

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1969

01.69.01

CNRC - PC - 2

**MEDICION DE LA RADIACION COSMICA PRIMARIA Y DE
LA RADIACION X EN LA ANOMALIA SUDAMERICANA
A 90 KM DE ALTURA**

**PARTE I: MEDICION DE LA INTENSIDAD DE LA
RADIACION COSMICA PRIMARIA**

N. E. Becerra

y

H. S. Ghielmetti

CENTRO NACIONAL DE RADIACION COSMICA.

SERIE: PUBLICACIONES TECNICAS

BUENOS AIRES, ARGENTINA

MARZO 1969

MEDICION DE LA RADIACION COSMICA PRIMARIA
Y DE LA RADIACION X EN LA ANOMALIA SUDAMERICANA
A 90 KM DE ALTURA *

Parte I: MEDICION DE LA INTENSIDAD DE LA RADIACION COSMICA
PRIMARIA

por

N. E. Becerra

y

H. S. Ghielmetti

CENTRO NACIONAL DE RADIACIÓN CÓSMICA
CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

La traducción al inglés de este trabajo será publicada en un próximo número del "SPARMO Bulletin".

* Esta experiencia fue financiada parcialmente por la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, según los términos del Contrato N° 45/67.

RESUMEN

En diciembre de 1967 se llevó a cabo el lanzamiento de un cohete sonda argentino ORION II que transportó una carga útil de 22 kg constituida por cuatro contadores Geiger-Müller y un centellador de NaI(Tl) de 44,5 mm x 12,7 mm hasta una altura de 90 km. El experimento tenía por objeto: a) medir la intensidad de la radiación cósmica primaria total y b) medir el flujo de rayos X en los rangos de energía 27-51, 51-97, 97-138 y mayores de 138 keV. El vuelo se realizó desde la Base Argentina de Lanzamientos de Chamical (30°22'S; 66°17'W; rigidez de corte 12,0 GV).

En esta parte del trabajo se presentan los resultados de la medición de la radiación cósmica primaria total.

La intensidad de partículas medida fue $(5,75^{+0,28})10^{-2}$ part(cm².seg.ster)⁻¹. Después de efectuada la corrección por albedo de "splash" y reentrante, la intensidad primaria total resulta $(2,02^{+0,30})10^{-2}$ part(cm².seg.ster)⁻¹.

ABSTRACT

An Argentine ORION II sounding rocket was flown in December 1967 carrying a 22 kg payload with four Geiger-Müller counters and a 44.5 mm x 12.7 mm NaI(Tl) crystal scintillator to an altitude of 90 km. The aim of the experiment was: a) to measure the primary total cosmic-ray intensity; b) to measure X-rays fluxes in the energy ranges 27-51, 51-97, 97-138 and greater than 138 keV. The flight was made from Chamical Rocket Range, Argentina (30°22'S; 66°17'W; cut-off rigidity 12.0 GV).

This part of the paper is the presentation of the results of the measurement of the total primary cosmic radiation.

The measured particle intensity was $(5.75^{+0.28})10^{-2}$ part(cm².sec.ster)⁻¹. After correcting for splash and reentrant albedo the primary total intensity results $(2.02^{+0.30})10^{-2}$ part(cm².sec.ster)⁻¹.

PARTE I

MEDICION DE LA INTENSIDAD DE LA RADIACION COSMICA PRIMARIA

El 16 de diciembre de 1967 se lanzó un cohete ORION II de fabricación argentina instrumentado con cuatro contadores Geiger-Müller y un centellador de NaI(Tl). Aunque el objeto principal del experimento era la medición del flujo y espectro de la radiación X cerca del tope de la atmósfera, la información proporcionada por los contadores GM permitió obtener una medida de la intensidad integral de la radiación cósmica primaria por encima del corte geomagnético del lugar.

El lanzamiento fue efectuado desde Chamical (30°22'S; 66°17'W) provincia de La Rioja, cuyo corte geomagnético vertical es de 12,0 GV. El cohete alcanzó una altura máxima de 90 km, siendo la duración total del vuelo de 300 segundos.

