

ESTUDIO SOBRE LA RADIOACTIVIDAD DEL AIRE EN LAS
BAJAS REGIONES DE LA ATMOSFERA EN LA CIUDAD DE
MEXICO*

Augusto Moreno Moreno**

Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México

(Recibido: 15 junio 1960)

RESUMEN

The radioactivity of the lowest layers of the atmosphere is studied by filter collection of the air-carried dust. Data are presented for Mexico City during the year 1959. From the autoradiography of the filters we obtain the size distribution of the spots left by the active particles on the photographic plate. The slopes of the decay curves of some of the samples are also given.

* Este trabajo ha sido realizado por contrato entre la Comisión Nacional de Energía Nuclear y el Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México.

** Investigador del Instituto Nacional de la Investigación Científica.

INTRODUCCION

Después de una explosión atómica, una gran cantidad de productos de fisión y radiactividad asociada son introducidos en la atmósfera. Esta cantidad es función del poder explosivo de la detonación, de la altura a la que explota el artefacto, de la naturaleza intrínseca de éste y de las condiciones atmosféricas donde se realiza la explosión. El mecanismo exacto por el que los productos radiactivos ya en la estratosfera se introducen a la troposfera no es conocido con rigor, pero se señalan: el asentamiento gravitacional, la caída inercial de las partículas por los vientos o por la acción del gradiente térmico, la difusión, los efectos electrostáticos y otras causas secundarias.

Las partículas radiactivas conteniendo del 50 al 80% de la radiactividad total producida por la explosión son relativamente grandes (de 50 a 1000 micras) y se depositan principalmente a algunos centenares de kilómetros del punto de explosión. Las partículas más pequeñas (de 10 a 100 micras) pueden viajar grandes distancias y son distribuidas en la atmósfera terrestre por las causas mencionadas en el primer párrafo.

DESCRIPCION DEL METODO

En este trabajo se hace una exposición del método así como de los primeros resultados para la determinación radiactiva de las bajas regiones de la atmósfera debida a la precipitación radiactiva producida por las explosiones nucleares. Las medidas se hicieron en una estación situada en la Ciudad de México en 1959 páginas (114-119).

Para la obtención de las muestras se utilizaron recolectores de polvo marca Staplex Mod. TF1A, usando discos filtros No. BM-2133 de celulosa con un diámetro eficaz de 10cm. El gasto de estos recolectores es en promedio en la Ciudad de México de $1 \text{ m}^3/\text{min}$, de modo que el filtro en 24 horas de muestreo recolecta partículas, que exceden cierta medida, correspondiente a $1440 \text{ m}^3/\text{día}$.

Se han aplicado correcciones sobre el gasto de aire del instrumento reco-

lector debidas a la acumulación progresiva del polvo en el filtro. Mediante estas correcciones se obtuvo una cifra del gasto de aire promedio.

El cálculo de la actividad de la muestra queda afectado en primer lugar por un factor:

$$A = \frac{\left(\frac{N}{\Delta t} - \gamma\right) \frac{100}{F_g}}{\left(\frac{P_2 + P_1}{2}\right) (t_2 - t_1) \left(\frac{0.3594 p}{273.15 + \tau}\right) \times 3.7 \times 10^{-2}} \mu\mu C/m^3$$

N = conteo en Δt minutos

Δt = tiempo de conteo en minutos

γ = fondo en pulsos/min.

p = presión local en mm de Hg

τ = temperatura local en grados centígrados

P_1, P_2 = gastos inicial y final del recolector en m^3/min

t_2, t_1 = tiempo del funcionamiento del recolector en minutos

F_g = factor geométrico del contador

Se incluye la corrección a condiciones normales de temperatura y presión,, gasto de aire, eficacia y geometría del contador.

Se determinaron desde el principio de este trabajo en enero de 1959, la presión atmosférica, temperatura local, así como las condiciones pluviales para una correlación entre este último parámetro y la medida de la radiactividad de las muestras obtenidas, (ver tabla 1).

Los filtros con su depósito de polvo atmosférico, fueron fijados con una solución de cemento Dupont al 10 % en acetona y expuestas por contacto sobre placas fotográficas para rayos X de la casa Kodak para estudiar el efecto de la distribución de la radiactividad en función del tamaño de la mancha producida en la placa por la partícula radiactiva. La duración de la exposición fue de 24 horas, como revelador se uso dektol y fijador ácido de la Kodak.

En las placas fotográficas se ha podido observar la existencia de partículas de alta actividad específica en algunas de las muestras Nos. 98, 112, 113, 114,

115, 116, 117, 118, 119, 120, pero hasta el momento no se ha podido aislar para su estudio radioquímico a ninguna de ellas, esperamos en un futuro poder aislar estas partículas de alta actividad para su estudio exhaustivo. En varios filtros se comprobó que 2 ó 3 de estas partículas, eran portadores de casi la totalidad de la actividad del filtro. Sin embargo hubo filtros que al irradiar la emulsión fotográfica produjeron un ennegrecimiento casi uniforme sobre toda la superficie. Este efecto fue observado principalmente en algunas muestras de los números 112 al 120 y corresponde probablemente al paso de una nube de partículas radiactivas muy tenues por nuestra estación. Por otra parte, este ennegrecimiento parece demostrar la presencia de un gran número de partículas de un diámetro muy fino.

La presencia de partículas de alta actividad específica aisladas es un dato importante ya que explica, en parte al menos, las variaciones observadas entre determinaciones de la actividad atmosférica efectuadas simultáneamente en el mismo lugar.

La actividad total beta de las muestras obtenidas se determinó después de incineración, calcinación y sellado de las cenizas en portamuestras de polietileno, determinando la actividad beta en un contador de ventana de la Tracerlab Mo. TBC-2/1B84 con un espesor de ventana de 1.8 mg/cm².

La actividad indicada en las gráficas en páginas 94-113 es:

$$A_0 = A \left(\frac{T}{T+d} \right)^{-1.2}$$

Donde "A₀" es la actividad de la muestra en la fecha de muestreo, "A" es la actividad de la muestra al contarse "d" días después del muestreo y "T" está dada por la relación. (T.A. Bródy y otros¹).

$$T = \left(\frac{\sum_i t_i^{-1.2}}{k} \right)^{-1/1.2}$$

donde k = número de explosiones que se ha tomado en cuenta.

A las muestras que se señalan en las gráficas en páginas 94-113 se siguió su decaimiento radiactivo para la comprobación de la ley propuesta por Eisenbud y Björnersted.

CONCLUSIONES

Las determinaciones de la actividad beta totales darán resultados de significación cuando el número de datos sea mayor al obtenido hasta el momento. Sin embargo, se ha comprobado la presencia de partículas de alta actividad específica así como las de partículas muy tenues por los procedimientos fotográficos indicados, siguiendo indudablemente a explosiones atómicas recientes.

Por otra parte, se puede comprobar la correlación entre la precipitación pluvial y la de la radiactividad de las bajas regiones de la atmósfera.

Se presentan también las pendientes "m" obtenidas de las gráficas de las muestras cuyo decaimiento se siguió (gráficas en páginas 94-113).

Las actividades β totales mensuales expresadas en $\mu\mu\text{C}/\text{m}^3$ pueden verse en las gráficas en páginas 114 -119

La distribución, frecuencia y tamaño aparente de las partículas radiactivas sobre la emulsión fotográfica puede consultarse en la tabla 2.

Variación secular de la actividad del polvo recolectado aparece en la página No. 128).

Se han establecido mediante contratos celebrados entre la CNEN y la UNAM, estaciones foráneas en los Estados de Puebla y Nuevo León y los resultados obtenidos se presentarán en un trabajo próximo, con el fin de encontrar una correlación entre este método y los convencionales de la hoja de papel engomado y del espejo de agua, estudios que ya realiza la UNAM desde hace tiempo en sus estaciones foráneas [(Alba A., F., et al.)²].

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer a la Comisión Nacional de Energía Nuclear su ayu-

da con la cual se hizo posible este trabajo.

Los cálculos fueron realizados en el Centro Electrónico de Cálculo de la UNAM, damos las gracias a éste, así como al Ing. Thomas A. Brody y al Sr. José Calvillo por su ayuda en la realización de este trabajo.

El proceso de calcinación, sellado y conteo de las muestras lo realizó el Sr. Sergio Cano.

