

Evaluación de los Niveles de Tritio
Ambiental en Aire y Lluvia en el
Área del Centro de Investigaciones
Energéticas Medioambientales y
Tecnológicas (CIEMAT), Madrid.
1998-2000

B. Romero del Hombrebueno

M.A. Simón

P. Larena

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.

Depósito Legal: M-14226-1995

ISSN: 1135-9420

NIPO: 402-01-008-3

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

S54

TRITIUM; AIR; RAIN WATER; ELECTROLYSIS; SCINTILLATION COUNTING;
ENVIRONMENT; SAMPLING; SPAIN.

Evaluación de los Niveles de Tritio Ambiental en Aire y Lluvia en el Área del Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Madrid. 1998-2000

Romero del Hombrebueno, B.; Simón, M.A.; Larena, P.
Unidad Técnica de Isótopos Ambientales. Lab. Gral. de Química Analítica (DIAE). CIEMAT
22 pp. 5 figs. 9 refs.

Resumen

En este trabajo se ha realizado la determinación de tritio en muestras ambientales (aire y lluvia), durante el periodo de 1998-2000, por centelleo líquido con concentración electrolítica previa. La concentración de tritio atmosférico, expresada en Bq/l varía de 0,77 - 10,82, con un valor medio de $1,81 \pm 1,82$. Cuando la expresamos en mBq/m³ de aire varía de 4,6 - 70, no existiendo una correlación con los valores de humedad absoluta. Los niveles de tritio en agua de lluvia varían de 0,35 - 2,18 Bq/l, sin observarse variaciones estacionales. La concentración de tritio en el aire del laboratorio de Isótopos Ambientales es aproximadamente 5 veces más alta que en la atmósfera, debido a la evaporación del agua tritiada estándar durante el procesamiento de las muestras.

Evaluation of Environmental Tritium Level in Air and Precipitation in the Area of the Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Madrid. 1998-2000

Romero del Hombrebueno, B.; Simón, M.A.; Larena, P.
Unidad Técnica de Isótopos Ambientales. Lab. Gral. de Química Analítica (DIAE). CIEMAT
22 pp. 5 figs. 9 refs.

Abstract

Concentration of tritium in environmental samples (air, precipitation) has been determined during 1998 - 2000, by using electrolytic enrichment and liquid scintillation counting.

Atmospheric tritium concentration of tritiated water vapor (HTO), expressed in Bq/l varies within a range of 0,77 - 10,82 giving an overall average value of $1,81 \pm 1,82$. HTO expressed in mBq/m³ air varies within a range of 4,6 - 70; no correlation with the atmospheric humidity was observed. Tritium concentration in the precipitation ranges from 0,35 to 2,18 Bq/l, without seasonal variations. The tritium concentration in the air of the laboratory was approximately five times higher than in the atmosphere due to evaporation of tritium standard water during the process of the samples

INDICE

	pag
1. INTRODUCCIÓN	2
2. PARTE EXPERIMENTAL	3
2.1. Instrumentación y reactivos	3
2.2. Muestreo	4
2.3. Método	4
2.4. Expresión de los resultados	6
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
3.1. Concentración de tritio en el aire exterior del laboratorio	7
3.2. Concentración de tritio en la precipitación	9
3.3. Concentración de tritio en el aire del laboratorio	10
4. CONCLUSIONES	15
5. REFERENCIAS	15

1. INTRODUCCIÓN

El tritio es el isótopo radiactivo del hidrógeno, su producción se debe a las siguientes causas:

- Reacciones nucleares del hidrógeno y el oxígeno con los rayos cósmicos producidas en las capas altas de la atmósfera. La producción total de tritio por estas reacciones, se estima aproximadamente en un átomo $\cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Esta fuente de producción de tritio es permanente y oscila entre 2 y 10 UT (1UT=0,1191 Bq/Kq).

- Explosiones termonucleares, llevadas a cabo a partir de 1952

Los valores de tritio atmosférico antes del inicio de las pruebas nucleares estaban alrededor de 0,78 Bq/l (1). Tras los ensayos nucleares de la década de los 60 los niveles de tritio experimentaron un gran incremento, llegando a alcanzar valores de 400 Bq/l en 1963 (2), a partir de ese año el tritio atmosférico ha ido disminuyendo. En la actualidad, a excepción de determinadas áreas cercanas a plantas nucleares, hospitales o centros de investigación, los niveles de tritio ambiental han llegado a alcanzar valores próximos a los habidos con anterioridad a los años 60.(3)

El tritio atmosférico tras oxidarse precipita en forma de lluvia, entrando así en el ciclo hidrogeológico, lo que permite la utilización de este isótopo como trazador natural en gran variedad de estudios. El tritio es un emisor beta con una energía máxima de 18 keV, por lo que su medida puede realizarse mediante contadores de centelleo líquido, pero debido a la baja concentración de este isótopo en las aguas naturales, es necesario realizar un enriquecimiento previo de las muestras