Los detectores de partículas cargadas eran 4 contadores GM Victoreen 1B85, montados paralelamente al eje del cohete (Fig.1). El área proyectada media $\bar{A}$ de cada contador, para radiación isotrópica, es de 11,9 cm², siendo su eficiencia ϵ para la detección de partículas cargadas de 0,96 (Keppler, 1965).

La trayectoria del cohete, deducida de la información proporcionada por un radar MPS-19, se da en la Fig. 2. La transformación de altura (km) a profundidad atmosférica (g.cm⁻²) se realizó utilizando el modelo de atmósfera media entre 30 y 300 km dado en COSPAR International Reference Atmosphere (CIRA 1965). Este modelo es particularmente apto para la latitud de Chamical.

En la Fig. 3a se muestra el conteo de los cuatro contadores GM en función del tiempo y en la Fig. 3b se representa el conteo medido por encima de los 40 km en función de la profundidad atmosférica, tanto en la rama ascendente como descendente del vuelo. De esta figura se observa que el conteo permanece sensiblemente constante desde aproximadamente los 3 g.cm^{-2} hasta la mínima profundidad atmosférica alcanzada, lo que es explicable dada la alta energía de las partículas detectadas, y por lo tanto su baja absorción en la masa de aire interpuesta. Sin embargo, en lo que sigue utilizamos para la determinación de la intensidad primaria el conteo promedio obtenido sobre 30 segundos alrededor del apogeo; es decir cuando la profundidad atmosférica era inferior a unos $2 \times 10^{-3} \text{ g.cm}^{-2}$. Este valor, $(4,13 \pm 0,18) \text{ cuentas.seg}^{-1}$, no difiere estadísticamente del promedio general $(4,05 \pm 0,07) \text{ cuentas.seg}^{-1}$, tomado sobre 190 segundos.

La intensidad total medida cerca del apogeo incluye la radiación cósmica primaria formada esencialmente por protones y partículas α , más la radiación de albedo, tanto reentrante como "splash". Por lo tanto, para deducir la primera debe sustraerse la contribución del albedo total proveniente de la atmósfera.

Los contadores utilizados pueden considerarse omnidireccionales con buena aproximación ya que los valores externos del área proyectada no se apartan en más del 15% de su valor medio. Por otra parte la alta energía de las partículas incidentes hace que en primera aproximación pueda ignorarse el material absorbente de las paredes de acero, aproximadamente $1,0 \text{ g.cm}^{-2}$, lo que corresponde al

rango de protones de 24 MeV y partículas α de unos 100 MeV.

El conteaje total de cada contador está dado por

$$N_t = \int_{\Omega_p} \epsilon I_p(\theta, \phi) A(\theta, \phi) d\Omega + \int_{\Omega_r} \epsilon I_r(\theta, \phi) A(\theta, \phi) d\Omega + \int_{\Omega_s} \epsilon I_s(\theta, \phi) A(\theta, \phi) d\Omega$$

donde $A(\theta, \phi)$ es el área proyectada del contador perpendicular a la dirección de incidencia (θ, ϕ) . I_p , I_r e I_s son las intensidades unidireccionales de la radiación primaria total, del albedo reentrante, y del albedo "splash", respectivamente; las integra- ciones se hacen sobre los ángulos sólidos para los tres tipos de radiación.

Aunque entre las alturas de 50 y 90 km sobre el nivel del- mar el ángulo sólido cubierto por la Tierra es algo menor que un hemisferio (5,5 y 5,2 estereoradianes respectivamente), el ángulo restante por debajo del plano horizontal queda cubierto por la atmósfera. Por consiguiente aparece como buena aproxima- ción considerar que la radiación primaria incide exclusivamen- te desde el hemisferio superior ($\Omega_p = 2\pi$), y el albedo "splash" desde el hemisferio inferior ($\Omega_s = 2\pi$). El Ω_r es más difícil de es- timar y ante la falta de mejor evidencia lo tomaremos también igual a 2π . Con estas aproximaciones podemos calcular la intensi- dad primaria. En efecto, suponiendo isotropía para los tres ti- pos de radiación resulta:

$$N_t = 2\pi\epsilon\bar{A}(I_p + I_r + I_s) = 2\pi\epsilon\bar{A}(I_p + \phi_{rs} I_t)$$

donde I_t es la intensidad total medida, dada por $N_t/2\pi e\bar{A}$ y ϕ_{rs} es la fracción correspondiente a las dos componentes del albedo.