En la preparación de las gráficas intervinieron la Srita. María Eugenia Ramírez de Arellano, Fís. Eugenio Ley Koo y el Sr. Abraham de Swaan.

REFERENCIAS

1. Brody, T.A. et al. Rev. Mex. Fis. 8, 43 (1959)
2. Alba A., F., et al. Rev. Mex. Fis. 5, 153(1956)
Alba A., F., et al. Rev. Mex. Fis. 6, 97 (1956)
Alba A., F., et al. Rev. Mex. Fis. 7, 1 (1957)

TABLA 1

Precipitación pluvial [mm] Tacubaya D.F.

Espacios en blanco = 0.0 mm

(- Inapreciable)

1959

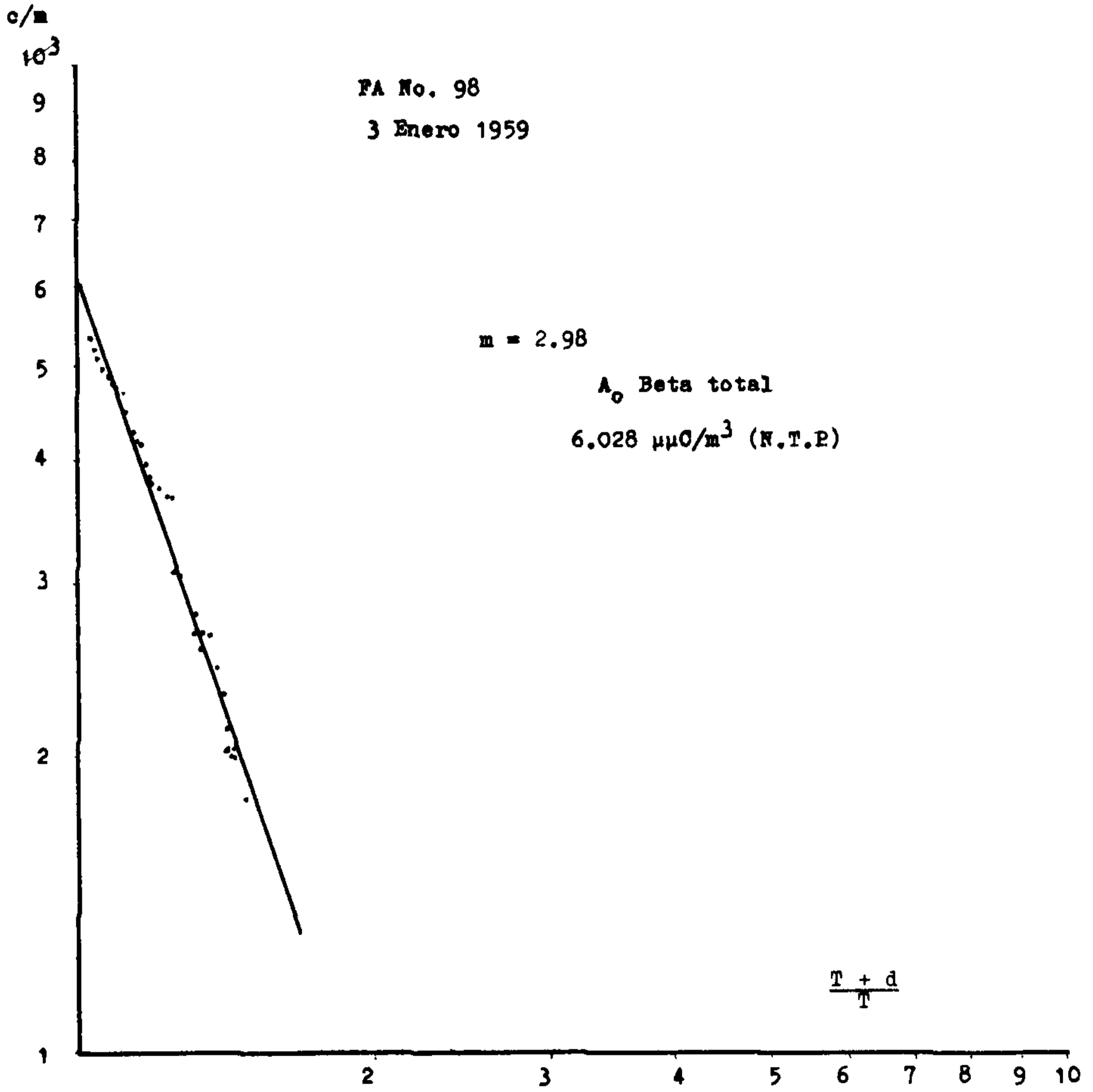
Día	Enero	Febrero	Marzo
1	4.8	-	1.1
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	-
9	-	-	-
10	-	-	0.2
11	-	-	0.1
12	-	-	-
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
16	-	-	-
17	-	-	-
18	-	-	-
19	-	-	-
20	-	-	-
21	-	-	-
22	-	-	-
23	-	-	-
24	-	1.3	-
25	-	-	-
26	-	-	-
27	-	-	-
28	-	-	-
29	-	-	-
30	-	-	-
31	-	-	-

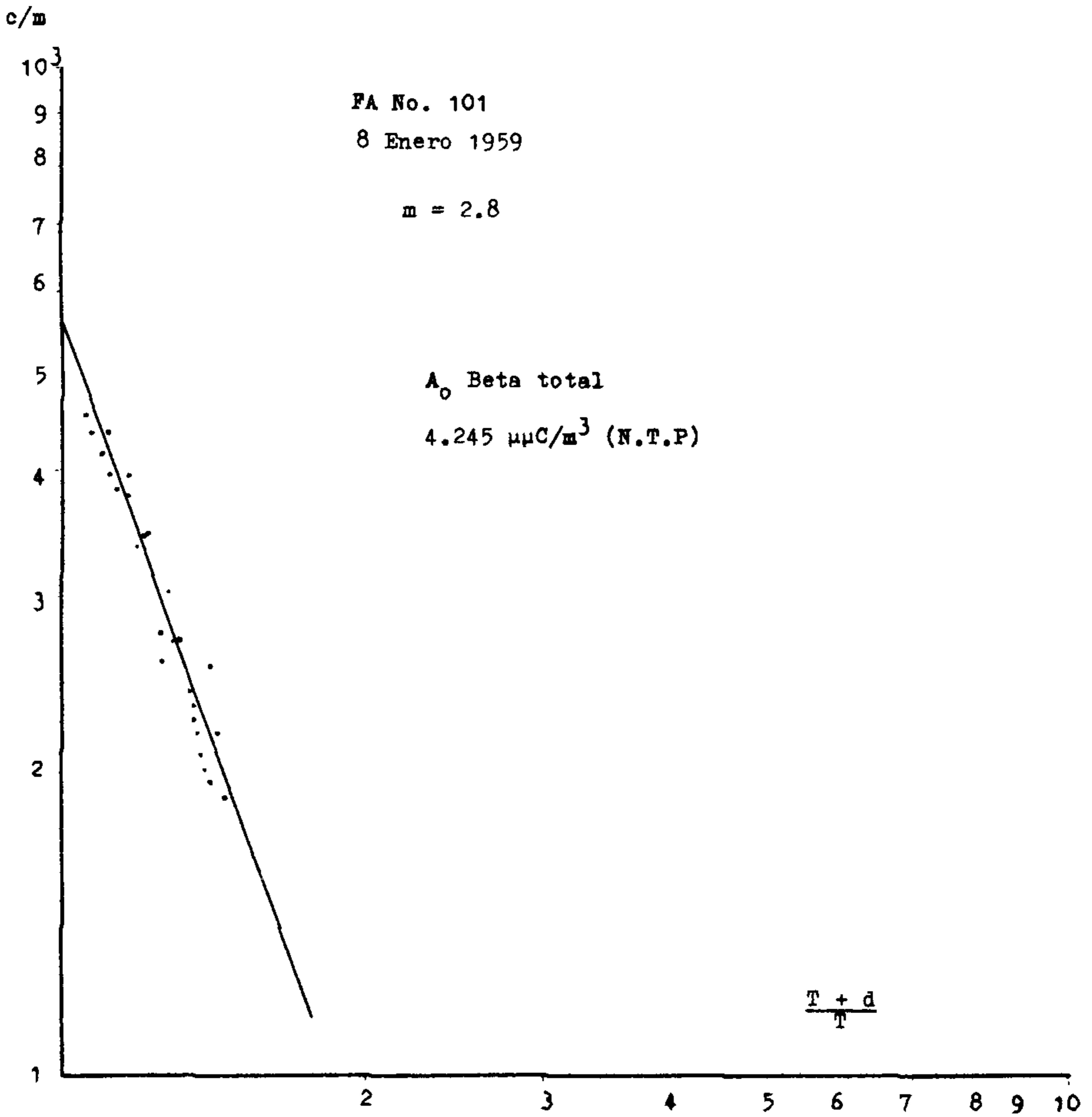
Precipitación pluvial [mm] Tacubaya D.F.