El laboratorio de Isótopos Ambientales del CIEMAT, realiza medidas de tritio en aguas con muy baja actividad (actividad mínima detectable 0,04 Bq/l) para programas de investigación relacionados con estudios hidrogeológicos y de datación. El seguimiento de los niveles de tritio ambiental dentro y fuera del laboratorio, es de gran utilidad para controlar la posible contaminación de las muestras. Ya que el CIEMAT es un centro de investigación, en el que se encuentran laboratorios en los que se realizan trabajos con este isótopo, el objetivo de este trabajo es realizar un seguimiento de los niveles de tritio ambiental, mediante la determinación sistemática del tritio en muestras de aire (dentro y fuera del laboratorio) y de lluvia, con el fin de conocer los niveles ambientales de este isótopo en el área del CIEMAT. Los resultados obtenidos permiten al laboratorio controlar la influencia ambiental sobre las muestras a estudiar, y también son de interés

en programas de control medioambiental, como valor de referencia de los niveles naturales de tritio, que no pueden medirse por métodos directos.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Instrumentación y reactivos

Instrumentación:

- Cuba electrolítica de acero inoxidable, aislada térmicamente y con equipo de refrigeración para disipar el calor producido por las 20 células electrolíticas que puede alojar.
- Células electrolíticas, que constan de un recipiente de vidrio al que van acoplados los electrodos, con el ánodo de hierro muy puro y cátodo de acero inoxidable.
- Fuentes de alimentación de corriente continua, con una tensión de salida (0-50 V) e intensidad (0-20 A).
- Balanzas analíticas con rangos de pesada de $0-61 \text{ g} \pm 0,0001$ y de $0 - 2200 \text{ g} \pm 0,1$.
- Mantas calefactoras con regulador de temperatura.
- Equipos de destilación
- Conductímetro Crison con un rango de medida de 0-200 mS
- Contador de centelleo líquido de ultrabajo nivel Tricarb 2770 TR/SL (Packard)
- Unidad refrigeradora (Selecta)
- Termohigrómetro (Vaisala)
- Medidor de presión (Vaisala)

Reactivos:

- Peróxido de sodio (Riedel de Haën)
- Cloruro de plomo (Panreac PRS)
- Agua muerta (bajo contenido en tritio), acuífero subterráneo de las Burgas, Orense.
- Agua tritiada patrón del National Institute of Standards Technology (SRM 4926-D) y de Packard (6004052)
- Líquido de centelleo (Ultimagold LLT)

2.2. Muestreo

El trabajo se viene desarrollando desde 1998, los datos aquí reflejados corresponden al periodo de 1998-2000.

Para la determinación de tritio en aire se capta el vapor de agua atmosférico mediante un sistema de condensación de agua a través del frío, utilizándose una unidad refrigeradora con un serpentín para el muestreo en el exterior y unas láminas metálicas inmersas en nitrógeno líquido para el muestreo en el interior del laboratorio

El agua de lluvia se capta directamente en recipientes que contienen una capa de glicerol que evita la evaporación de la muestra.

El muestreo en el interior del laboratorio se realiza cada 15 días, recogándose aproximadamente unos 30 ml de agua durante 4 horas.

El muestreo en el exterior se realiza diariamente durante aproximadamente 8 horas. El agua recogida durante el mismo mes se mezcla para obtener una única muestra mensual.

El agua de lluvia recogida durante todo un mes también es considerada como muestra única.

2.3. Método.

La determinación de tritio en las muestras ambientales (aire y lluvia) se realizó siguiendo los pasos que se muestran en la Figura 1.

La medida de tritio de las muestras del interior del laboratorio se realiza directamente mediante el recuento de la actividad por centelleo líquido. El límite de detección en estas muestras es de 2 Bq/l. Las muestras de lluvia y de vapor de agua del exterior necesitan ser enriquecidas en tritio, lo que se realiza mediante concentración electrolítica. El proceso de concentración electrolítica comprende los siguientes pasos:

Pretratamiento de la muestra:

Se destilan 700 ml de muestra de agua, eliminando los primeros 50 ml. A la muestra ya destilada se le mide la conductividad; si es menor de 80 μS es aceptada para la realización de la electrólisis; si la conductividad es mayor de 80 μS se somete a un nuevo proceso de destilación.