Obviamente ϕ_{rs} no se puede calcular del presente experimento, y por ello hacemos uso de los resultados de Webber (1967) quien, utilizando algunas mediciones de albedo, da la curva de variación de ϕ_{rs} entre el polo y el ecuador geomagnético. Para la latitud geomagnética de Chamical (19°S) el valor de ϕ_{rs} es 0,65 y la corrección resulta importante.

Finalmente el valor de la intensidad integral $I_p = (1 - \phi_{rs}) I_t$ para las partículas primarias de rigidez magnética superior al corte de Chamical resulta $(2,02 \pm 0,30) 10^{-2}$ part.(cm².seg.ster)⁻¹ y la I_t medida es $(5,75 \pm 0,28) 10^{-2}$ part.(cm².seg.ster)⁻¹.

Es interesante comparar este valor con el espectro integral total $I_p(>P) = 0,79P^{-1,5}$ deducido por Webber y Ormes (1965) para la suma de los protones y partículas alfa, y en particular con una medición con balones realizada por esos autores en julio de 1964 desde Tucumán, Argentina (corte geomagnético 12,1 GV), a unos 400 km al NE de Chamical. En la Fig. 4 se muestra esa comparación; se nota un excelente acuerdo entre ambas mediciones.

Esto indica, por otra parte, que el nivel de la modulación solar durante ambas determinaciones (julio de 1964 y diciembre de 1967) era, por lo menos para las altas energías consideradas, enteramente comparable.

Otro resultado interesante de la medición efectuada reside en la comparación de la intensidad total de partículas medida por el

cohetes por encima de la atmósfera, con el valor obtenido mediante la extrapolación a 0 g.cm^{-2} de la intensidad total medida mediante un contador GM transportado por un balón.

Desde hace algunos años nuestro grupo utiliza, para ajustar y extrapolar los contajes medidos en la atmósfera por contadores GM similares a los empleados en el cohete, una expresión de la forma $C(x) = A \cdot \exp(-x/86) - B \cdot \exp(-x/L)$, donde $C(x)$ es el contaje a una profundidad de $x \text{ g.cm}^{-2}$ y A , B y L son parámetros que se determinan para cada vuelo (Ghielmetti et al, 1964).

Este ajuste se ha mostrado excelente entre profundidades de aproximadamente 600 g.cm^{-2} y las mínimas alcanzadas por el balón, y además es válido tanto para vuelos próximos al ecuador, como para latitudes intermedias y también próximas al polo. Es interesante pues, la oportunidad de comparar el valor extrapolado al tope de la atmósfera, $C(x=0) = A - B$, con el valor medido directamente. En un vuelo efectuado también desde Chamical, al día siguiente del experimento con el cohete, el balón alcanzó una profundidad atmosférica mínima de $4,0 \text{ g.cm}^{-2}$. El ajuste del vuelo del balón se muestra en la Fig. 5. El valor extrapolado al tope de la atmósfera resulta $C(x=0) = 4,6 \text{ cuentas.seg}^{-1}$, lo que corresponde a una intensidad unidireccional total de $6,4 \times 10^{-2} \text{ partículas (cm}^2 \cdot \text{ster.seg)}^{-1}$, es decir que difiere del valor medido por el cohete a unos 2 mg.cm^{-2} en no más de un 10 %.

Un vuelo anterior, también en Chamical, efectuado en junio de 1964 dio como valor extrapolado $4,2 \text{ cuentas.seg}^{-1}$, lo que unido a lo dicho anteriormente, prueba la escasa variación del grado

de modulación de la radiación primaria, para altas energías, entre los años 1964 y 1967.