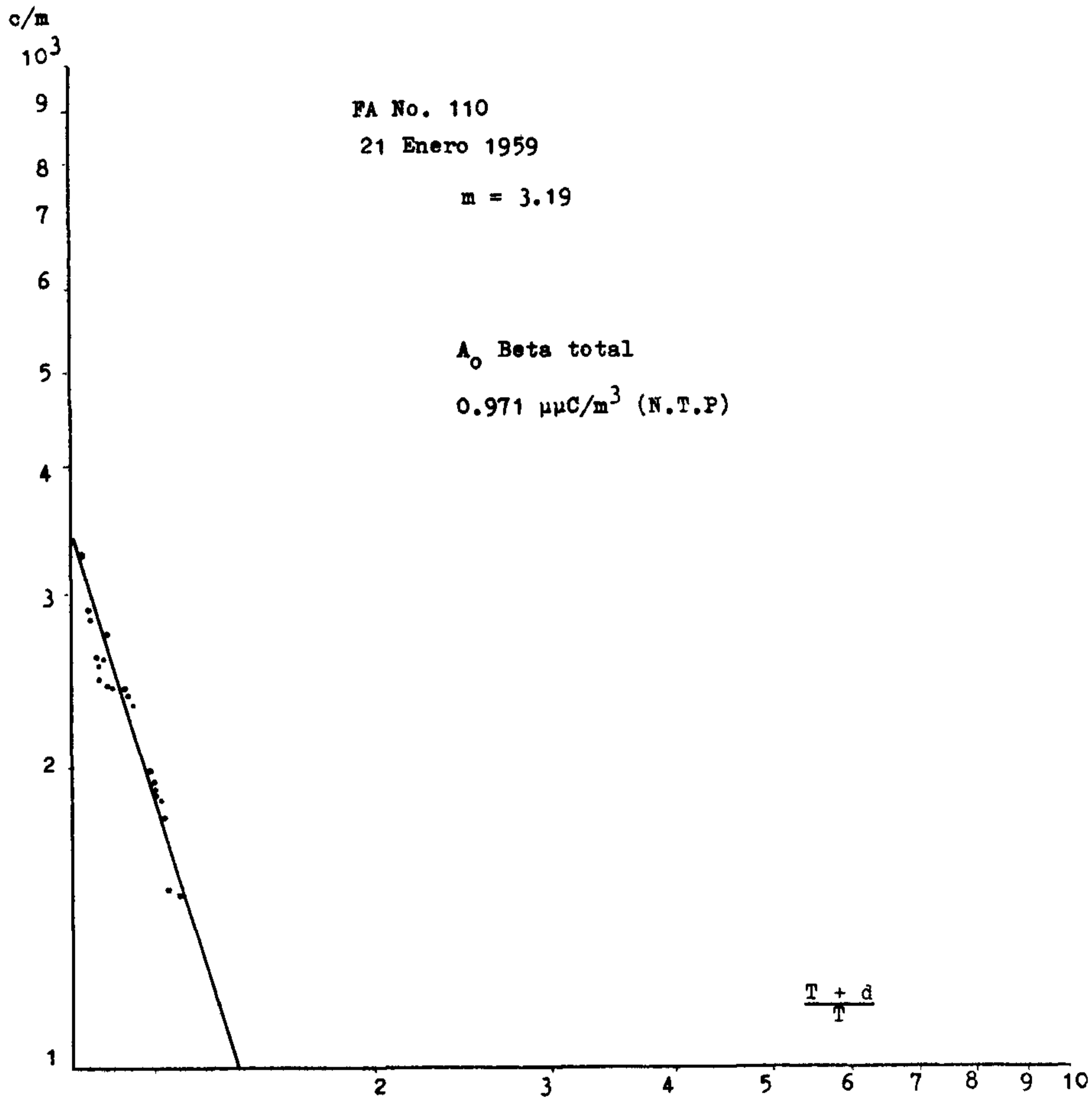
Día	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
1	-	1.2	0.0	19.5	2.1
2	-	0.7	0.5	23.8	3.4
3	-	0.7	0.4	0.0	-
4	-	0.0	3.9	0.2	33.4
5	-	0.0	4.5	2.1	1.7
6	-	0.0	0.0	1.4	25.0
7	1.2	0.0	9.7	0.0	4.6
8	1.0	0.0	6.9	7.7	8.2
9	0.0	0.0	4.1	5.9	3.6
10	8.9	0.0	1.3	2.5	0.5
11	0.0	1.2	0.2	13.5	-
12	9.8	0.0	1.4	2.0	2.4
13	0.0	0.0	14.8	0.4	11.0
14	2.2	7.2	5.9	5.8	14.2
15	0.1	0.5	1.6	9.6	6.1
16	9.7	3.0	0.0	3.7	5.3
17	0.2	13.6	0.1	0.7	0.2
18	0.0	0.9	0.0	0.0	-
19	0.2	3.5	10.5	5.3	7.1
20	4.2	0.0	2.2	2.4	1.3
21	0.0	0.0	0.2	16.1	25.8
22	0.8	2.1	0.0	10.9	0.9
23	14.5	1.1	0.0	3.6	11.5
24	0.0	7.5	2.2	56.2	6.8
25	0.0	-	0.0	26.5	0.1
26	0.0	-	0.5	10.5	3.4
27	0.0	-	3.2	5.0	6.3
28	0.0	-	3.3	8.1	0.0
29	2.1	-	2.5	2.7	0.0
30	0.0	-	2.7	2.1	-
31	-	-	-	-	0.1

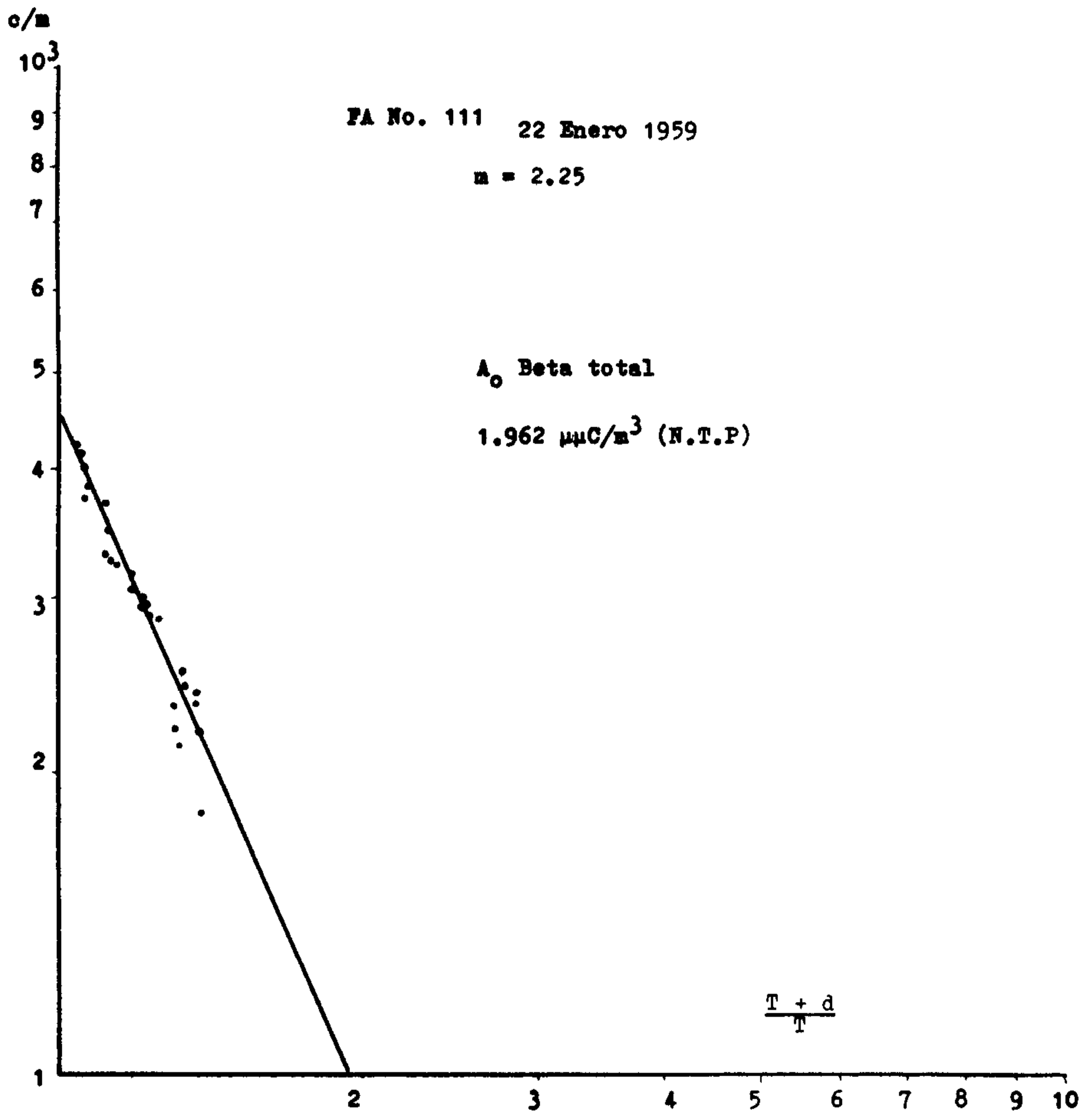
Precipitación pluvial [mm] Tacubaya D.F.