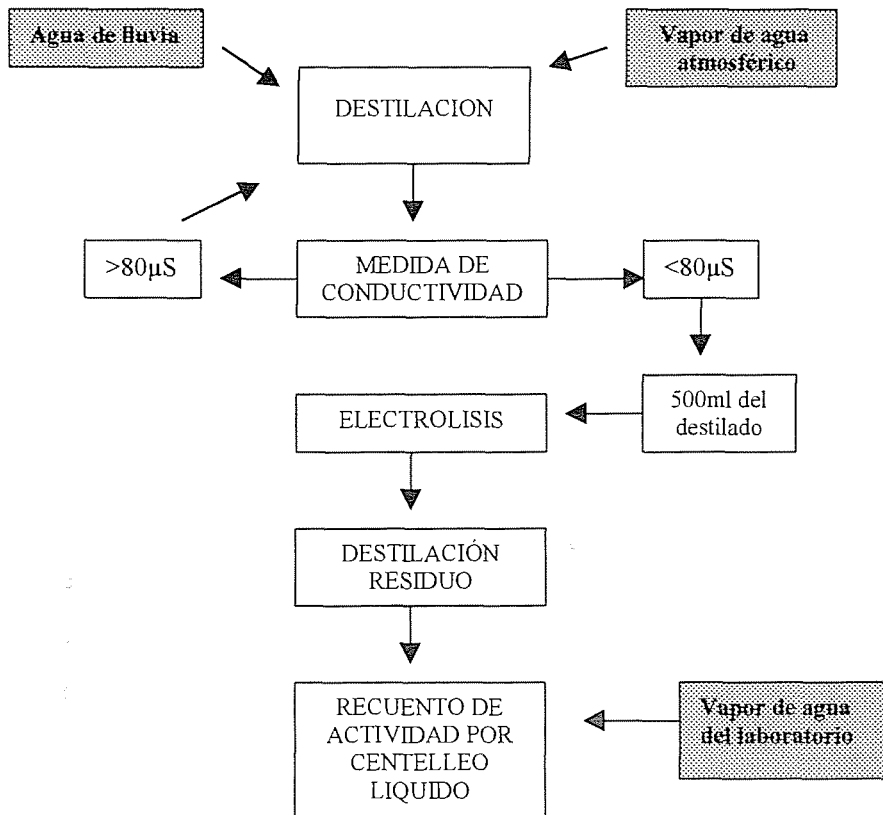


Fig.1 Esquema del proceso completo de medida de tritio en muestras ambientales por centelleo líquido con concentración electrolítica previa

Concentración electrolítica

Se toman 500 g de la muestra de agua destilada, se ponen dentro de la célula electrolítica y se le añaden 2 g de peróxido sódico, que actúa como electrolito, y que tiene la ventaja de no añadir tritio adicional a la muestra. Una vez disuelto el electrolito se ponen los electrodos y se introducen en la cuba electrolítica, que debe estar a una temperatura aproximada de $1,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, se conectan en serie y se aplica una densidad de corriente de $0,100 \text{ A/cm}^2$, hasta obtener un residuo de 12-13 ml, de esta forma se obtiene un factor de reducción de volumen (N) de 40

En cada serie de concentración electrolítica, junto con las muestras a determinar se ponen dos muestras "spike" y una muestra de agua de Burgas.

El spike, con una concentración conocida de tritio, preparado a partir del patrón de agua tritiada (SRM 4926-D), sirve para el cálculo del factor de enriquecimiento en tritio (Z),

con la muestra de agua de Burgas detectamos si hay contaminación durante el proceso de concentración electrolítica.

Segunda destilación

Una vez concentradas las muestras, se mide su volumen y se procede a su neutralización añadiéndoles 7,2 g de cloruro de plomo y se destilan de nuevo para eliminar las sales formadas en la neutralización.

Recuento de la actividad de tritio

En viales de polietileno de 22 ml se pesan 10 g de la muestra ya destilada y se le añaden 12 ml de líquido de centelleo. Junto con las muestras electrolizadas se preparan dos viales con 10 g de agua de Burgas, que nos dará el valor de fondo del equipo, y dos viales que contengan la misma actividad que las muestras spike, para el cálculo del factor de enriquecimiento en tritio (Z).

Antes de realizar el recuento de la actividad, todas las muestras así preparadas se guardan en frío y oscuridad durante 24 horas, para que se estabilicen y desaparezca el efecto de la luz solar.

Para la medida de tritio en el contador de centelleo, se ha realizado previamente una curva de calibrado. Las muestras son contadas el tiempo necesario para que el valor 2S de recuento sea del 10 %. En este tipo de medidas de baja actividad, la incertidumbre estándar asociada a las mismas viene dada por el error de recuento. En estas condiciones nuestro método tiene un límite de detección de 0,04 Bq/l

2.4. Expresión de los resultados

La concentración de tritio en el aire se expresa en Bq/l de agua y mBq/m³ de aire.

El valor del tritio en mBq/m³ se obtiene multiplicando el valor en Bq/l por el valor de la humedad absoluta en g/m³. La humedad absoluta fue obtenida a partir de la humedad relativa y de la temperatura del aire, datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología (estación de Retiro) y por el control diario en el laboratorio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Concentración de tritio en el aire exterior del laboratorio

Los valores mensuales de la concentración de tritio atmosférico (Bq/l y mBq/m³ aire) y de humedad absoluta (g/m³ de aire) en el momento de recogida de las muestras aparecen en la Tabla 1 y la Figura 2

Bq/l

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Nov.	Dic.
1998	0,94	1,51	1,38	0,81	2,04	1,02	1,41	1,58	1,01	1,49	0,98	2,37
1999	1,72	5,62	2,10	10,82	1,14	1,66	1,67	1,18	1,10	1,38	1,84	1,14
2000	2,00	1,21	4,68	1,08	1,21	1,37	0,84	1,15	1,35	1,03	0,83	0,77

mBq/m³ aire

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Nov.	Dic.
1998	5,6	12,2	8,9	4,9	18,9	9,5	12,9	18,6	9,7	11,4	7,8	11,2
1999	8,2	27	13,4	70	10,1	16,2	17,4	12,3	11,6	11,7	10,8	6,5
2000	10	7,6	25,1	6,5	11,6	29	7,8	10	12,6	7,1	5,3	4,6

Humedad, g/m³ aire

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Nov.	Dic.
1998	5,9	7,6	6,4	5,9	9,5	9,1	9,1	11,4	9,6	7,6	4,8	4,8
1999	4,8	4,9	6,4	6,5	8,8	9,7	10,4	10,4	10,5	8,4	5,9	5,7
2000	5,02	6,3	5,4	6	9,7	8,3	8,7	8,7	9,4	6,9	6,4	5,9

Tabla 1. Valores mensuales de concentración de tritio (Bq/l y mBq/m³ aire) y humedad absoluta en muestras exteriores

La concentración de tritio expresada en Bq/l a lo largo de los tres años varia entre 0,77 - 10,82; estos valores no se han podido comparar con datos de nuestro país, pues no se han encontrado referencias bibliográficas de tritio atmosférico, pero son del mismo orden de los encontrados en otras áreas geográficas del hemisferio norte, Rumania (4) y Japón (5).