En la Fig. 4 se incluye la intensidad primaria deducida del valor extrapolado de un vuelo de balón efectuado desde Ushuaia (cor_{te} geomagnético 5,7 GV) en mayo de 1966. La corrección por albedo se ha efectuado tomando para la latitud geomagnética de Ushuaia (43°S) un valor para ϕ_{sr} de 0,53, deducido también de las curvas presentadas por Webber.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CIRA, Cospar International Reference Atmosphere, 1965, Cospar Working Group IV, North Holland, Amsterdam, 1965.

GHIELMETTI, H.S.; BECERRA, N.E.; GODEL, A.M.; HEREDIA, H.; MARZULLI, L.C.; ROEDERER, J.G. "Cosmic Ray Balloon Measurements at Low Geomagnetic Latitudes", J. Geophys. Res.; 69; 3959; 1964.

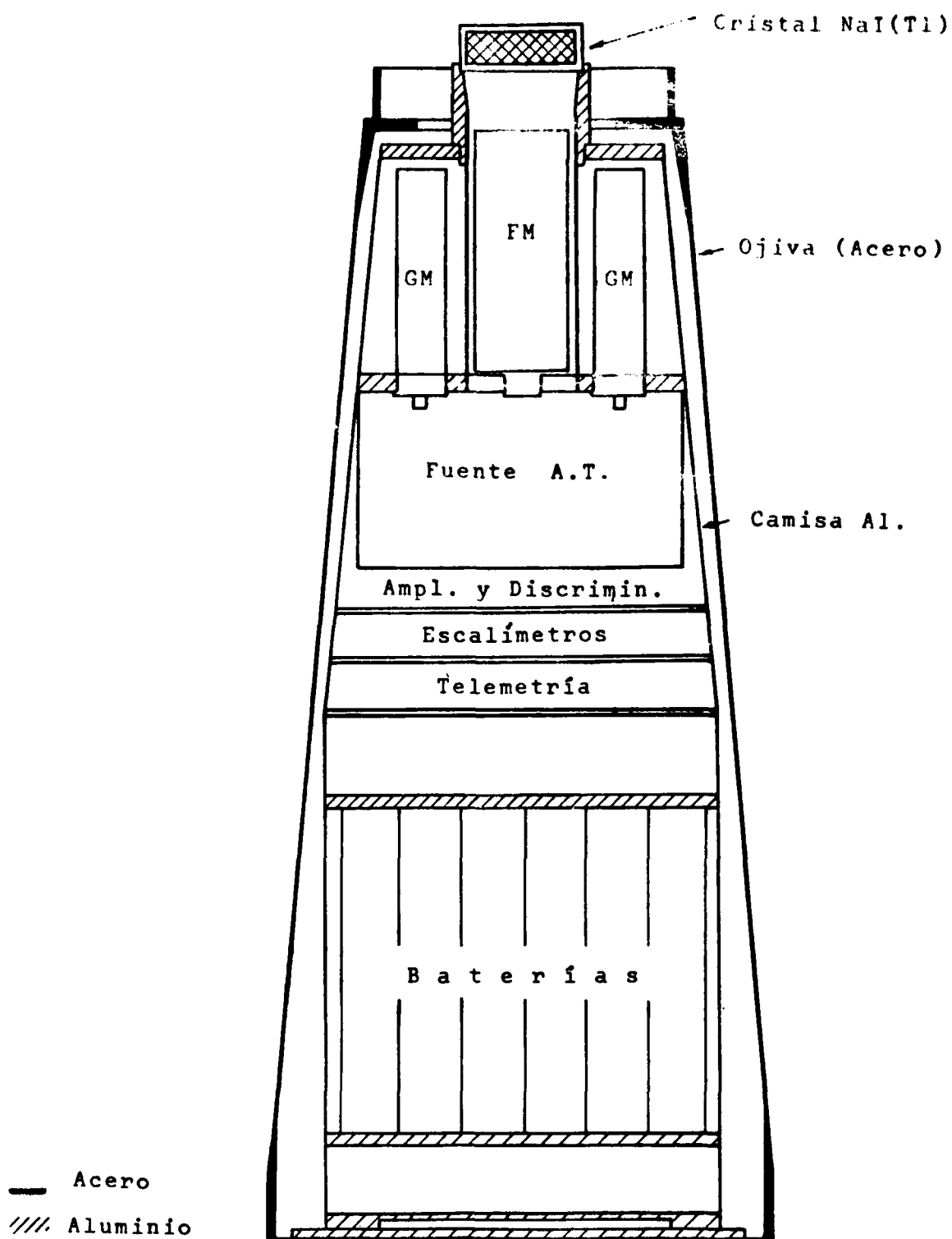
KEPPLER, E. "Über die Eigenschaften von Zahlrohren und Ionisationskammern in verschiedenartigen Strahlungsfeldern". Mitteilungen aus dem Max-Planck Institut für Aeronomie; N° 20. Springer Verlag, Berlin, 1965.