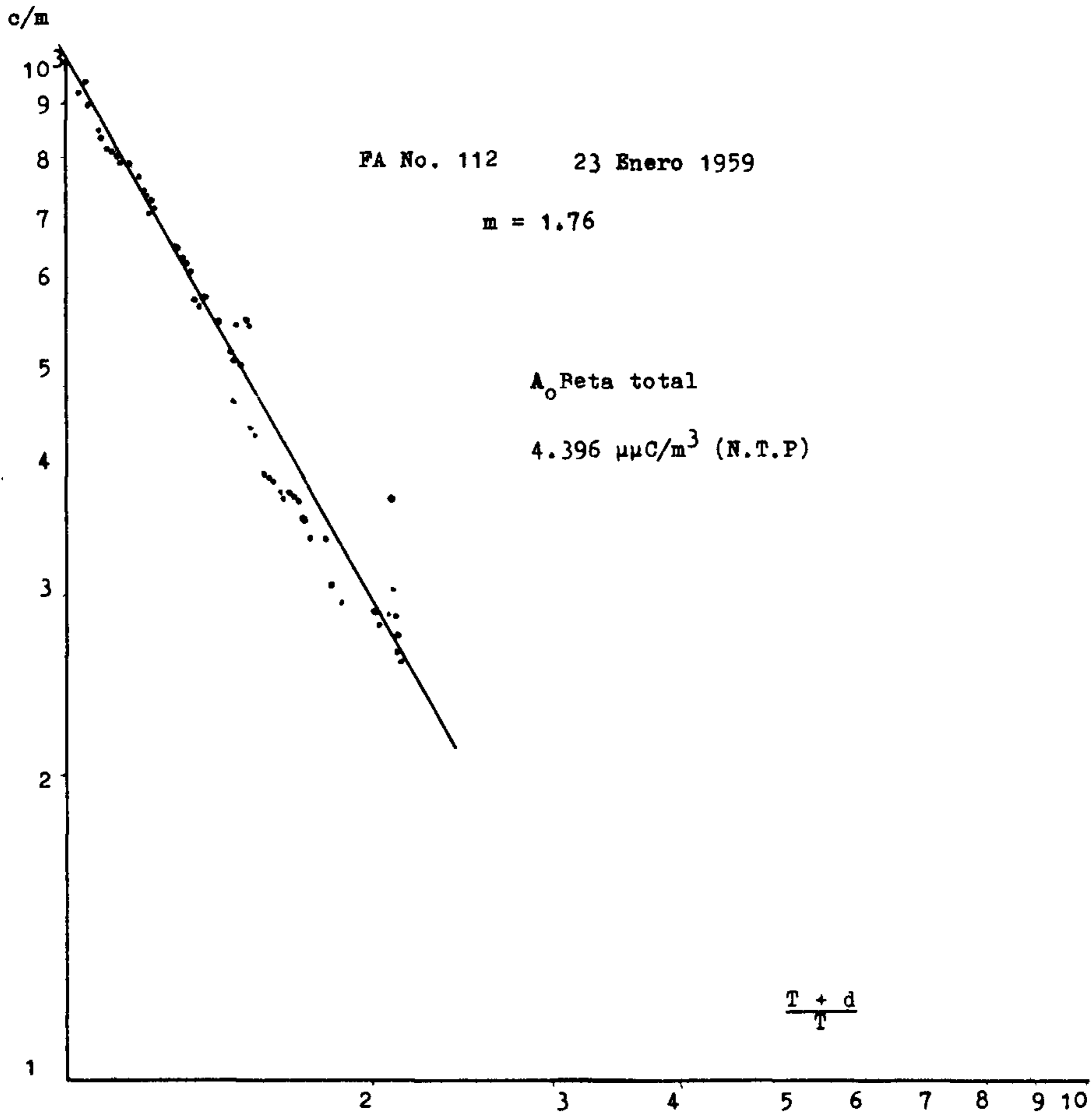
Día	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	13.8	2.0	-	-
2	0.2	29.0		
3	-	10.0		
4	2.3	20.4		
5	2.5	19.3	2.0	-
6	0.5	9.8		-
7	0.4	5.7		-
8	1.5	0.0		-
9	-	0.0		
10	0.0	2.7		
11	-	0.3		
12	0.9	6.6		
13	0.5	0.2		
14	0.5	29.5		
15	0.0	22.2		
16	0.0	0.0		
17	0.0	0.9		
18	2.8	8.7	-	
19	0.0	5.0		
20	0.0	0.0		
21	0.0	1.3		
22	-	-	0.4	
23	0.0	0.0		
24	-	10.0		
25	1.2	0.0		
26	0.0	-		
27	3.8	2.1	-	
28	0.2	0.0		
29	-	0.0		
30	6.4	0.0		
31		0.0		