Como se puede observar, en el 93 % de los resultados la concentración de tritio varió en un pequeño rango de 0,77 - 2,37 Bq/l. La máxima concentración se detectó de forma puntual en Abril de 1999, superando en 4,6 veces el límite alto de este rango.

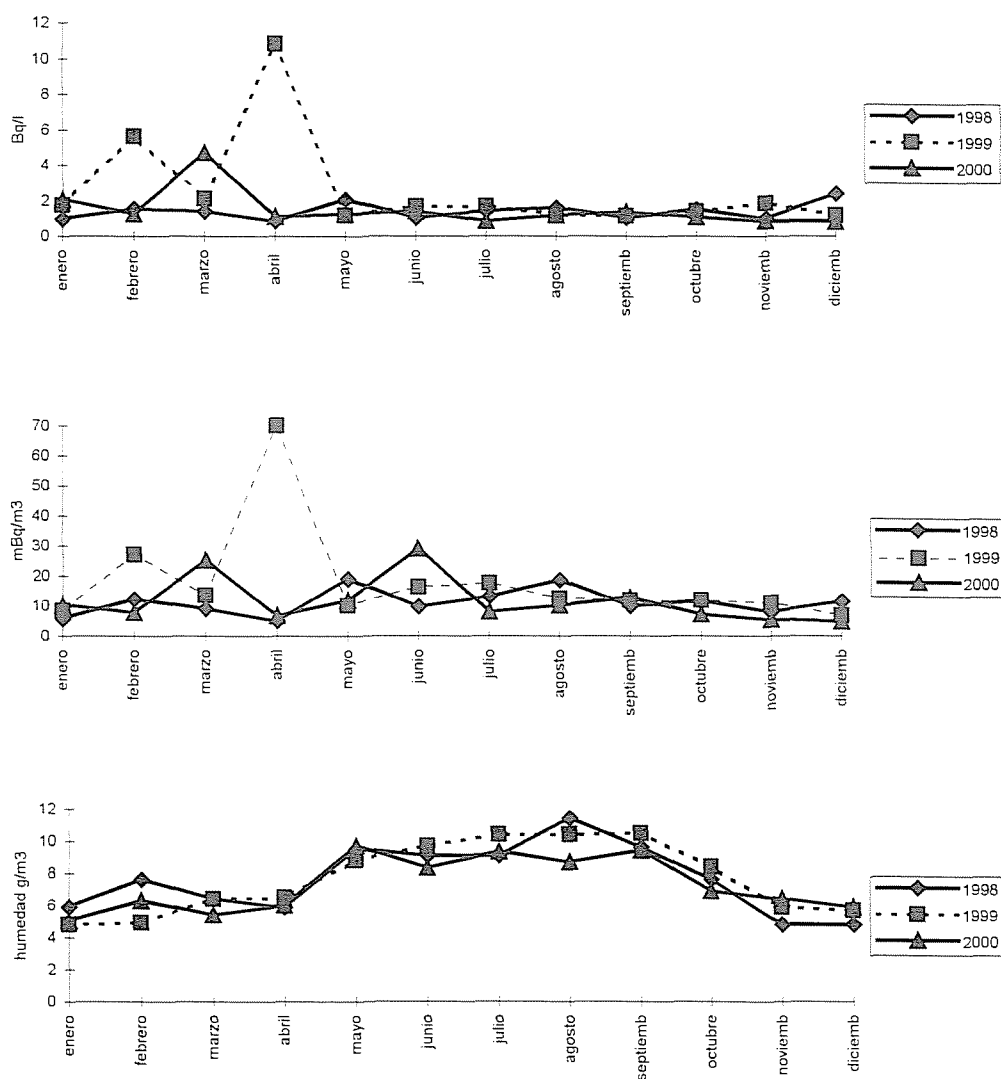


Figura 2 Evolución del tritio atmosférico (Bq/l y mBq/m³) y de la humedad absoluta(g/m³)

La concentración de tritio atmosférico expresada en mBq/m³ de aire varía de 4,6 - 70. No encontramos diferencias significativas entre los niveles de tritio en los meses de verano (Junio-Septiembre) ($13,9 \pm 5,8$ mBq/m³) frente a los meses de invierno

(Noviembre-Febrero) ($9,7 \pm 5,9 \text{ mBq/m}^3$), aunque como podemos observar los valores de la humedad absoluta son algo más altos en los meses de verano ($9,6 \pm 0,9 \text{ g/m}^3$) que en los meses de invierno ($5,7 \pm 0,8 \text{ g/m}^3$), por tanto no podemos hablar de una correlación entre los valores de humedad absoluta y los niveles de tritio, como ha sido descrito en zonas de clima más húmedo (5), donde los niveles de tritio más altos corresponden a los meses de verano con valores altos de humedad absoluta.

3.2. Concentración de tritio en la precipitación

Las variaciones del tritio en la precipitación a lo largo de los tres años estudiados se muestran en la Tabla 2, Figura 3.

