

**DETERMINACION DE CARBONO-14
EN MUESTRAS AMBIENTALES POR INCORPORACION
DE $^{14}\text{CO}_2$ A UN CENTELLEADOR LIQUIDO**

por:

M^a. R. García Sanz

V. Gómez Gil

M^a. C. Heras Iñiguez

M^a. A. Beltrán Rodríguez

**CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGETICAS,
MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLOGICAS**

MADRID, 1990

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES:

540100

CARBON 14

CARBON DIOXIDE

CARBON 14 COMPOUNDS

EARTH ATMOSPHERE

LIQUID SCINTILLATORS

LIQUID SCINTILLATION DETECTORS

AIS SAMPLES

ABSORPTION

QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS

ENVIRONMENT

COMPARATIVE EVALUATIONS

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 Abril de 1990.

Depósito legal: M-14358-1990
NIPO 228-90-016-9

ISBN 84-7834-055-6
ISSN 614-087-X

IMPRIME CIEMAT

INDICE DE MATERIAS

	<i>Pág.</i>
1. INTRODUCCION	7
2. PARTE EXPERIMENTAL	8
2.1. Muestreo de CO ₂	8
2.2. Preparación de la muestra	8
2.3. Medida por centelleo líquido	10
2.4. Eficiencia del procedimiento	10
3. CALCULOS	10
3.1. Actividad de la muestra	10
3.2. Error de la actividad	11
3.3. Límite de detección	13
4. DISCUSION DE RESULTADOS	13
5. BIBLIOGRAFIA	14
ANEXO	15

1. INTRODUCCION

El Carbono-14 es un radionucleido producido de forma natural, en la parte alta de la atmósfera, por la acción de la radiación cósmica sobre el nitrógeno atmosférico, $^{14}\text{N} (n,p) ^{14}\text{C}$. La actividad resultante, ^{14}C , corresponde a una concentración en el aire de $1,2 \text{ pCi/m}^3$.

Las pruebas con armas atómicas llevadas a cabo en la atmósfera, particularmente durante la década de los sesenta, incrementaron esta actividad como consecuencia de un aumento en la producción, concentración y dispersión de este radionucleido en dicho medio. Por otra parte, la producción de energía mediante fisión nuclear genera C-14, principalmente, por activación neutrónica del ^{14}N y ^{17}O , estando presentes estos nucleidos en el agua de refrigeración de los reactores de agua ligera.

Aunque la emisión de C-14 a la atmósfera se produce en diferentes formas moleculares (CO , CO_2 , CH_4 ...) es la de dióxido de carbono (CO_2) la considerada más importante, ya que este compuesto puede ser inhalado o ingerido a través de la cadena alimentaria por fijación fotosintética. A causa de su largo período de semidesintegración, 5730 años, este radionucleido tenderá a acumularse en el curso del tiempo, constituyendo un peligro potencial a largo plazo. Debe, por consiguiente, vigilarse el crecimiento de las concentraciones de este radionucleido en el medio ambiente (1).

La determinación de C-14 en muestras de baja actividad lleva consigo la combustión de la muestra para producir CO_2 y utilizarse como tal, o convertido en CH_4 , como gas de llenado en un contador proporcional o bien transformarle en benceno para su medida por centelleo líquido (2) (3) (4).

La técnica para determinar C-14, en forma de CO_2 , mediante síntesis de benceno y su posterior contaje por centelleo líquido (5) (6) se utiliza en nuestro laboratorio desde el año 1984, aplicado a muestras ambientales gaseosas procedentes de los programas de Vigilancia Radiológica Ambiental del CIEMAT en Madrid y del área de influencia de las Centrales Nucleares en funcionamiento.

La complejidad en el tratamiento de la muestra, unido a la duración de cada análisis, han impulsado el desarrollo de un método más sencillo para llevar a cabo tales determinaciones, que aun siendo menos preciso, puede resultar satisfactorio para la mayor parte de los estudios de vigilancia radiológica medioambiental. El método objeto de estudio es el de determinación de C-14 por incorporación del $^{14}\text{CO}_2$ a un centelleador líquido. Esta técnica analítica es, por su simplicidad, la más ampliamente utilizada para el análisis de $^{14}\text{CO}_2$ (1).

En la bibliografía consultada se describen diversos métodos para la determinación de C-14 por incorporación del $^{14}\text{CO}_2$ a un centelleador líquido (7) (8). La técnica más común consiste en absorber el $^{14}\text{CO}_2$ en una base que es posteriormente disuelta en una mezcla centelleadora apropiada. Un gran número de bases orgánicas han sido usadas con este propósito, entre las que cabe citar la Hyamina, Phenethylamina (1-aminoetil benceno) y Etanolamina; todas ellas forman carbonatos con el CO_2 que son fácilmente solubles en ciertos cócteles de centelleo.