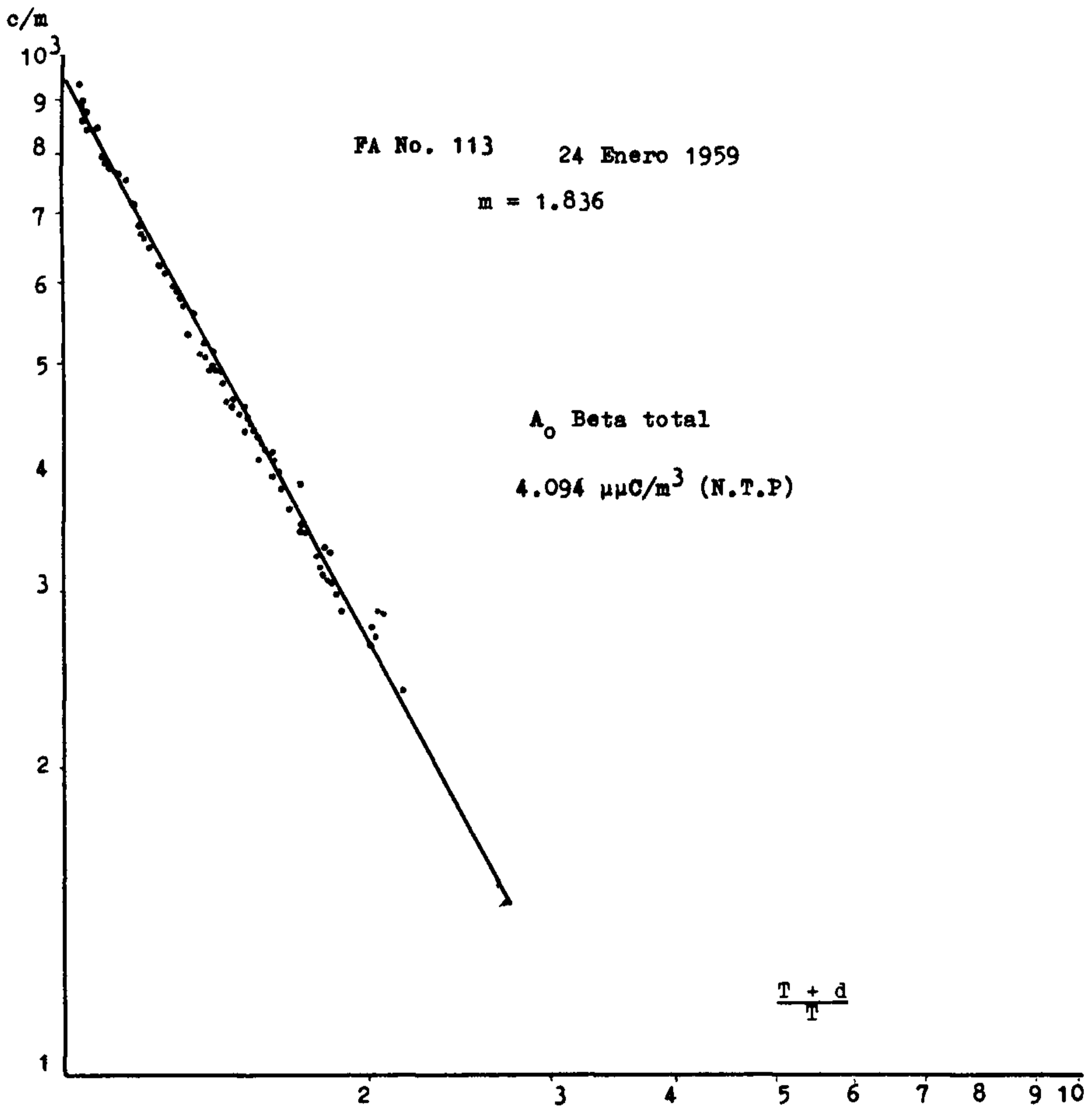


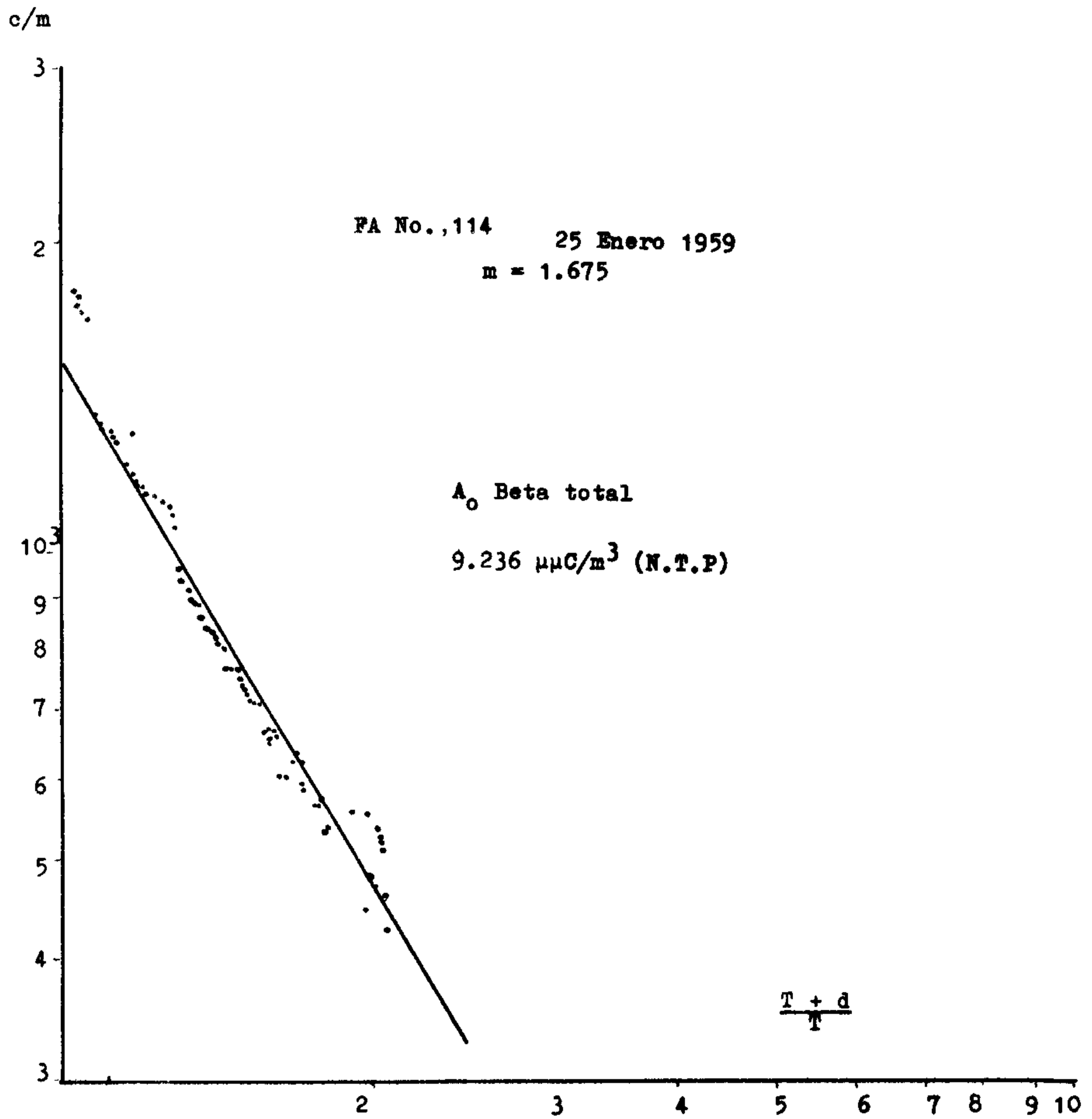