ORMES, J.F. and W.R.WEBBER, "Measurements of the Primary Proton and Helium Spectra and their Modulation using a Balloon-Borne Cerenkov-Scintillation Counter". Proc. Int. Conf. Cosmic Rays. Chap. 3, pag. 349, Londres, 1965.

WEBBER, W.R., "The Spectrum and Charge Composition of the Primary Cosmic Radiation", Handbuch der Physik. Vol. 46/2; Springer Verlag, Berlin, 1967.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

- Fig. 1 - Esquema de la carga útil que muestra la ubicación de los detectores y la parte de la ojiva que queda después de la separación de su mitad superior.
- Fig. 2 - Trayectoria del cohete según información recibida con un radar MPS-19.
- Fig. 3a - Contaje de los cuatro contadores Geiger-Müller en función del tiempo
- Fig. 3b - Contaje de los cuatro contadores Geiger-Müller por encima de los 40 km en función de la profundidad atmosférica.
- Fig. 4 - Espectro primario integral. Se incluyen el valor medido por el cohete y los valores obtenidos por extrapolación de mediciones con globos (corregidos por el efecto del albedo).
- Fig. 5 - Resultado de la medición con globo efectuado desde Chamical el 17 de diciembre de 1967. Se incluye la curva de ajuste $A \exp(-x/86) - B \exp(-x/L)$. En recuadro se muestran los valores medidos y calculados por debajo de los 15 g.cm^{-2} .