En el presente informe se describe un método para determinar C-14 en muestras gaseosas ambientales, por incorporación del $^{14}\text{CO}_2$ a un cóctel de centelleo Instagel, usando como absorbente Carbosorb (distribuido por Packard) capaz de absorber 5,8 milimoles de CO_2 por mililitro de absorbente. Con este método analítico se han hecho determinaciones de C-14 en muestras de CO_2 ambientales, recogidas en estos últimos cinco años en distintos puntos y cuya actividad, en ^{14}C , había sido determinada previamente por el método de síntesis de benceno y contaje por centelleo líquido (5) (6). También se describe el método de muestreo de CO_2 ambiental utilizado (9).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Muestreo de CO₂

Entre los diversos métodos descritos en la bibliografía consultada (NCRP REPORT N° 81) se seleccionó el de retención de CO₂ en una disolución alcalina, debido a que este método de muestreo había sido estudiado y puesto a punto por los autores en un trabajo anterior (JEN/PRYMA/PR/CE/1/85).

El muestreo de CO₂ ambiental se lleva a cabo haciendo pasar el aire, a un caudal de 1 l/min., a través de dos frascos borboteadores que contienen cada uno 1000 ml de una disolución de NaOH \approx 1N. En este método, el CO₂ queda fijado en esta disolución en forma de carbonato sódico, Na₂CO₃. El caudal de muestreo se regula con la ayuda de una válvula micrométrica y un rotámetro, el volumen de aire muestreado se mide con un contador de gas. El equipo utilizado está esquematizado en la figura 1.

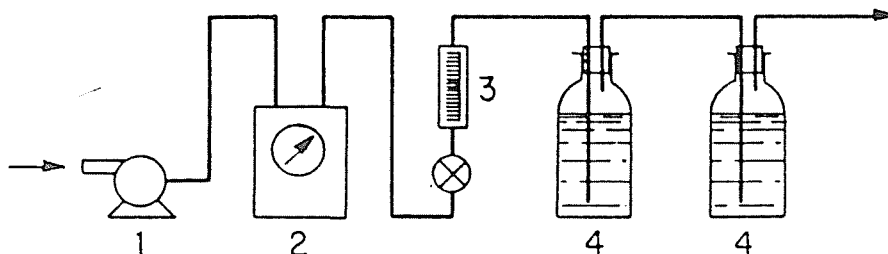


Fig. 1.

Equipo de muestreo de CO₂ ambiental

1. Bomba de aspiración.

2. Contador de gas.

3. Rotámetro.

4. Frascos borboteadores con 100 ml de NaOH \approx 1N cada uno.

La duración del muestreo es de tres semanas aproximadamente. Durante este período de tiempo es preciso añadir agua destilada a la disolución de NaOH, a intervalos apropiados, con el fin de suplir la parte evaporada.

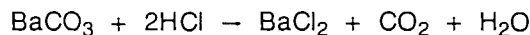
El CO₂ retenido en esta disolución en forma de Na₂CO₃ se transforma en carbonato bórico, BaCO₃, por precipitación con Cl₂Ba en presencia de ClNH₄, como se describe detalladamente en el trabajo original (JEN/PRYMA/PR/CE/1/85). El precipitado de BaCO₃, una vez filtrado, se seca en estufa a 110°C. Con el muestreador descrito se obtienen 2,4 g. de BaCO₃/m³ de aire muestreado.

2.2. Preparación de la muestra

Para incorporar la muestra de CO₂ al vial de contaje se utiliza el equipo esquematizado en la figura 2. El procedimiento empleado es el siguiente:

2.2.1. La muestra de BaCO₃ se introduce en el matraz de reacción y se hace el vacío en todo el sistema.

2.2.2 Al BaCO_3 se le añade $\text{HCl} \approx 3\text{N}$ desde el embudo situado sobre el matraz para producir CO_2 —gas—, según la reacción:



2.2.3. El CO_2 liberado se seca a su paso por las trampas T-1 y T-2, refrigeradas con una mezcla de alcohol isopropílico —hielo seco—, y se retiene condensado, a la temperatura del aire líquido, en la trampa T-3.

2.2.4. Concluida la producción de CO_2 , se retira la refrigeración de la trampa T-3 para permitir que el CO_2 —gas— (a la temperatura ambiente) ocupe el balón calibrado. A continuación se cierra la llave 9 y se hace vacío en el sistema de formación de CO_2 .