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Nov.	Dic.
1998	1.02	0.74	1.31	0.64	1,5	1,16	NLL	1,11	0,79	NLL	0,51	0,49
1999	0,80	2,18	1,59	0,80	0,91	1,25	1,26	NLL	0,60	0,57	0,93	0,58
2000	0,58	NLL	0,94	0,85	0,77	1,15	NLL	NLL	NLL	0,39	0,35	0,45

NLL: No-lluvia

Tabla 2. Valores de tritio en muestras de agua de lluvia expresados en Bq/l

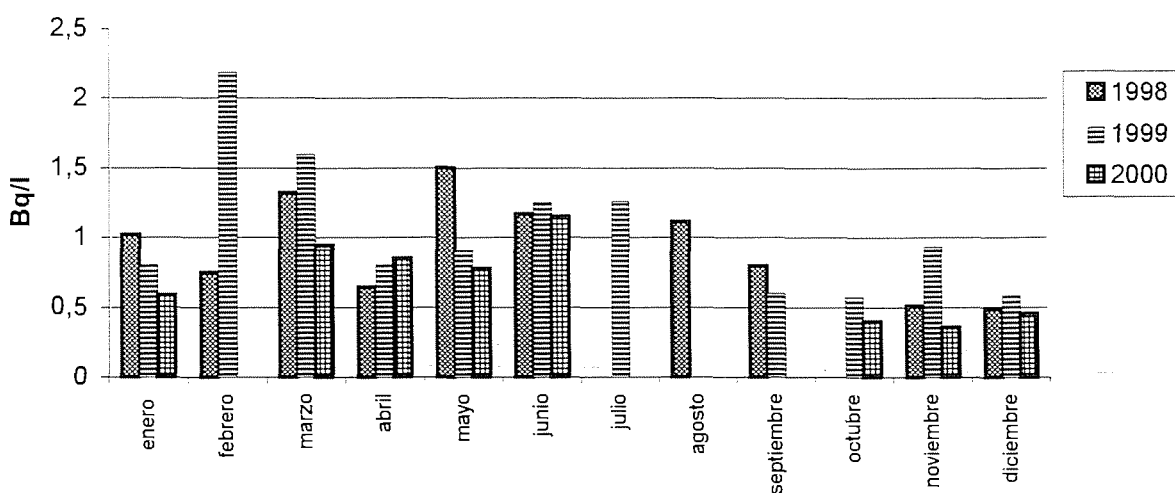


Figura 3. Valores mensuales de tritio en la precipitación expresados en Bq/l

En el periodo estudiado los niveles de tritio en la precipitación han oscilado desde 0,35 - 2,18 Bq/l. Como se puede ver en la Tabla 3, estos datos son del mismo orden que los descritos por otros autores en Polonia (6) y Cáceres (7), así como los que figuran en la base de datos de la OIEA (8)) de la composición isotópica de la precipitación, de las estaciones meteorológicas de Madrid, Francia (Orleans) y Austria (Graz), de los últimos años.

		1996	1997	1998	1999	2000
CIEMAT	Máximo			1,5	2,2	1,2
	Mínimo			0,5	0,6	0,4
	Medio			0,9	1,0	0,7
POLONIA	Máximo	3,3	3,6	2,0	2,2	
	Mínimo	0,5	0,9	0,8	0,8	
	Medio	2,0	1,8	1,4	1,3	
CACERES	Máximo	1,2				
	Mínimo	0,6				
	Medio	0,7				
MADRID	Máximo			1,4		
	Mínimo			0,6		
	Medio			0,9		
FRANCIA	Máximo		1,8	2,6		
	Mínimo		0,6	0,5		
	Medio		1,0	1,0		
AUSTRIA	Máximo			2,4	2,3	1,5
	Mínimo			0,9	0,7	0,6
	Medio			1,6	1,3	1,1

Tabla 3. Valores anuales (máximo, mínimo y medio) de tritio, expresados en Bq/l en la precipitación

Así como algunos autores (6) hablan de una variación estacional de los niveles de tritio en la precipitación, encontrando valores más altos en verano, en nuestro caso no hay diferencia de la concentración de tritio en lluvia entre los meses de verano ($1,04 \pm 0,25$ Bq/l) e invierno ($0,78 \pm 0,5$ Bq/l).

3.3. Concentración de tritio en aire del laboratorio

La medida de tritio en el aire del laboratorio se realiza de forma directa por centelleo líquido sin concentración electrolítica previa, ya que debido a la evaporación durante la manipulación de las muestras y de los estándares de agua tritiada, los niveles de tritio ambiental tienden a ser más altos que en el exterior.

La toma de muestras se ha realizado cada 15 días. Los valores de tritio expresados en Bq/l y mBq/m³ de aire y de humedad absoluta (g/m³) se muestran en la Tabla 4, Figura 4.