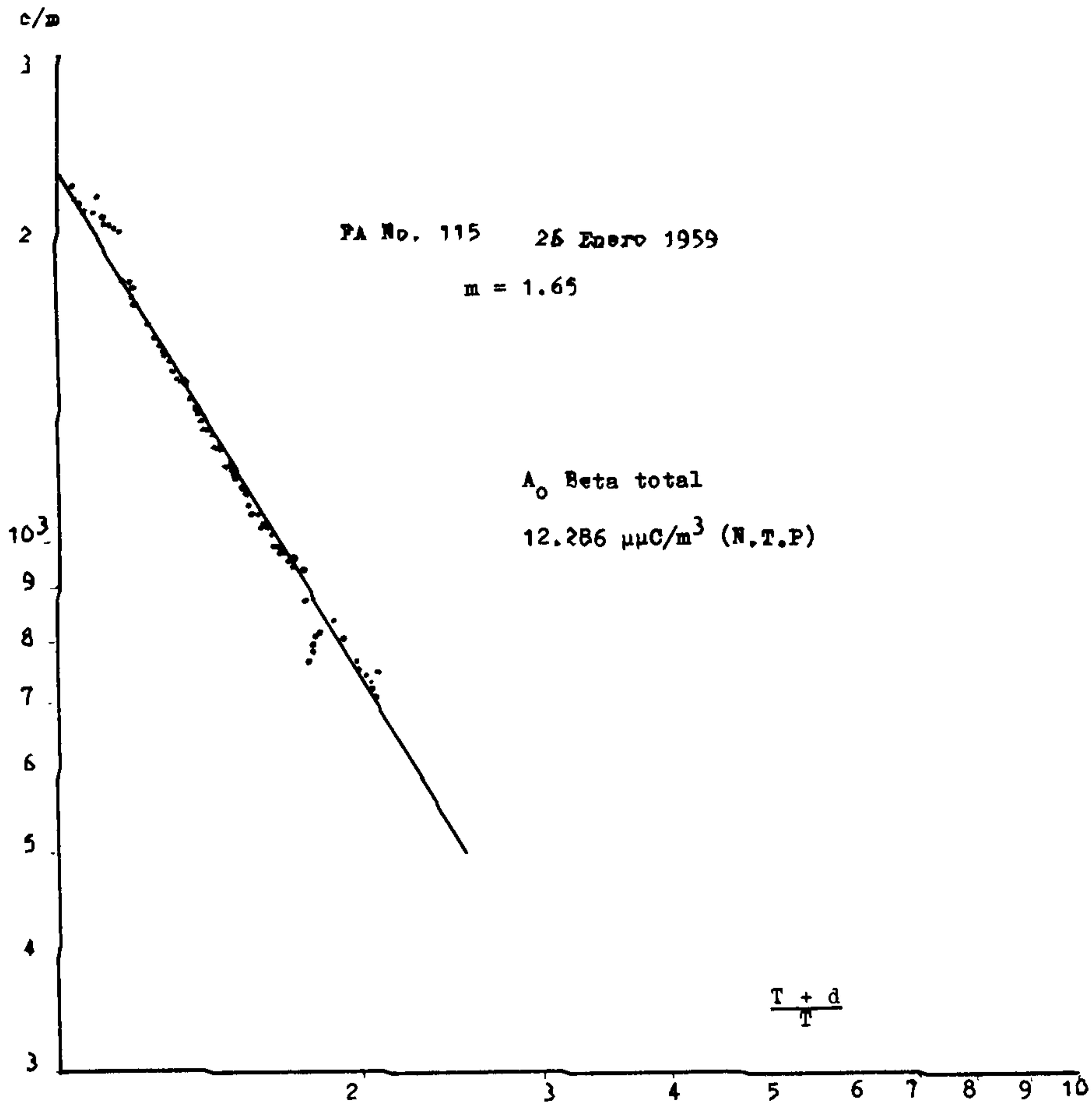


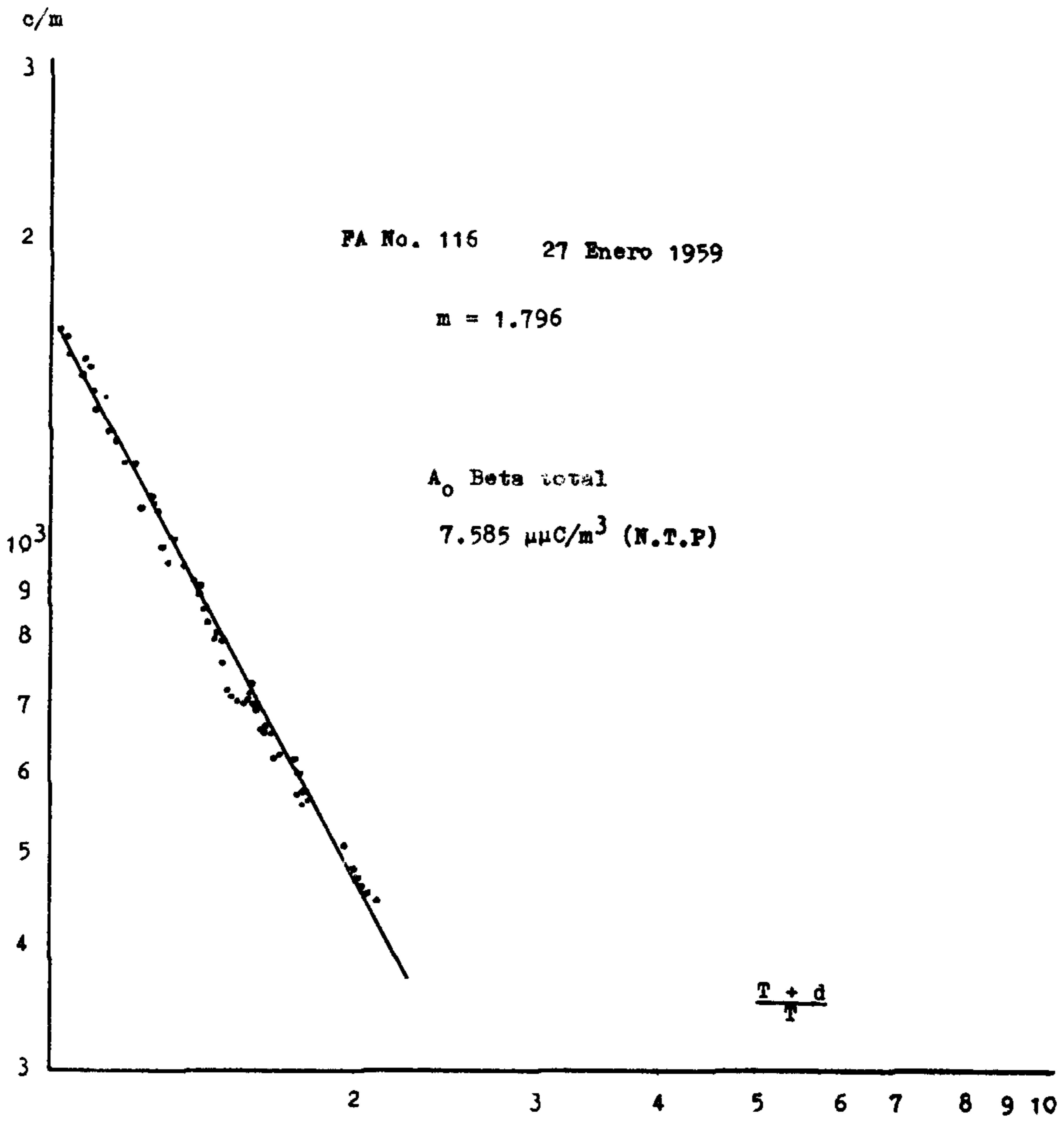


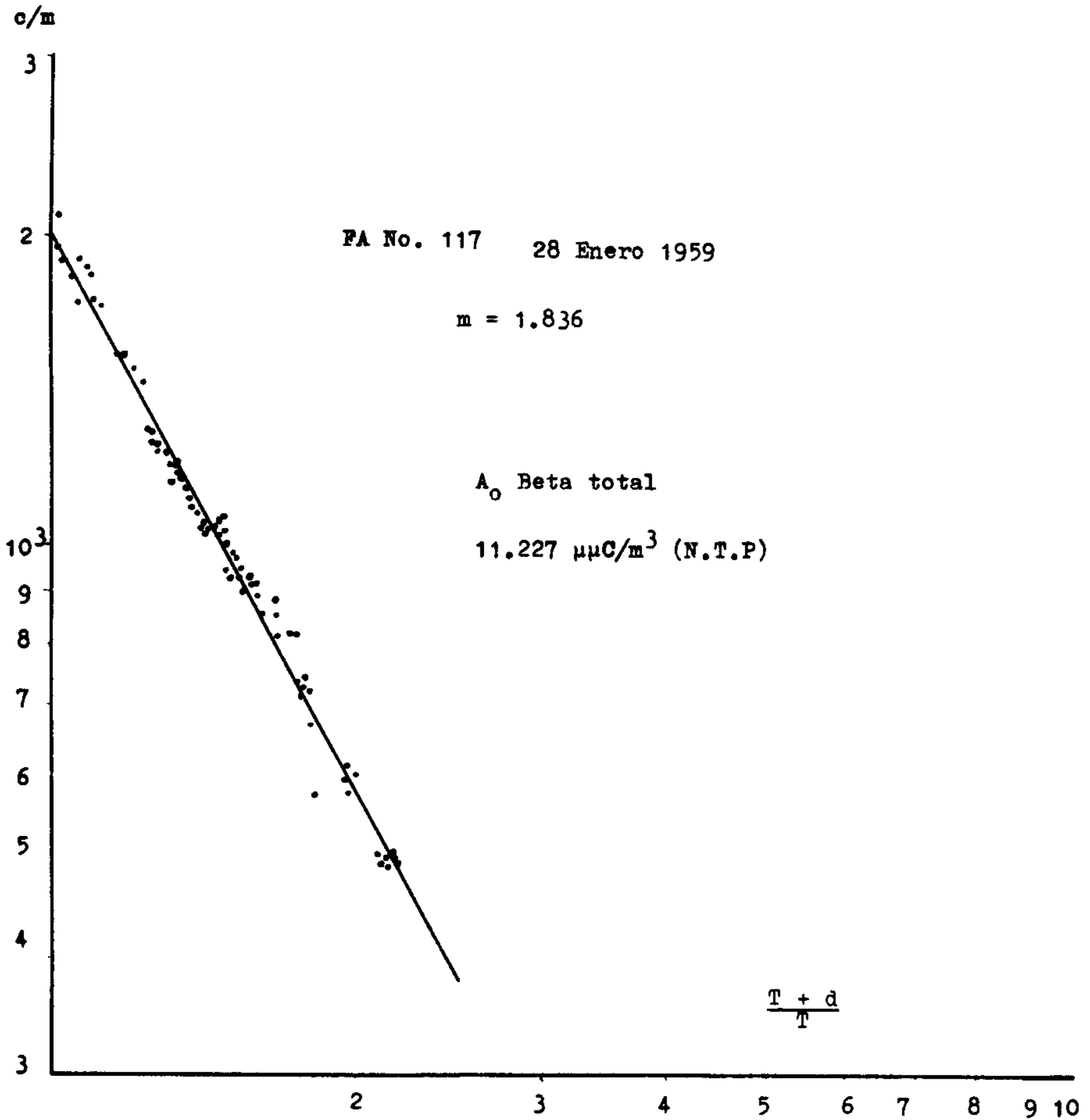