2.2.5. En un vial de contaje de 20 ml. de capacidad, de vidrio con bajo contenido en K-40, se introducen 10 ml. del agente absorbente de CO_2 —Carbosorb— y una varilla imantada. El vial se encapsula y conecta al equipo mediante una aguja hipodérmica adaptada a tal objeto.

2.2.6. Hacer el vacío en el vial de contaje a la vez que se agita su contenido poniendo en funcionamiento el agitador magnético M. Cerrar la llave 15 después de unos minutos de hacer el vacío.

2.2.7. Al CO_2 , que ocupa el balón calibrado, se le permite desequilibrar las ramas del manómetro de mercurio abriendo las llaves, 8, 9, 10 y 14. Anotar la diferencia de altura entre las ramas con el fin de determinar la presión y por consiguiente el número de moles de CO_2 , teniendo en cuenta además la temperatura.

2.2.8. Iniciar la absorción de CO_2 por el Carbosorb abriendo parcial y lentamente la llave 15, agitando continuamente. Controlar cuidadosamente esta etapa del procedimiento para que la reacción en el vial no sea violenta.

2.2.9. El proceso de absorción se da por concluido cuando el desequilibrio en las ramas del manómetro alcanza el valor prefijado para absorber un volumen de CO_2 determinado. Cerrar la llave 15 y continuar agitando el contenido del vial durante unos minutos más. Pasado este tiempo, desconectar el vial del equipo de absorción.

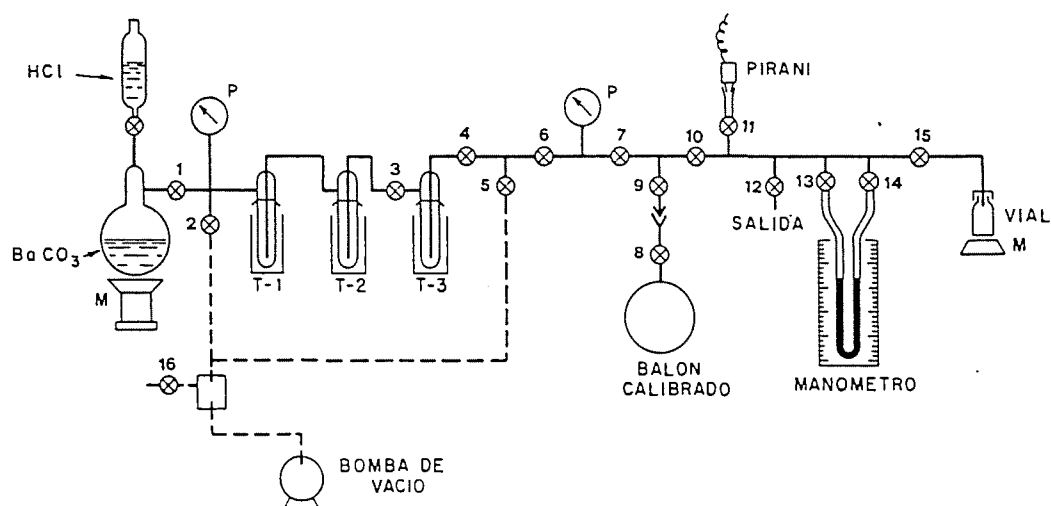


Fig. 2.

Equipo para producir CO_2 a partir de BaCO_3 e introducirlo en un vial de contaje. T-1, T-2 = Trampas H_2O ; T-3 = Trampa CO_2 ; M = agitador magnético; P = Medidor de presión.

2.3. Medida por centelleo líquido

Las muestras se cuentan en un espectrómetro de centelleo líquido BETAmatic-II de la casa KONTRON, S.A.

2.3.1. Añadir al vial de contaje 10 ml. de centelleador líquido Instagel. La muestra está en disposición de ser contada por centelleo líquido.

2.3.2. Preparar un vial —blanco— que contenga 10 ml. de Carbosorb y 10 ml. de Instagel.

2.3.3. Introducir los viales, muestra y blanco, en el espectrómetro de centelleo líquido. Antes de iniciar el contaje dejar transcurrir aproximadamente tres horas a 7°C con el fin de que las muestras se estabilicen.

2.3.4. Contar cada vial 600 minutos distribuidos en dos contajes de 300 minutos cada uno.

2.4. Eficiencia del procedimiento

Para determinar la eficiencia del procedimiento descrito se llevó a cabo una serie de diez absorciones de CO₂, de la misma actividad específica, en Carbosorb y su posterior contaje por centelleo líquido. El CO₂ se obtenía a partir de un patrón de ácido oxálico (13,56 ± 0,07 dpm/g.C), suministrado por el National Bureau of Standards.