	Tritio Bq/l			Tritio mBq/m ³			Humedad g/m ³		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Enero	5,66	5,49	6,31	30,1	30,2	32,5	5,3	5,1	5,1
	4,61	5,34	7,79	25,8	32,4	43,9	5,8	6,1	5,6
Febrero	16,2	5,08	3,36	78,4	21,5	18,0	4,8	4,2	5,4
	12,67	8,67	3,26	67,1	44,2	18,0	5,3	5,1	5,5
Marzo	5,74	6,91	<LID	30,9	36,1	<LID	5,4	5,2	5,6
	6,22	68,82	6,07	33,5	319,3	42,0	5,6	4,6	6,6
Abril	6,71	8,35	7,05	36,1	52,5	38,6	5,4	6,3	5,5
	7,11	11,46	6,52	50,0	57,7	44,0	5,9	5,0	6,7
Mayo	7,51	3,72	6,97	64,6	30,0	64,1	8,6	8,0	9,2
	5,26	3,88	<LID	40,3	25,0	<LID	7,7	6,5	8,9
Junio	2,73	2,33	3,26	20,5	13,8	29,5	7,5	6,0	9,1
	4,01	4,13	<LID	32,9	30,4	<LID	8,2	7,4	9,1
Julio	3,73	4,49	<LID	28,1	31,7	<LID	7,5	7,1	8,0
	2,83	3,58	<LID	20,2	27,0	<LID	8,8	7,6	9,9
Agosto	3,60	<LID	3,42	29,7	<LID	25,3	8,3	9,1	7,4
	2,83	2,66	<LID	22,0	19,0	<LID	7,8	7,1	8,5
Septiembre	2,88	6,21	2,91	20,5	44,3	20,2	7,0	7,1	6,0
	5,48	5,12	2,29	38,7	33,7	16,1	7,1	7,1	7,1
Octubre	6,02	4,04	<LID	32,5	23,2	<LID	5,4	5,7	5,3
	4,29	3,79	2,10	36,8	31,0	18,8	8,6	8,2	9
Noviembre	5,21	4,75	2,30	33,3	26,2	17,0	6,4	5,5	7,3
	5,81	4,65	3,60	33,6	23,9	23,2	5,8	5,1	6,5
Diciembre	11,86	6,91	<LID	75,9	39,7	<LID	6,4	5,6	7,0
	6,87	3,42	4,30	39,9	18,6	26,7	5,8	5,4	6,2

LID = 2 Bq/l

Tabla 4. Niveles de tritio(Bq/l y mBq/m³) y valores de humedad absoluta en el aire del laboratorio

