) \cdot 10^{-4}$	$(19,74 \pm 0,83) \cdot 10^{-1}$
Cáceres		$(25,53 \pm 1,78) \cdot 10^{-4}$	$(20,42 \pm 1,42) \cdot 10^{-1}$
Cádiz		$(27,42 \pm 0,44) \cdot 10^{-4}$	$(21,94 \pm 3,52) \cdot 10^{-1}$
Castellón		$(5,48 \pm 0,89) \cdot 10^{-3}$	$4,38 \pm 0,71$
Ciudad Real		$(19,06 \pm 3,30) \cdot 10^{-4}$	$(15,25 \pm 2,64) \cdot 10^{-1}$
Córdoba		$(27,64 \pm 2,33) \cdot 10^{-4}$	$(22,11 \pm 1,86) \cdot 10^{-1}$
Coruña		$(22,30 \pm 3,44) \cdot 10^{-5}$	$(17,80 \pm 2,75) \cdot 10^{-2}$
Cuenca	Fuente del Fraile	$(5,77 \pm 2,96) \cdot 10^{-4}$	$(4,61 \pm 2,37) \cdot 10^{-1}$
	Río	$(26,86 \pm 4,62) \cdot 10^{-4}$	$(21,48 \pm 3,08) \cdot 10^{-1}$
Gerona	Virgen de Nuria	$(5,03 \pm 0,24) \cdot 10^{-3}$	$4,02 \pm 0,92$
	Pozo Angeles	$(34,45 \pm 0,93) \cdot 10^{-4}$	$(27,52 \pm 0,74) \cdot 10^{-1}$
	Pozo Palau	$(8,14 \pm 0,52) \cdot 10^{-3}$	$6,51 \pm 0,42$
	Pozo Monserrat	$(5,92 \pm 0,37) \cdot 10^{-3}$	$4,74 \pm 0,3$
Granada		$(27,38 \pm 1,41) \cdot 10^{-4}$	$(21,90 \pm 1,13) \cdot 10^{-1}$
Guadalajara		$(15,40 \pm 2,26) \cdot 10^{-4}$	$(12,32 \pm 1,81) \cdot 10^{-1}$
Huelva		$(19,13 \pm 0,78) \cdot 10^{-4}$	$(15,30 \pm 0,62) \cdot 10^{-1}$