En todos los casos se absorbieron 25 milimoles de CO₂ en 10 ml. de Carbosorb, ya que se observó que la eficiencia es función del volumen de CO₂. Para que la cantidad de CO₂ absorbida fuera siempre la misma, se tuvo en cuenta las pequeñas variaciones de temperatura, de unas muestras a otras, en el cálculo del volumen de CO₂.

La eficiencia media del procedimiento de absorción y contaje resultó ser del 77% con una imprecisión del 6% para un nivel de confianza del 95%.

La eficiencia de contaje en el espectrómetro de centelleo líquido KONTRON se determinó, además de con el patrón de ácido oxálico NBS que se acaba de describir, por el método de calibración interna, utilizando como patrón una disolución, en benceno, de n-hexadecano marcado con carbono-14. El valor medio de la eficiencia de contaje determinado por este procedimiento resultó ser del 74% con una imprecisión del 0,5% para un nivel de confianza del 95%.

Los valores de la eficiencia de contaje utilizando el método del patrón interno, ponen de manifiesto la bondad de la eficiencia del procedimiento, ya que aquellos entran dentro de la imprecisión encontrada para los valores mostrados por el método del patrón de ácido oxálico.

3. CALCULOS

3.1. Actividad de la muestra

La actividad de la muestra se determina mediante la siguiente expresión:

$$A_e = \frac{345 \cdot R}{V_{CO_2} \cdot E \cdot 60} \quad (\text{Bq/m}^3 \text{ aire}) \quad [1]$$

siendo:

A_e = Actividad específica de ^{14}C en el aire, expresada en Bq/m^3 .

R = Tasa de recuento neta de la muestra, en c.p.m.

V_{CO_2} = Volumen de CO_2 absorbido en el vial, en ml.

E = Eficiencia de recuento.

345 = Concentración, en volumen, de CO_2 en el aire.

60 = Factor de conversión de d.p.m. a Bequerelios.

3.2. Error de la actividad

En la expresión utilizada para calcular la actividad A_e [1] de la muestra tenemos como variables fundamentales: la tasa de recuento neta R en c.p.m., el volumen de CO_2 absorbido en el vial V_{CO_2} en ml. y la eficiencia de recuento E . Cada uno de estos parámetros se considera por separado en el cálculo del error.

a) La desviación de la tasa de recuento neta R en c.p.m. viene expresada por:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{M}{t_M} + \frac{F}{t_F}} \quad [2]$$

siendo:

M = Tasa de recuento de la muestra en c.p.m.

F = Tasa de recuento del fondo en c.p.m.

t_M = Tiempo total de recuento de la muestra en minutos.

t_F = Tiempo total de recuento del fondo en minutos.

b) En la determinación de la desviación correspondiente al V_{CO_2} intervienen varias variables, bien sea de modo directo o indirecto, puesto que:

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{BALON}} \cdot P}{T} \cdot 273 \quad [3]$$

En esta última expresión han de considerarse los errores cometidos en las medidas de la presión, temperatura y en la calibración del volumen del balón.

La lectura de la presión en el manómetro diferencial, expresada en atmósferas, viene dada por $P = 0,013 \cdot \Delta h$ siendo Δh la diferencia de altura leída en las ramas, en cuya escala $\Delta h = 0,1$ cm. Considerando $2\sigma = 0,1$, tendremos que $\sigma_h = 0,05$ y por tanto $\sigma_p = 0,013 \times 0,05 = 0,00065$.

Con respecto a la temperatura consideramos, al igual que en el caso anterior, el error máximo de lectura del termómetro $\Delta T = 1^\circ\text{C}$ como 2σ , luego $\sigma_T = 0,5$.

La calibración del volumen del balón se hizo con agua destilada, por pesada, y se tomó el valor medio de diez determinaciones, resultando un valor de $1043 \pm 14,2$ ml (σ).

Para facilitar el cálculo consideramos a la expresión correspondiente a V_{CO_2} del párrafo b):

$$V_{CO_2} = \frac{(A)}{T} \cdot K$$

siendo $K = 273$ y llamando (A) al numerador, es decir, al producto del volumen del balón por la presión, con lo cual la desviación correspondiente a este producto será:

$$\sigma_{(A)} = (A) \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{vol} \cdot \text{balón}}}{\text{vol} \cdot \text{balón}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_p}{p}\right)^2} \quad [4]$$

Por otra parte, siguiendo con la misma expresión y llamando (B) el cociente (A)/T tendremos como desviación de este cociente:

$$\sigma_{(B)} = (B) \sqrt{\left(\frac{\sigma_A}{(A)}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_T}{T}\right)^2} \quad [5]$$

obteniendo finalmente como valor para la desviación de V_{CO_2} :

$$\sigma V_{CO_2} = 273 \cdot \sigma_B \quad [6]$$

- c) Por lo que respecta a la desviación de la eficiencia de recuento E, σ_E es un valor constante para cada valor de E, calculado como media ponderada de diez determinaciones.