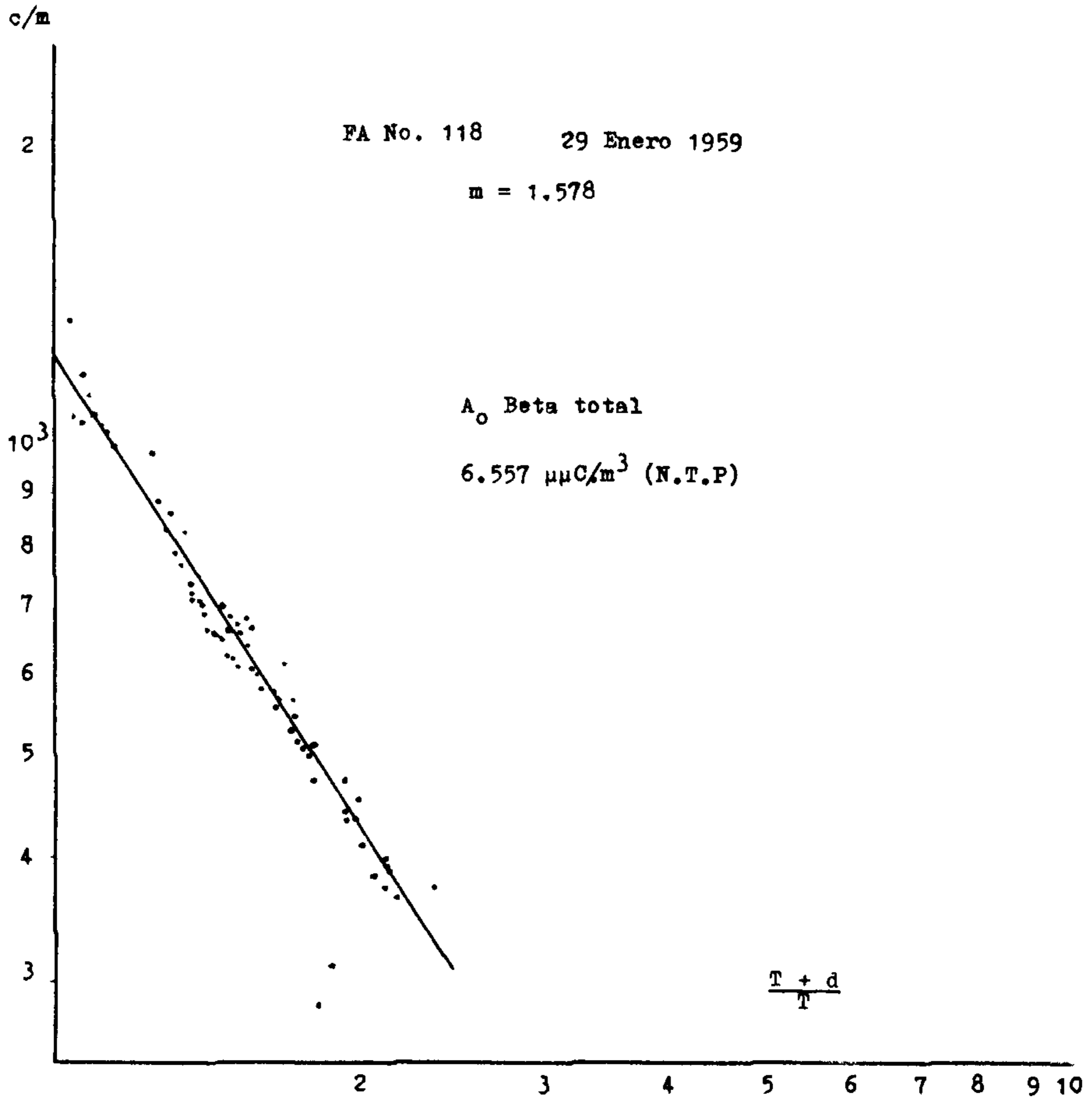


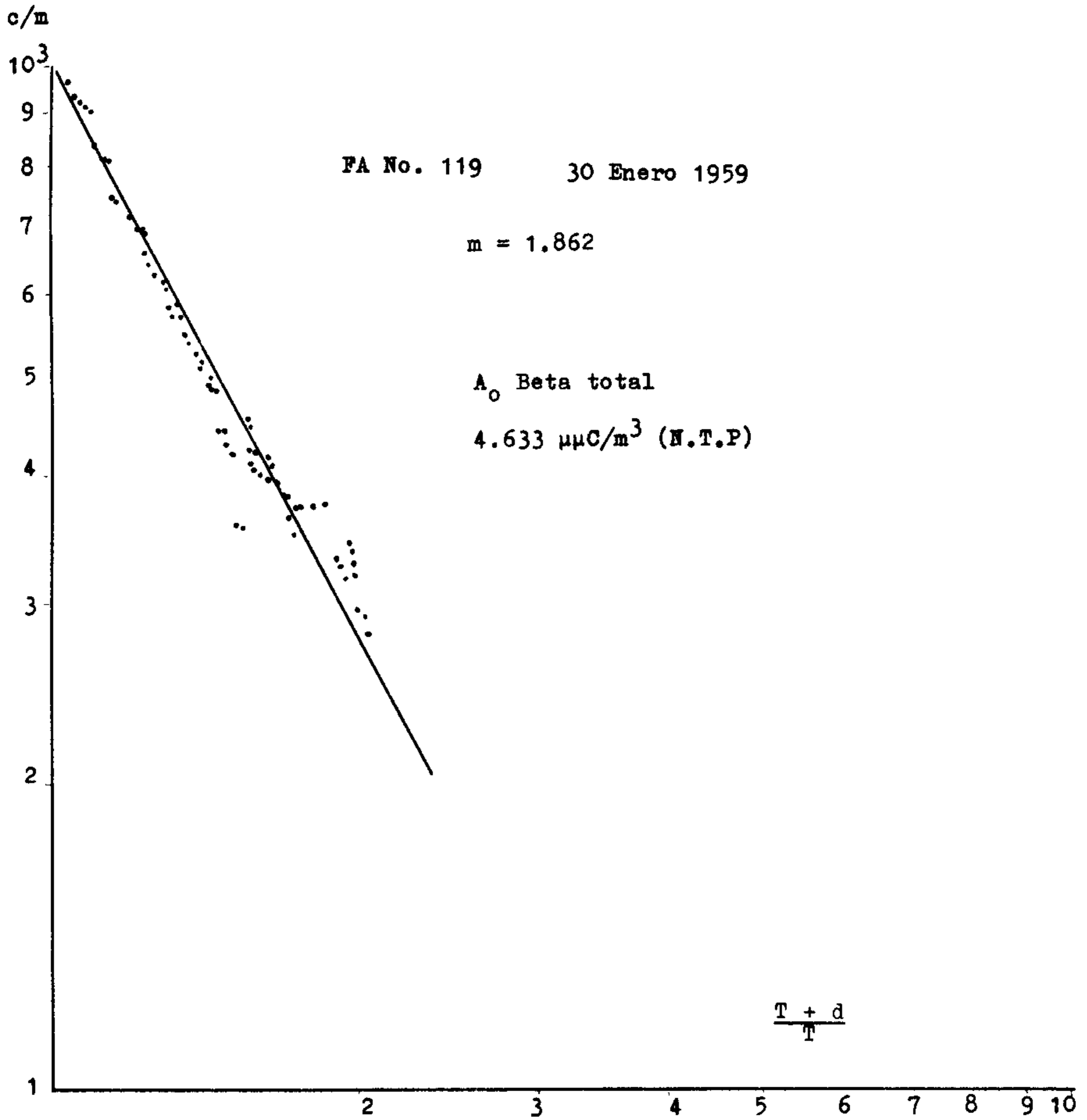