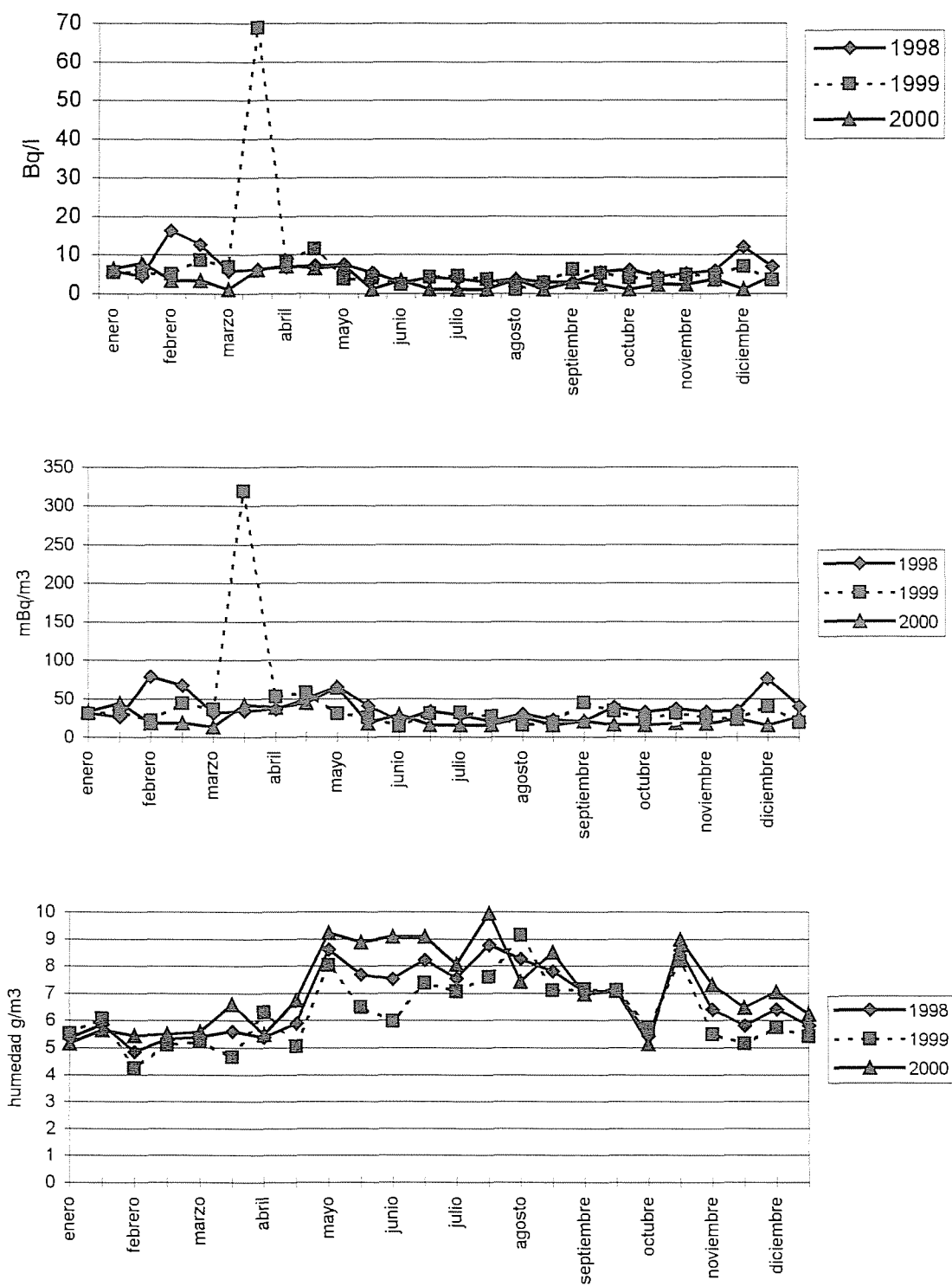


Figura 4. Evolución de la concentración de tritio en el laboratorio (Bq/l y mBq/m^3) y de la humedad absoluta (g/m^3)

Los niveles de tritio en el laboratorio a lo largo de los tres años estudiados han variado desde valores por debajo del límite inferior de detección (LID = $2Bq/l$) hasta $66,82 Bq/l$.

Como se puede observar este incremento en Marzo de 1999 es puntual, ya que en la siguiente medida el nivel de tritio desciende hasta 8,35 Bq/l y probablemente es debido a la manipulación de los patrones de agua tritiada para la preparación del stock de las muestras "spike" (muestras con aproximadamente 50 Bq/l de tritio). El resto de las medidas realizadas no superan los 16,2 Bq/l.

En la Tabla 5 Figura 5 se representan los valores medios mensuales de tritio ambiental (Bq/l y mBq/m³) y de humedad absoluta (g/m³) del laboratorio y del exterior

Bq/l

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
LAB	5,86± 1,08	8,20± 5,32	15,96± 25,95	7,86± 1,87	4,89± 2,10	3,07± 0,87	3,10± 1,00	2,75± 0,67	4,14± 1,64	3,70± 1,50	4,38± 1,25	5,89± 3,50
EXT	1,55± 0,55	2,78± 2,46	2,72± 1,73	4,23± 5,70	1,46± 0,50	1,35± 0,32	1,30± 0,42	1,30± 0,24	1,15± 0,17	1,3± 0,24	1,21± 0,54	1,42± 0,83

mBq/m³ aire

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
LAB	32,4± 6,1	41,2± 26,6	79,1± 118,0	46,48± 8,37	39,5± 21,1	23,3± 8,7	22,2± 8,01	20,3± 6,7	28,9± 11,5	25,8± 9,1	26,2± 6,4	35,6± 22,5
EXT	7,9± 2,2	15,6± 10,1	15,8± 8,3	27,1± 37,1	13,5± 4,7	18,2± 9,9	12,7± 4,8	13,6± 4,4	11,3± 1,4	10,06± 2,5	7,9± 2,7	7,43± 3,4

Humedad g/m³ aire

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
LAB	5,50± 0,40	5,05± 0,48	5,50± 0,65	5,80± 0,62	8,15± 0,98	7,88± 1,18	8,15± 1,03	8,03± 0,74	6,90± 0,44	7,03± 1,73	6,10± 0,79	6,06± 0,58
EXT	5,24± 0,58	6,26± 1,35	6,06± 0,57	6,13± 0,32	9,33± 0,47	9,03± 0,70	9,40± 0,88	10,10± 1,30	9,80± 0,58	7,63± 0,75	5,70± 0,81	5,46± 0,58

Tabla 5. Valores medios mensuales de tritio ambiental (Bq/l y mBq/m³) y de humedad absoluta del laboratorio y del exterior