Determinadas las desviaciones correspondientes a las tres variables R, V_{CO_2} y E que intervienen en la expresión de la actividad, procedemos, como en los casos anteriores para facilitar el cálculo, al cambio de variables haciendo $V_{CO_2} \cdot E = (C)$ y determinando la desviación correspondiente al producto:

$$\sigma_{(C)} = (C) \sqrt{\left(\frac{\sigma V_{CO_2}}{V_{CO_2}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_E}{E}\right)^2} \quad [7]$$

Obtenidas así las desviaciones correspondientes al numerador R y denominador (C) de la expresión de partida de la actividad, se procede a determinar finalmente la desviación correspondiente a dicho cociente (D) = R/(C) resultando ser:

$$\sigma_{(D)} = (D) \sqrt{\left(\frac{\sigma_R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(C)}}{(C)}\right)^2} \quad [8]$$

y por tanto, se llega como resultado final a la siguiente expresión:

$$\sigma_{A_e} = 5,75 \cdot \sigma_{(D)} \quad [9]$$

de cuyo valor se obtendrá la desviación típica relativa de la actividad σ_{A_e}/A_e .

Para facilitar y simplificar los cálculos de obtención de errores se ha confeccionado un programa de cálculo denominado "GASES". Este programa está escrito en DBase III Plus operable en computadoras personales IBM o Compatibles.

En el anexo de este informe se describen algunos detalles de cómo introducir los datos en este programa y los cálculos que realiza, así como un ejemplo de salida de resultados para una muestra cualquiera.

3.3. Límite de detección

El límite inferior de detección LID, según el criterio de Currie (10) para un nivel de confianza del 95%, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$L_D \approx \frac{4,66 \sqrt{\frac{F}{t_F}}}{E \cdot V_{CO_2} \cdot 2,22} \text{ (pCi/ml)}$$

En nuestras condiciones de trabajo, el límite de detección resulta ser de 0,4 pCi/m³ de aire con un fondo de 32,25 c.p.m. y un tiempo de conteo de 600 minutos.

4. DISCUSION DE RESULTADOS

Se han hecho determinaciones de C-14 en muestras de CO₂ ambiental, de distinta procedencia, por el método de captación de ¹⁴CO₂ en un centelleador líquido y por el método de síntesis de benceno. Algunos de estos resultados están reflejados en la tabla I.

TABLA I
Actividad específica de CO₂ atmosférico determinada por el método de absorción de ¹⁴CO₂ y el de síntesis de benceno

Muestra número	Absorción de ¹⁴ CO ₂ (Carbosorb) mBq/m ³ ± 2σ	Síntesis de benceno benceno mBq/m ³ ± 2σ
1	50,66 ± 9,66	47,75 ± 1,34
2	44,83 ± 9,41	41,25 ± 1,20
3	57,42 ± 9,66	51,06 ± 1,26
4	52,74 ± 9,48	44,67 ± 1,20
5	40,38 ± 13,52	40,70 ± 1,20
6	51,53 ± 9,87	45,51 ± 1,00
7	57,63 ± 14,73	44,40 ± 1,20
8	38,85 ± 10,15	44,40 ± 2,20
9	42,67 ± 9,38	44,46 ± 1,03

Al comparar ambos resultados, se observa en primer lugar que la incertidumbre de aquéllos obtenidos por el método de síntesis de benceno, oscilando entre el 2,2 y 5%, es inferior a la mostrada por los que se obtuvieron por el método de captación de $^{14}\text{CO}_2$, 22 al 22,5%. Sin embargo, hay que reconocer que esta imprecisión no es mayor que la encontrada en muchos métodos analíticos que se utilizan para determinar radionucleidos en el medio ambiente. Por otro lado, hay que tener en cuenta la finalidad, complejidad y coste de los dos métodos cuyos resultados se comparan: el de síntesis de benceno, encaminado fundamentalmente a determinar edades geológicas y el de absorción de $^{14}\text{CO}_2$ con vistas a evaluar impactos radiológicos ambientales. Desde esta perspectiva, el método de captación de $^{14}\text{CO}_2$ en un centelleador líquido cubre ampliamente su objetivo.

En segundo lugar cabe decir que, puesto que los resultados obtenidos por el método de síntesis de benceno entran dentro del intervalo de confianza (95%) del de absorción de $^{14}\text{CO}_2$, es muy probable que dichas muestras formen parte de la misma población, siendo perfectamente comparables ambos resultados.