Escala: aprox. 1: 2.5

FIGURA 1

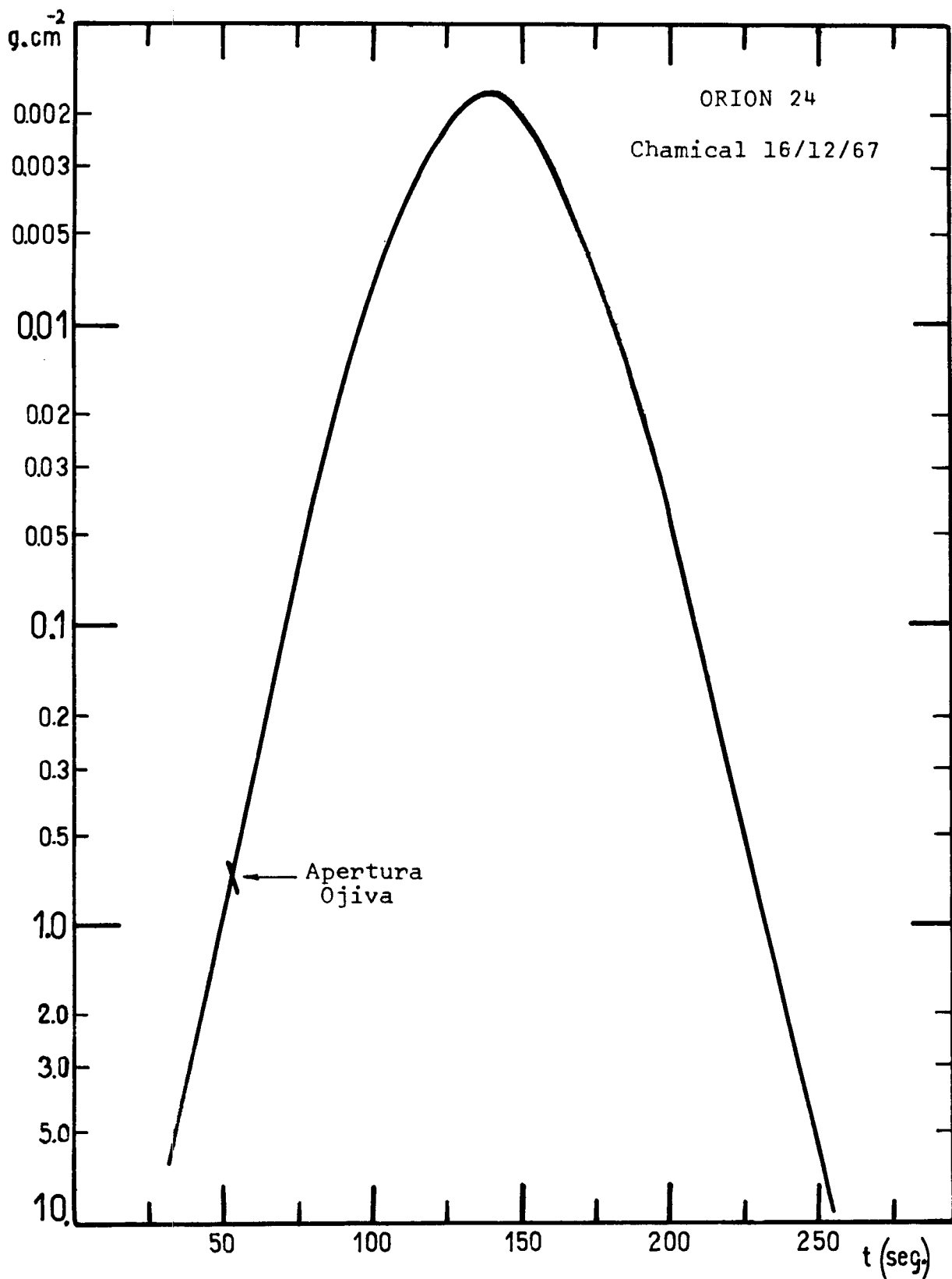