CAPITAL	ABASTECIMIENTO	Bq / l.	INGESTION ANUAL Bq(1)
Huesca		$(23,16 \pm 2,88) \cdot 10^{-4}$	$(18,53 \pm 2,33) \cdot 10^{-1}$
Jaén		$(14,65 \pm 3,15) \cdot 10^{-4}$	$(11,72 \pm 2,52) \cdot 10^{-1}$
León		$(6,18 \pm 1,15) \cdot 10^{-3}$	4,94 ± 0,92
Lérida		$(26,01 \pm 1,44) \cdot 10^{-4}$	$(20,81 \pm 1,15) \cdot 10^{-1}$
Logroño		$(18,61 \pm 1,52) \cdot 10^{-4}$	$(14,88 \pm 1,22) \cdot 10^{-1}$
Lugo		$(8,95 \pm 1,60) \cdot 10^{-4}$	$(7,16 \pm 1,28) \cdot 10^{-1}$
Madrid	Zona Universidad	$(6,55 \pm 1,55) \cdot 10^{-4}$	$(5,24 \pm 1,24) \cdot 10^{-1}$
	Zona Sur	$(7,22 \pm 2,89) \cdot 10^{-4}$	$(5,77 \pm 2,31) \cdot 10^{-1}$
	Zona Centro	$(8,95 \pm 1,70) \cdot 10^{-4}$	$(7,16 \pm 1,36) \cdot 10^{-1}$
	Zona Plaza Castilla	$(9,84 \pm 4,25) \cdot 10^{-4}$	$(7,87 \pm 3,14) \cdot 10^{-1}$
Málaga	Zona Vallecas	$(9,40 \pm 3,92) \cdot 10^{-4}$	$(7,52 \pm 3,14) \cdot 10^{-1}$
	Capital	$(21,46 \pm 0,27) \cdot 10^{-4}$	$(17,17 \pm 0,22) \cdot 10^{-1}$
Murcia	Torremolinos	$(16,84 \pm 0,19) \cdot 10^{-4}$	$(13,47 \pm 0,52) \cdot 10^{-1}$
	Barrio del Carmen	$(8,62 \pm 1,0) \cdot 10^{-3}$	6,90 ± 0,8
Orense	Abastecimiento normal	$(5,18 \pm 0,85) \cdot 10^{-3}$	4,14 ± 0,6
		$(22,80 \pm 1,26) \cdot 10^{-4}$	$(18,24 \pm 1,01) \cdot 10^{-1}$
Oviedo		$(5,62 \pm 1,15) \cdot 10^{-3}$	4,50 ± 0,92
Palencia	Abastecimiento normal	$(20,13 \pm 1,22) \cdot 10^{-4}$	$(16,10 \pm 0,98) \cdot 10^{-1}$
	Río Carrión	$(35,56 \pm 1,96) \cdot 10^{-4}$	$(28,45 \pm 1,57) \cdot 10^{-1}$
Pamplona		$(18,32 \pm 0,85) \cdot 10^{-4}$	$(14,66 \pm 0,68) \cdot 10^{-1}$
Pontevedra		$(4,33 \pm 1,48) \cdot 10^{-3}$	3,46 ± 1,18
Salamanca		$(19,91 \pm 3,18) \cdot 10^{-4}$	$(15,93 \pm 2,54) \cdot 10^{-1}$
San Sebastián		$(11,58 \pm 0,81) \cdot 10^{-4}$	$(9,26 \pm 0,65) \cdot 10^{-1}$
Santander		$(4,29 \pm 0,48) \cdot 10^{-3}$	3,43 ± 0,38
Segovia		$(6,66 \pm 1,22) \cdot 10^{-4}$	$(5,33 \pm 0,98) \cdot 10^{-1}$
Sevilla		$(19,98 \pm 1,11) \cdot 10^{-4}$	$(15,99 \pm 0,88) \cdot 10^{-1}$
Soria	Abastecimiento	$(5,96 \pm 3,55) \cdot 10^{-3}$	4,77 ± 2,84
	Fuente de la Teja	$(16,39 \pm 3,18) \cdot 10^{-4}$	$(13,11 \pm 2,54) \cdot 10^{-1}$
Tarragona		$(4,99 \pm 0,85) \cdot 10^{-3}$	3,99 ± 0,68
Teruel		$(21,83 \pm 1,48) \cdot 10^{-4}$	$(17,46 \pm 1,18) \cdot 10^{-1}$

CAPITAL	ABASTECIMIENTO	Bq / l.	INGESTION ANUAL Bq(1)
Toledo		$(13,65 \pm 1,55) \cdot 10^{-4}$	$(10,92 \pm 1,24) \cdot 10^{-1}$
Valencia		$(6,88 \pm 0,41) \cdot 10^{-3}$	$5,50 \pm 0,33$
Valladolid		$(8,29 \pm 1,15) \cdot 10^{-4}$	$(6,63 \pm 0,92) \cdot 10^{-1}$
Vitoria	Albina (Embalse)	$(16,35 \pm 1,18) \cdot 10^{-4}$	$(13,08 \pm 0,94) \cdot 10^{-1}$
	Dorana (Depuradora)	$(3,88 \pm 1,48) \cdot 10^{-4}$	$(3,10 \pm 1,18) \cdot 10^{-1}$
Zamora		$(6,03 \pm 0,78) \cdot 10^{-3}$	$4,82 \pm 0,62$
Zaragoza		$(5,33 \pm 3,63) \cdot 10^{-3}$	$4,26 \pm 2,90$
Media		$(6,43 \pm 1,60) \cdot 10^{-3}$	$5,14 \pm 1,28$

(1) Supuesta una ingestión de  $0,8 \text{ m}^3 / \text{año}$

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

### CIEMAT 636

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
Instituto de Investigación Básica. Madrid.