5. BIBLIOGRAFIA

1. "Carbon-14 in the environment" NCRP REPORT, Nº 81 (1985).
2. POVINEC, P., SARO, S., CHUDY, M., SELIGA, M., "The rapid method of Carbon-14 counting in atmospheric carbon dioxide". *Int. J. appl. Radiat, Isot.* **19**, 877-881 (1968).
3. POVINEC, P., "Simultaneous ^3H and ^{14}C counting by a methane filled proportional counter". *Nucl. Instr. and Meth.* **177**, 465-469 (1980).
4. "The analysis of food and milk for carbon-14". EPA 680/4-75001.
5. GARCIA SANZ, M^a R., "Síntesis de benceno para la determinación de carbono-14". DMA-82/N-3.
6. GARCIA SANZ, M^a R., "Medida de carbono-14 en benceno por centelleo líquido". DMA-83/N-1.
7. HORROCKS, D.L., "Direct measurement of $^{14}\text{CO}_2$ in a liquid scintillation counter". *Int. J. appl. Radiat. Isot.* **19**, 859-864 (1968).
8. SARO, S., SIVO, A., USACEV, S., "Determination of low radiocarbon activity by $^{14}\text{CO}_2$ absorption in liquid scintillator". *Radiochem. Radioanal. Letters* **33**, 113-120 (1978).
9. GARCIA SANZ, M^a R., HERAS IÑIGUEZ, M^a C., GOMEZ GIL, V., "Muestreo de CO_2 atmosférico para la determinación de carbono-14 ambiental" JEN/PRYMA/PR/CE/1/85.
10. CURRIE, L.A., "Limits for qualitative detection and quantitative determination" *Anal. Chem.* **40**, 586-593 (1968).

ANEXO

CALCULO DE LA ACTIVIDAD DE C-14 EN MUESTRAS AMBIENTALES UTILIZANDO EL PROGRAMA "GASES"

ENTRADA DE DATOS Y CALCULO

El programa se inicia solicitando, a través de la pantalla, el lugar de muestreo, el tipo de muestra y la referencia de la misma. Seguidamente, se requieren para la realización de los cálculos, los siguientes datos:

1. Tiempo de contaje.
2. Número de cuentas.
3. Diferencia manométrica.
4. Temperatura a la que se ha realizado la absorción de la muestra.
5. Eficiencia de recuento y su desviación típica.

Como datos constantes a todas las experiencias y que el programa tiene en una sentencia figuran:

6. El volumen del balón calibrado y su desviación típica.
7. Desviación típica de la presión y temperatura a las que se realiza la absorción de la muestra.

SALIDA DE RESULTADOS

La salida de resultados viene encabezada por el lugar de muestreo y el tipo de muestra, exponiendo a continuación un resumen de los datos de entrada de mayor interés a fin de constatar posibles errores de mecanografiado de éstos. Se obtiene, a continuación, una relación de resultados parciales del volumen de CO₂ introducido en el vial y la masa de carbono y finalmente la actividad de la muestra en pCi/m³ y Bq/m³ de aire de C-14 en la muestra, así como la referencia de la misma.

* LUGAR DE MUESTREO: CIEMAT
 * TIPO DE MUESTRA: CARBONATO BARIO
 * NUMERO DE SIGMAS: 2

*** ANALISIS RADIOQUIMICO DEL C-14 ***

VALORES CONSTANTES (calibración):

Volumen del Balón: 1,043 + — 0,0142 litros
 Error de Lectura en el Manómetro: 0,5 mm-Hg
 Error de Lectura en el Termómetro: 0,5 grados C

DATOS DE ENTRADA:

Equipo de contaje: KONTRON	METODO: CARBOSORB
Contaje Muestra: 600 (min.)	Peso Co ₃ Ba: 9,00 (gr.)
Contaje Fondo: 600 (min.)	Diferen. Manométrica: 46,30 (cm-Hg)
Cuentas Muestra: 36,17 (cpm)	Temperatura: 22,50 (grados C)
Cuentas Fondo: 32,61 (cpm)	Eficiencia de Contaje: 77,53 (%)
	Desv. de Eficiencia: + — 3,06 (%)

RESULTADOS PARCIALES

VOLUMEN DE CO₂: 5.799E + 02 — 7.981E + 00 ml.
 MASA DE CARBONO: 3.108E — 01 + — 4.278E — 03 gr.C

RESULTADOS FINALES:

REFERENCIA CIEMAT CLIENTE	ACTIVIDAD C-14 (pC/m ³ aire)	ACTIVIDAD C-14 (Bq/m ³ aire)
8809M1	1.230E + 00 + — 2.556E-01	4.552E-02 + — 9.458E-03

CIEMAT 651

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
Instituto de PRYMA. Madrid.