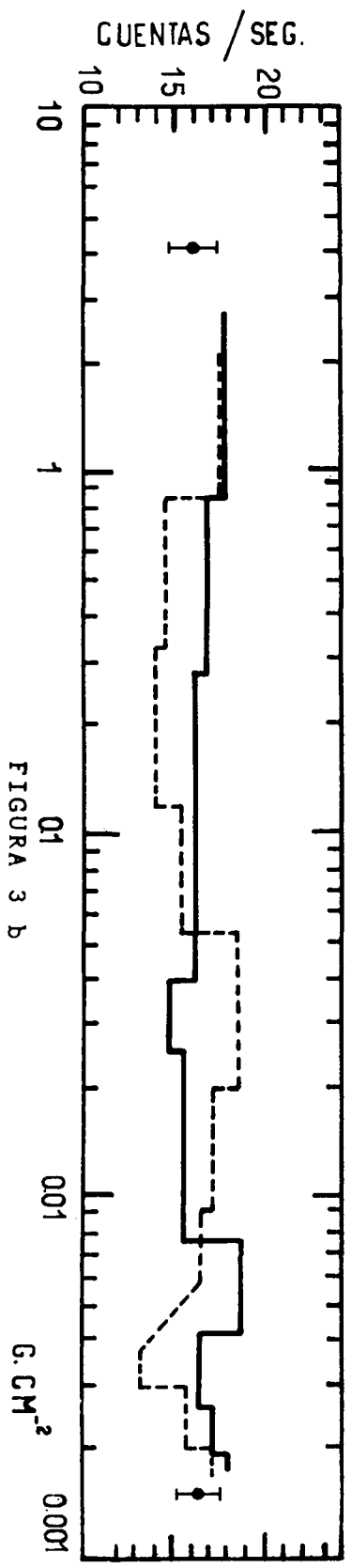
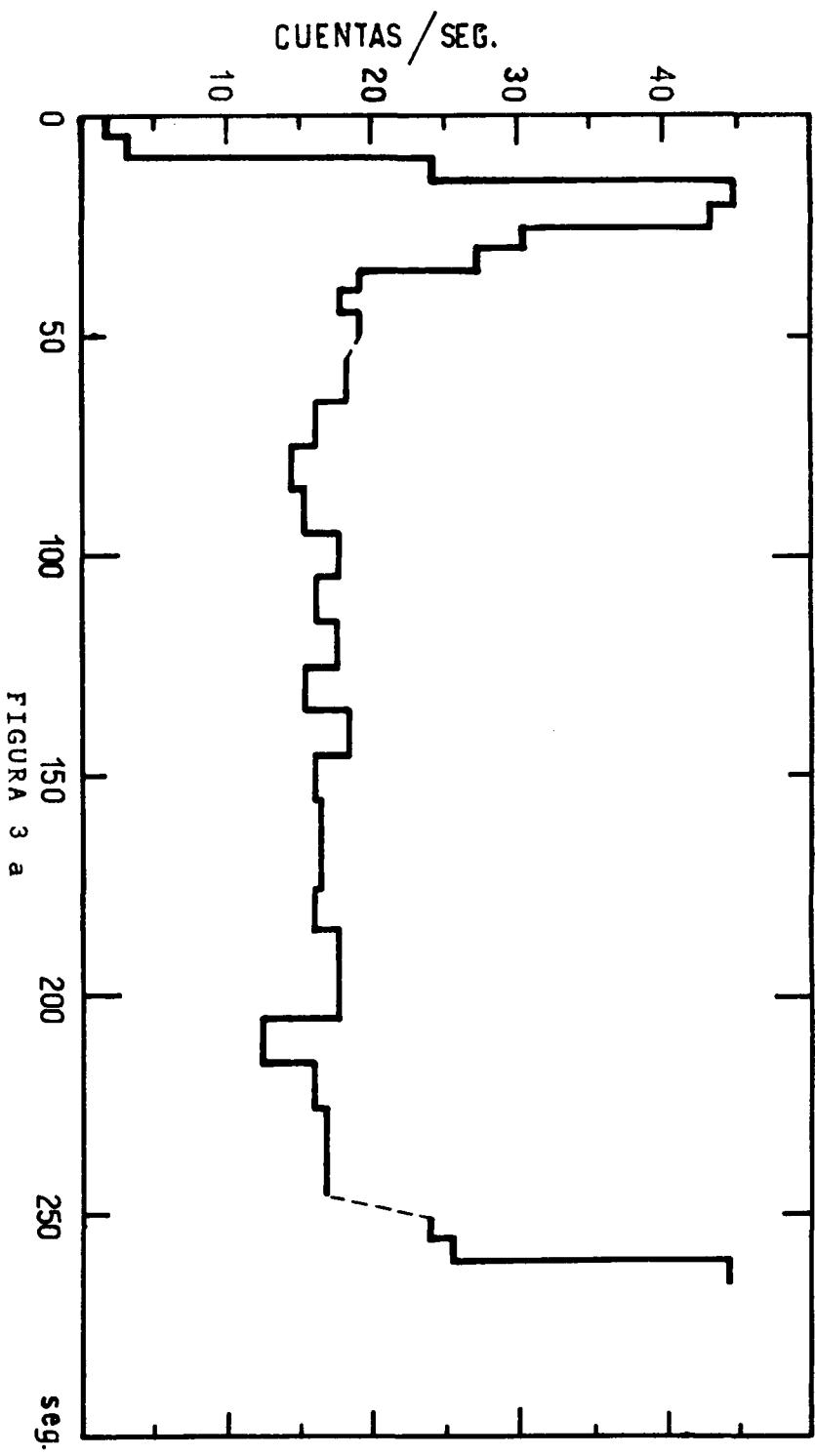