#### RADIOACTIVIDAD NATURAL DE LAS AGUAS DE SUMINISTROS PUBLICOS DE ESPAÑA

SOSTOA GORDO-PACHECO, A. (1989) 47 pp. 6 figs. 1 tabla y 11 refs

En esta publicación se presentan los valores de las concentraciones de Ra-226 en el agua de los abastecimientos públicos de diversas capitales españolas, que varían en un margen de  $(22,31 \pm 3,44) 10^{-5}$  Bq/l  $\div$   $(8,55 \pm 0,44) 10^{-2}$  Bq/l. Así como los de ingestión anual, cuyo margen de variación es  $(17,80 \pm 2,75) 10^{-2}$  Bq/l  $\div$   $(68 \pm 3,5)$  Bq/l.

Se llega a la conclusión de que no existe riesgo para la salud por la ingestión de estas aguas.

También se describe la técnica utilizada para la realización de la medida de la concentración de Ra-226.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: Drinking water. Natural Radioactivity. Radioactivity. Radium 226. Spain.

### CIEMAT 636

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
Instituto de Investigación Básica. Madrid.

#### RADIOACTIVIDAD NATURAL DE LAS AGUAS DE SUMINISTROS PUBLICOS DE ESPAÑA

SOSTOA GORDO-PACHECO, A. (1989) 47 pp. 6 figs. 1 tabla y 11 refs

En esta publicación se presentan los valores de las concentraciones de Ra-226 en el agua de los abastecimientos públicos de diversas capitales españolas, que varían en un margen de  $(22,31 \pm 3,44) 10^{-5}$  Bq/l  $\div$   $(8,55 \pm 0,44) 10^{-2}$  Bq/l. Así como los de ingestión anual, cuyo margen de variación es  $(17,80 \pm 2,75) 10^{-2}$  Bq/l  $\div$   $(68 \pm 3,5)$  Bq/l.

Se llega a la conclusión de que no existe riesgo para la salud por la ingestión de estas aguas.

También se describe la técnica utilizada para la realización de la medida de la concentración de Ra-226.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: Drinking water. Natural Radioactivity. Radioactivity. Radium 226. Spain.

### CIEMAT 636

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
Instituto de Investigación Básica. Madrid.

#### RADIOACTIVIDAD NATURAL DE LAS AGUAS DE SUMINISTROS PUBLICOS DE ESPAÑA

SOSTOA GORDO-PACHECO, A. (1989) 47 pp. 6 figs. 1 tabla y 11 refs

En esta publicación se presentan los valores de las concentraciones de Ra-226 en el agua de los abastecimientos públicos de diversas capitales españolas, que varían en un margen de  $(22,31 \pm 3,44) 10^{-5}$  Bq/l  $\div$   $(8,55 \pm 0,44) 10^{-2}$  Bq/l. Así como los de ingestión anual, cuyo margen de variación es  $(17,80 \pm 2,75) 10^{-2}$  Bq/l  $\div$   $(68 \pm 3,5)$  Bq/l.

Se llega a la conclusión de que no existe riesgo para la salud por la ingestión de estas aguas.

También se describe la técnica utilizada para la realización de la medida de la concentración de Ra-226.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: Drinking water. Natural Radioactivity. Radioactivity. Radium 226. Spain.

### CIEMAT 636

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
Instituto de Investigación Básica. Madrid.

#### RADIOACTIVIDAD NATURAL DE LAS AGUAS DE SUMINISTROS PUBLICOS DE ESPAÑA

SOSTOA GORDO-PACHECO, A. (1989) 47 pp. 6 figs. 1 tabla y 11 refs

En esta publicación se presentan los valores de las concentraciones de Ra-226 en el agua de los abastecimientos públicos de diversas capitales españolas, que varían en un margen de  $(22,31 \pm 3,44) 10^{-5}$  Bq/l  $\div$   $(8,55 \pm 0,44) 10^{-2}$  Bq/l. Así como los de ingestión anual, cuyo margen de variación es  $(17,80 \pm 2,75) 10^{-2}$  Bq/l  $\div$   $(68 \pm 3,5)$  Bq/l.

Se llega a la conclusión de que no existe riesgo para la salud por la ingestión de estas aguas.