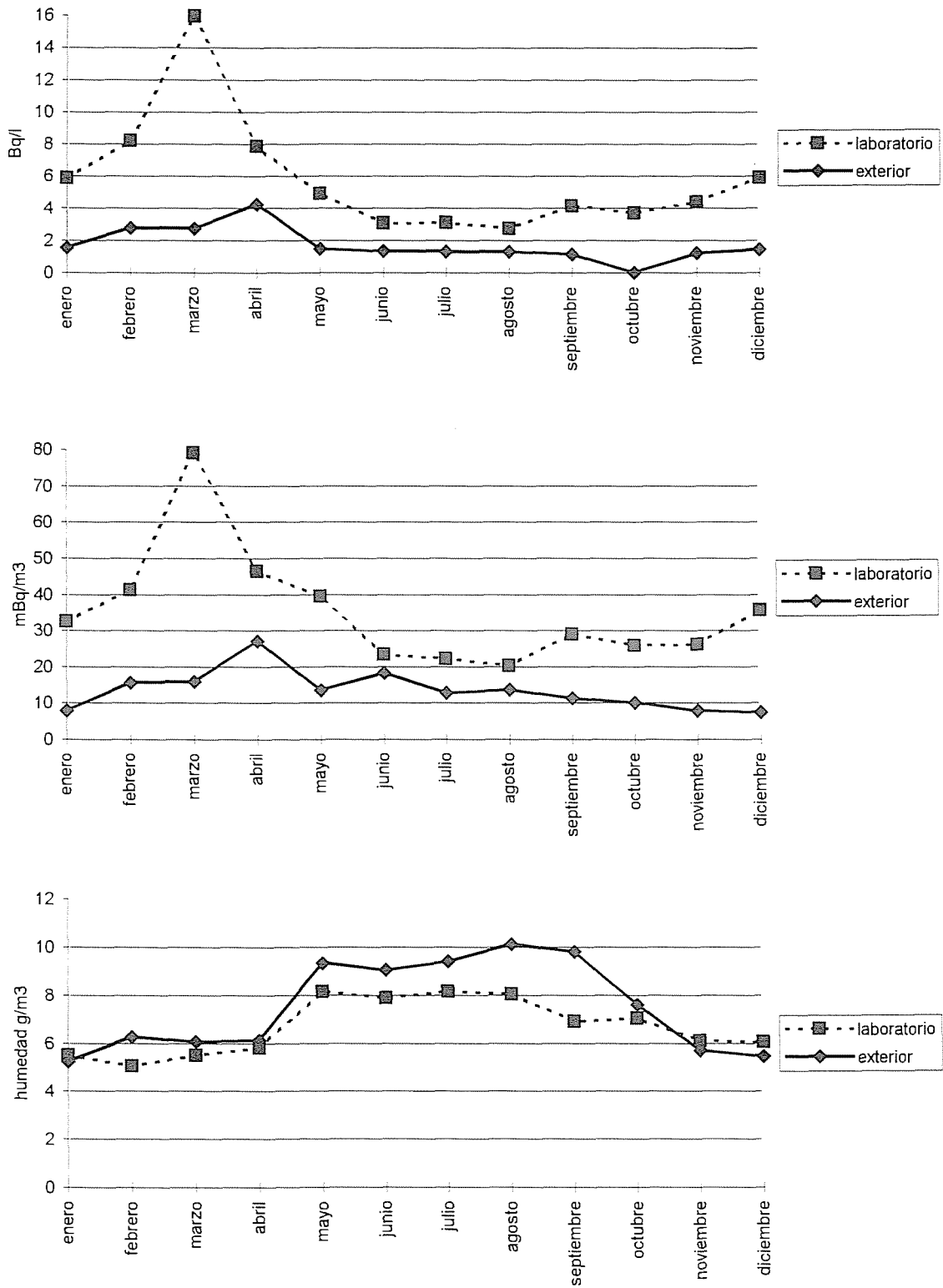


Figura 5. Evolución (media mensual) del tritio ambiental (Bq/l y mBq/m^3) y de la humedad absoluta del laboratorio y del exterior

Como se puede observar, el aumento de tritio en el laboratorio en el mes de Marzo no afecta a los niveles de tritio encontrados en ese mismo mes en el exterior. Los niveles de tritio en el laboratorio fueron de 2 a 6 veces superiores a los del exterior, lo que es lógico al tratarse de la zona de trabajo. Estas diferencias entre la concentración de tritio del laboratorio y del exterior esta de acuerdo con los datos aportados por otros autores (9).

4. CONCLUSIONES

Los niveles de tritio, tanto en el agua de lluvia como en la atmósfera, del entorno del CIEMAT, se corresponden con las concentraciones de tritio debidas únicamente a la producción natural (origen cosmogénico).

La concentración de tritio en el agua de lluvia no refleja variaciones estacionales. Los niveles de tritio en la atmósfera, no se correlacionan con los valores de humedad absoluta, ya que aunque en verano estos valores absoluta son más altos, los de tritio no llegan a ser tan elevados como en zonas de clima húmedo.

Debido a la manipulación de las muestras, los niveles de tritio en el laboratorio son más elevados que en el exterior, no encontrándose una influencia del tritio del laboratorio sobre el ambiente externo.

El presente trabajo constituye una aportación al conocimiento de los niveles de tritio en el área de Madrid durante un periodo de tres años consecutivos, de interés como referencia de base para posteriores estudios medioambientales de este radionucleido.

5.-REFERENCIAS

- 1.- H.V. Buttlar, W.F. Libby. *J. Inorg. Nucl. Chem.* 1, 75, (1955)
- 2.- W.R. Schel, G. Sanzay, B.R. Payne. *J. Geophys. Res.* 75, 225, (1970)
- 3.- K. Rozanski, R. Gonfiantini, L. Araguas-Araguas. Tritium in the global atmosphere: Distribution Patterns and recent trends. *J. Phys.G: Nucl. Part. Phys.* 17, S523, (1991)
- 4.- N. Paunescu, M. Cotarlea, D. Galeriu, R. Margineanu, N. Mocanu. Evaluation of environmental tritium level in preoperational period of Cernavoda CANDU nuclear power plant. *J. Radioanal. Nucl. Chemistry.* 239, 465, (1999).

- 5.- T. Okai, N. Momoshima, Y. Takashima. J. Radioanal. Variation of atmospheric tritium concentrations in three different chemical forms in Fukuoka, Japan. Nucl. Chemistry. 239, 527, (1999).
- 6.- I. Radwan, Z. Pietrzak-Flis, T. Wardaszko. Tritium in surface waters, tap water and in precipitation in Poland during the 1994 - 1999 period J. Radioanal. Nucl. Chemistry. 247, 71, (2001).
- 7.- A. Baeza, E. Garcia, C. Miró. A procedure for the determination of very low activity levels of tritium in water samples. J. Radioanal. Nucl. Chemistry. 241, 93, (1999)
- 8.- <http://isohis.iaea.org>. OIEA
- 9.- T. Florkowski, M. Nawalany. Methods for routine control of tritium concentration in air moisture in the laboratory. Nukleonika. Tom XIX, 4, (1974)