FIGURA 2



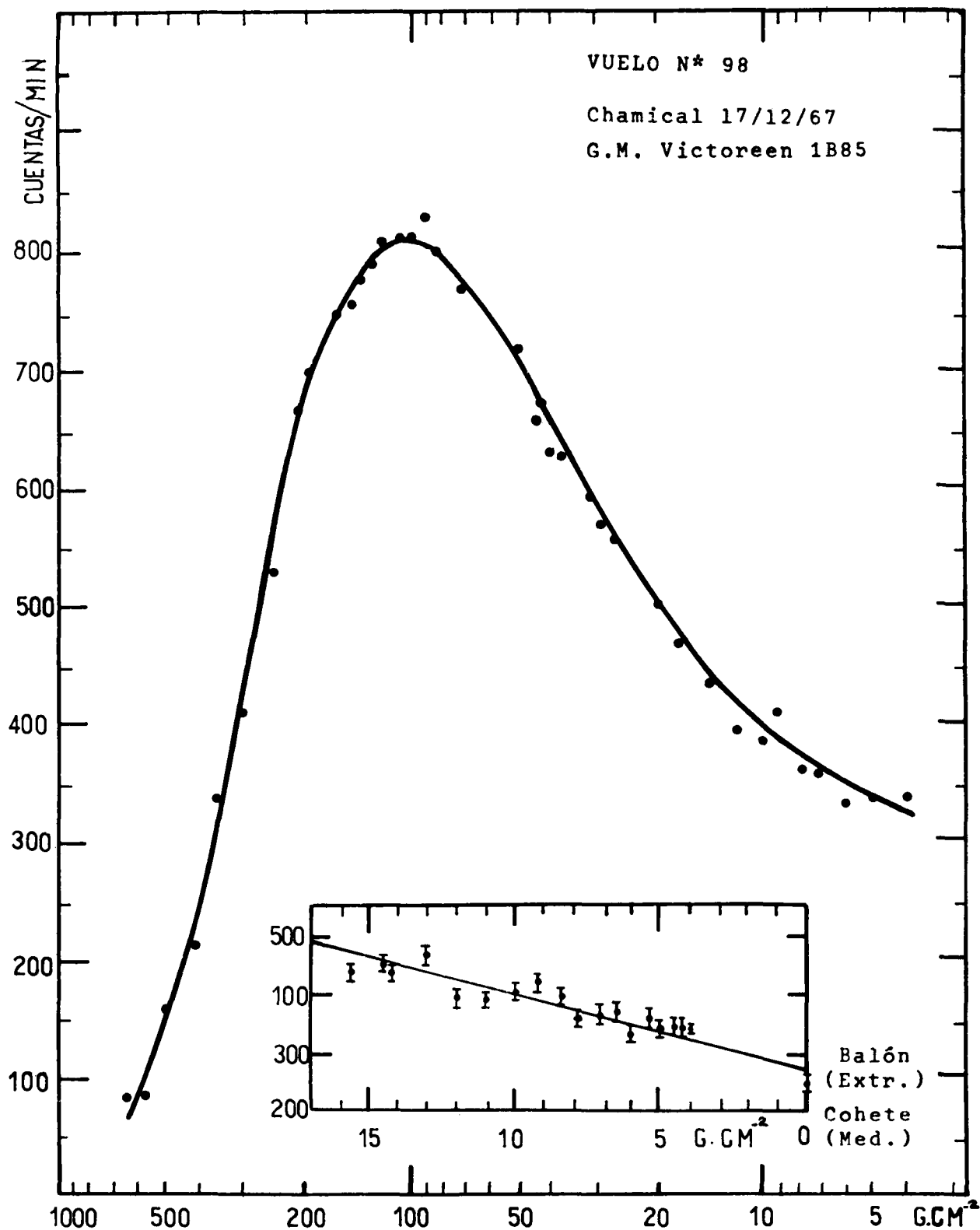


FIGURA 5