DETERMINACION DE CARBONO-14 EN MUESTRAS AMBIENTALES POR INCORPORACION DE $^{14}\text{CO}_2$ A UN CENTELLEADOR LIQUIDO

GARCIA, M^a.R.; GOMEZ, V.; HERAS, M^a.C.; BELTRAN, M^a. A. (1990) 27 pp. 2 figs. 10 refs.

Se desarrolla un método para determinar Carbono-14, en forma de $^{14}\text{CO}_2$, en muestras ambientales por incorporación del dióxido de carbono a un centelleador líquido, utilizando Carbosorb como agente absorbente.

Se discuten los resultados obtenidos, aplicando este método y el de síntesis de benceno, usado habitualmente en nuestro laboratorio. Se describe también el método de muestreo de aire atmosférico utilizado.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: 540100. Carbon 14. Carbon Dioxide. Carbon 14 Compounds. Earth Atmosphere. Liquid Scintillators, Liquid Scintillation Detectors. Air Samples. Absorption. Quantitative Chemical Analysis. Environment. Comparative Evaluations.

CIEMAT 651

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
Instituto de PRYMA. Madrid.

DETERMINACION DE CARBONO-14 EN MUESTRAS AMBIENTALES POR INCORPORACION DE $^{14}\text{CO}_2$ A UN CENTELLEADOR LIQUIDO

GARCIA, M^a.R.; GOMEZ, V.; HERAS, M^a.C.; BELTRAN, M^a. A. (1990) 27 pp. 2 figs. 10 refs.

Se desarrolla un método para determinar Carbono-14, en forma de $^{14}\text{CO}_2$, en muestras ambientales por incorporación del dióxido de carbono a un centelleador líquido, utilizando Carbosorb como agente absorbente.

Se discuten los resultados obtenidos, aplicando este método y el de síntesis de benceno, usado habitualmente en nuestro laboratorio. Se describe también el método de muestreo de aire atmosférico utilizado.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: 540100. Carbon 14. Carbon Dioxide. Carbon 14 Compounds. Earth Atmosphere. Liquid Scintillators, Liquid Scintillation Detectors. Air Samples. Absorption. Quantitative Chemical Analysis. Environment. Comparative Evaluations.

CIEMAT 651

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
Instituto de PRYMA. Madrid.

DETERMINACION DE CARBONO-14 EN MUESTRAS AMBIENTALES POR INCORPORACION DE $^{14}\text{CO}_2$ A UN CENTELLEADOR LIQUIDO

GARCIA, M^a.R.; GOMEZ, V.; HERAS, M^a.C.; BELTRAN, M^a. A. (1990) 27 pp. 2 figs. 10 refs.

Se desarrolla un método para determinar Carbono-14, en forma de $^{14}\text{CO}_2$, en muestras ambientales por incorporación del dióxido de carbono a un centelleador líquido, utilizando Carbosorb como agente absorbente.

Se discuten los resultados obtenidos, aplicando este método y el de síntesis de benceno, usado habitualmente en nuestro laboratorio. Se describe también el método de muestreo de aire atmosférico utilizado.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: 540100. Carbon 14. Carbon Dioxide. Carbon 14 Compounds. Earth Atmosphere. Liquid Scintillators, Liquid Scintillation Detectors. Air Samples. Absorption. Quantitative Chemical Analysis. Environment. Comparative Evaluations.

CIEMAT 651

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
Instituto de PRYMA. Madrid.

DETERMINACION DE CARBONO-14 EN MUESTRAS AMBIENTALES POR INCORPORACION DE $^{14}\text{CO}_2$ A UN CENTELLEADOR LIQUIDO

GARCIA, M^a.R.; GOMEZ, V.; HERAS, M^a.C.; BELTRAN, M^a. A. (1990) 27 pp. 2 figs. 10 refs.

Se desarrolla un método para determinar Carbono-14, en forma de $^{14}\text{CO}_2$, en muestras ambientales por incorporación del dióxido de carbono a un centelleador líquido, utilizando Carbosorb como agente absorbente.

Se discuten los resultados obtenidos, aplicando este método y el de síntesis de benceno, usado habitualmente en nuestro laboratorio. Se describe también el método de muestreo de aire atmosférico utilizado.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: 540100. Carbon 14. Carbon Dioxide. Carbon 14 Compounds. Earth Atmosphere. Liquid Scintillators, Liquid Scintillation Detectors. Air Samples. Absorption. Quantitative Chemical Analysis. Environment. Comparative Evaluations.