También se describe la técnica utilizada para la realización de la medida de la concentración de Ra-226.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: Drinking water. Natural Radioactivity. Radioactivity. Radium 226. Spain.



## CIEMAT 636

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
Instituto de Investigación Básica. Madrid.

### NATURAL RADIOACTIVITY IN PUBLIC WATER SUPPLIES IN SPAIN

SOSTOA GORDO-PACHECO, A. (1989) 47 pp. 6 figs. 1 table and 11 refs.

This paper present the values of the Ra-226 concentration in public water supplies from different provinces of Spain and the values of anual intake. The Ra-226 concentration is in the range of  $(22.31 \pm 3.44) 10^{-5}$  Bq/l  $\div$   $(8.55 \pm 0.44) 10^{-2}$  Bq/l. The annual intake is in the range of  $(17.80 \pm 2.75) 10^{-2}$  Bq/l  $\div$   $(68 \pm 3.5)$  Bq/l.

As a conclusion no health risk due to intake is expected.

Also is discussed in the paper a method for determination of Ra-226 concentration.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: Drinking water. Natural Radioactivity. Radioactivity. Radium 226. Spain.

## CIEMAT 636

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
Instituto de Investigación Básica. Madrid.

### NATURAL RADIOACTIVITY IN PUBLIC WATER SUPPLIES IN SPAIN

SOSTOA GORDO-PACHECO, A. (1989) 47 pp. 6 figs. 1 table and 11 refs.

This paper present the values of the Ra-226 concentration in public water supplies from different provinces of Spain and the values of anual intake. The Ra-226 concentration is in the range of  $(22.31 \pm 3.44) 10^{-5}$  Bq/l  $\div$   $(8.55 \pm 0.44) 10^{-2}$  Bq/l. The annual intake is in the range of  $(17.80 \pm 2.75) 10^{-2}$  Bq/l  $\div$   $(68 \pm 3.5)$  Bq/l.

As a conclusion no health risk due to intake is expected.

Also is discussed in the paper a method for determination of Ra-226 concentration.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: Drinking water. Natural Radioactivity. Radioactivity. Radium 226. Spain.

## CIEMAT 636

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
Instituto de Investigación Básica. Madrid.

### NATURAL RADIOACTIVITY IN PUBLIC WATER SUPPLIES IN SPAIN

SOSTOA GORDO-PACHECO, A. (1989) 47 pp. 6 figs. 1 table and 11 refs.

This paper present the values of the Ra-226 concentration in public water supplies from different provinces of Spain and the values of anual intake. The Ra-226 concentration is in the range of  $(22.31 \pm 3.44) 10^{-5}$  Bq/l  $\div$   $(8.55 \pm 0.44) 10^{-2}$  Bq/l. The annual intake is in the range of  $(17.80 \pm 2.75) 10^{-2}$  Bq/l  $\div$   $(68 \pm 3.5)$  Bq/l.

As a conclusion no health risk due to intake is expected.

Also is discussed in the paper a method for determination of Ra-226 concentration.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: Drinking water. Natural Radioactivity. Radioactivity. Radium 226. Spain.

## CIEMAT 636

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
Instituto de Investigación Básica. Madrid.

### NATURAL RADIOACTIVITY IN PUBLIC WATER SUPPLIES IN SPAIN

SOSTOA GORDO-PACHECO, A. (1989) 47 pp. 6 figs. 1 table and 11 refs.

This paper present the values of the Ra-226 concentration in public water supplies from different provinces of Spain and the values of anual intake. The Ra-226 concentration is in the range of  $(22.31 \pm 3.44) 10^{-5}$  Bq/l  $\div$   $(8.55 \pm 0.44) 10^{-2}$  Bq/l. The annual intake is in the range of  $(17.80 \pm 2.75) 10^{-2}$  Bq/l  $\div$   $(68 \pm 3.5)$  Bq/l.

As a conclusion no health risk due to intake is expected.

Also is discussed in the paper a method for determination of Ra-226 concentration.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: Drinking water. Natural Radioactivity. Radioactivity. Radium 226. Spain.