01/11/2019

01/11/2019

01/11/2019

01/11/2019

01/11/2019

01/11/2019

01/11/2019

CIEMAT 651

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
Instituto de PRYMA. Madrid.

DETERMINATION OF CARBON-14 IN ENVIRONMENTAL SAMPLES BY MIXING $^{14}\text{CO}_2$ WITH A LIQUID SCINTILLATOR

GARCIA, M^a.R.; GOMEZ, V.; HERAS, M^a.C.; BELTRAN, M^a. A. (1990) 27 pp. 2 figs. 10 refs.

A method for the determination of Carbon-14 ($^{14}\text{CO}_2$) in environmental samples has been developed. The method use the direct absorption of the carbon dioxide into Carbosorb, followed with incorporation of the mixture (Carbosorb- CO_2) to the liquid scintillator.

The results obtained to apply this method and the benzene synthesis, usual in our laboratory, are discussed and compared. The method of collection of atmospheric samples is also described.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 540100. Carbon 14. Carbon Dioxide. Carbon 14 Compounds. Earth Atmosphere. Liquid Scintillators, Liquid Scintillation Detectors. Air Samples. Absorption. Quantitative Chemical Analysis. Environment. Comparative Evaluations.

CIEMAT 651

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
Instituto de PRYMA. Madrid.

DETERMINATION OF CARBON-14 IN ENVIRONMENTAL SAMPLES BY MIXING $^{14}\text{CO}_2$ WITH A LIQUID SCINTILLATOR

GARCIA, M^a.R.; GOMEZ, V.; HERAS, M^a.C.; BELTRAN, M^a. A. (1990) 27 pp. 2 figs. 10 refs.

A method for the determination of Carbon-14 ($^{14}\text{CO}_2$) in environmental samples has been developed. The method use the direct absorption of the carbon dioxide into Carbosorb, followed with incorporation of the mixture (Carbosorb- CO_2) to the liquid scintillator.

The results obtained to apply this method and the benzene synthesis, usual in our laboratory, are discussed and compared. The method of collection of atmospheric samples is also described.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 540100. Carbon 14. Carbon Dioxide. Carbon 14 Compounds. Earth Atmosphere. Liquid Scintillators, Liquid Scintillation Detectors. Air Samples. Absorption. Quantitative Chemical Analysis. Environment. Comparative Evaluations.

CIEMAT 651

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
Instituto de PRYMA. Madrid.

DETERMINATION OF CARBON-14 IN ENVIRONMENTAL SAMPLES BY MIXING $^{14}\text{CO}_2$ WITH A LIQUID SCINTILLATOR

GARCIA, M^a.R.; GOMEZ, V.; HERAS, M^a.C.; BELTRAN, M^a. A. (1990) 27 pp. 2 figs. 10 refs.

A method for the determination of Carbon-14 ($^{14}\text{CO}_2$) in environmental samples has been developed. The method use the direct absorption of the carbon dioxide into Carbosorb, followed with incorporation of the mixture (Carbosorb- CO_2) to the liquid scintillator.

The results obtained to apply this method and the benzene synthesis, usual in our laboratory, are discussed and compared. The method of collection of atmospheric samples is also described.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 540100. Carbon 14. Carbon Dioxide. Carbon 14 Compounds. Earth Atmosphere. Liquid Scintillators, Liquid Scintillation Detectors. Air Samples. Absorption. Quantitative Chemical Analysis. Environment. Comparative Evaluations.

CIEMAT 651

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
Instituto de PRYMA. Madrid.

DETERMINATION OF CARBON-14 IN ENVIRONMENTAL SAMPLES BY MIXING $^{14}\text{CO}_2$ WITH A LIQUID SCINTILLATOR

GARCIA, M^a.R.; GOMEZ, V.; HERAS, M^a.C.; BELTRAN, M^a. A. (1990) 27 pp. 2 figs. 10 refs.

A method for the determination of Carbon-14 ($^{14}\text{CO}_2$) in environmental samples has been developed. The method use the direct absorption of the carbon dioxide into Carbosorb, followed with incorporation of the mixture (Carbosorb- CO_2) to the liquid scintillator.

The results obtained to apply this method and the benzene synthesis, usual in our laboratory, are discussed and compared. The method of collection of atmospheric samples is also described.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 540100. Carbon 14. Carbon Dioxide. Carbon 14 Compounds. Earth Atmosphere. Liquid Scintillators, Liquid Scintillation Detectors. Air Samples. Absorption. Quantitative Chemical Analysis. Environment. Comparative Evaluations.

1000
1000
1000

1000
1000
1000

1000
1000

1000
1000

1000
1000
1000
1000

1000
1000