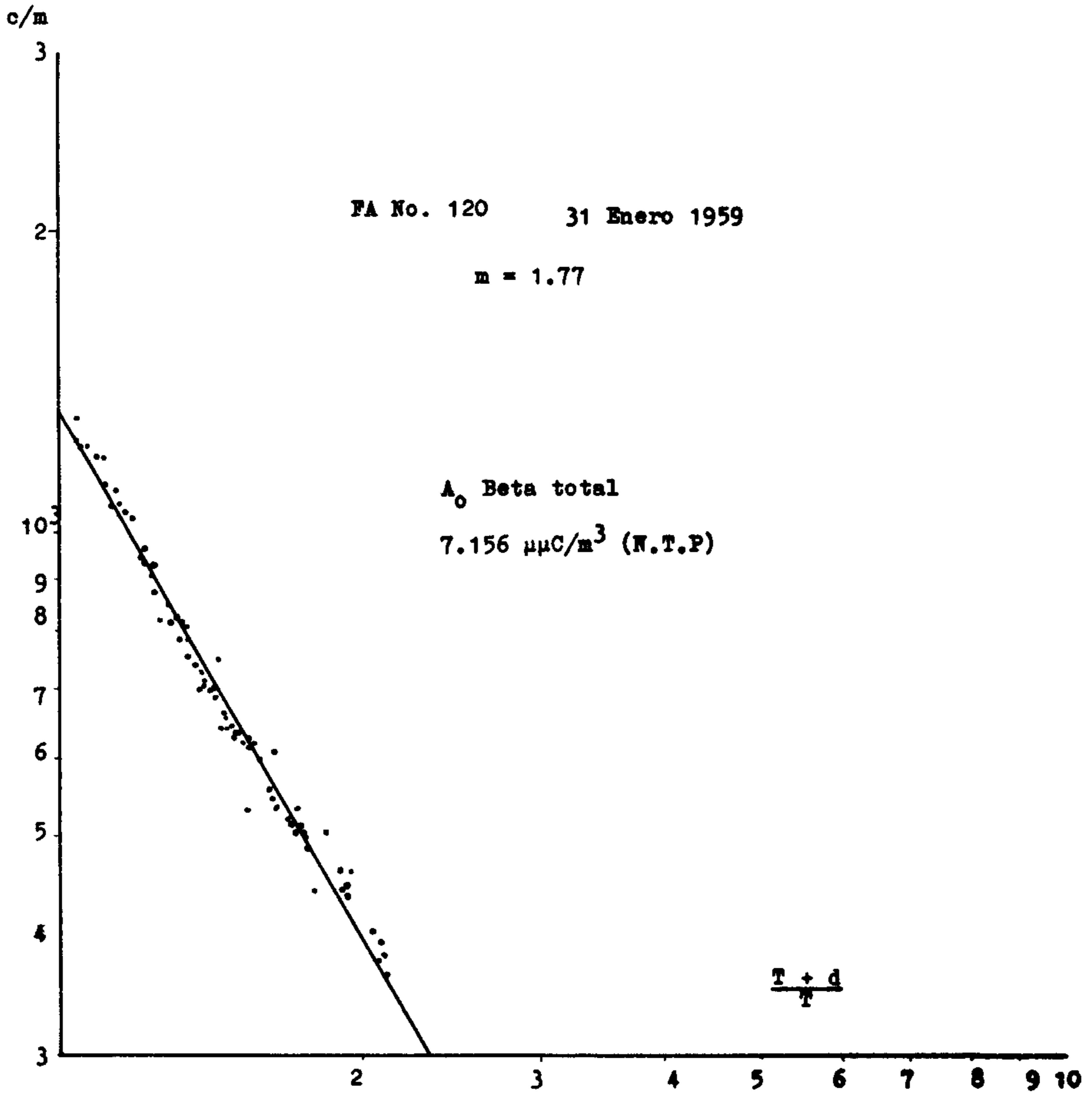


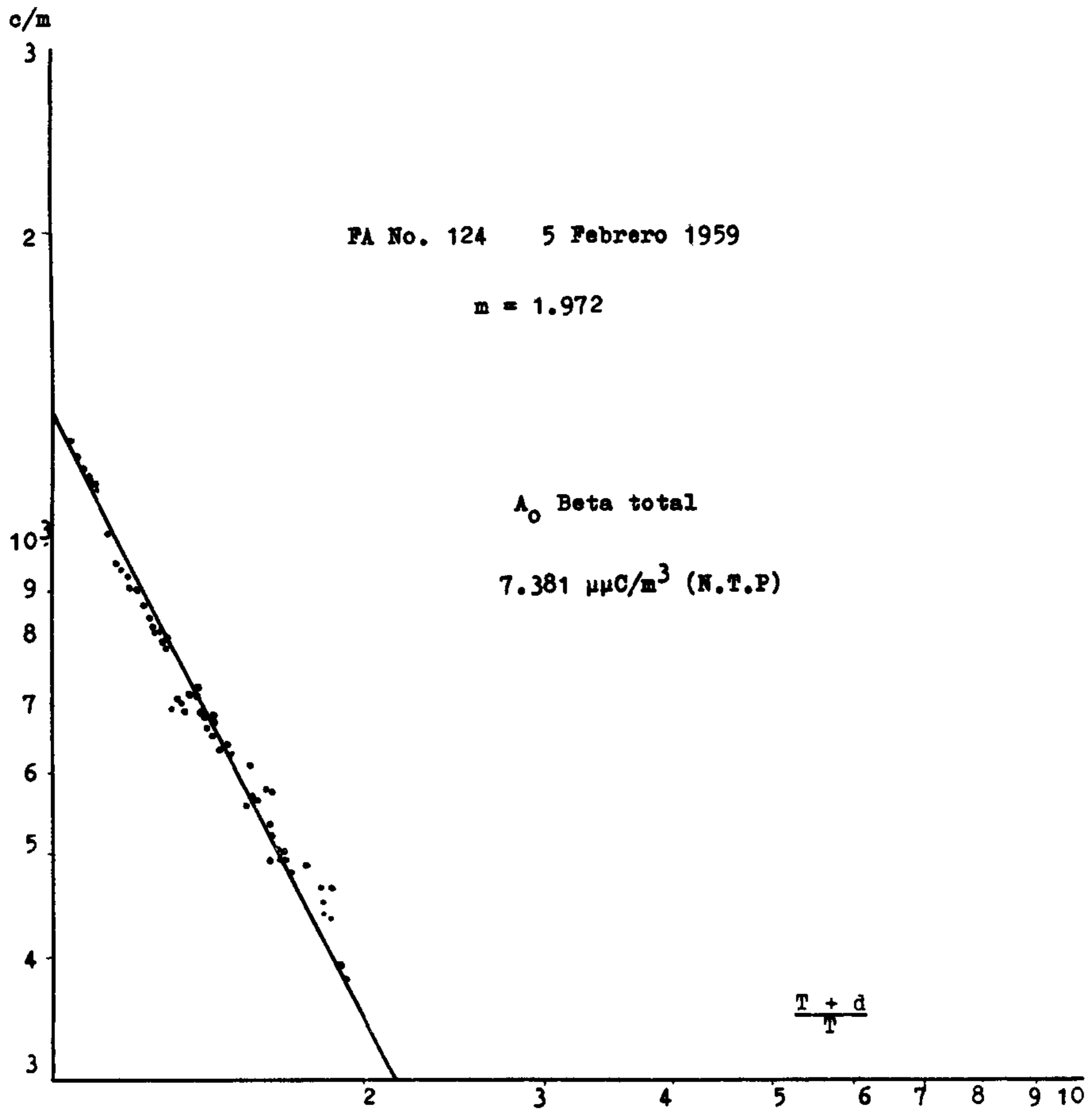


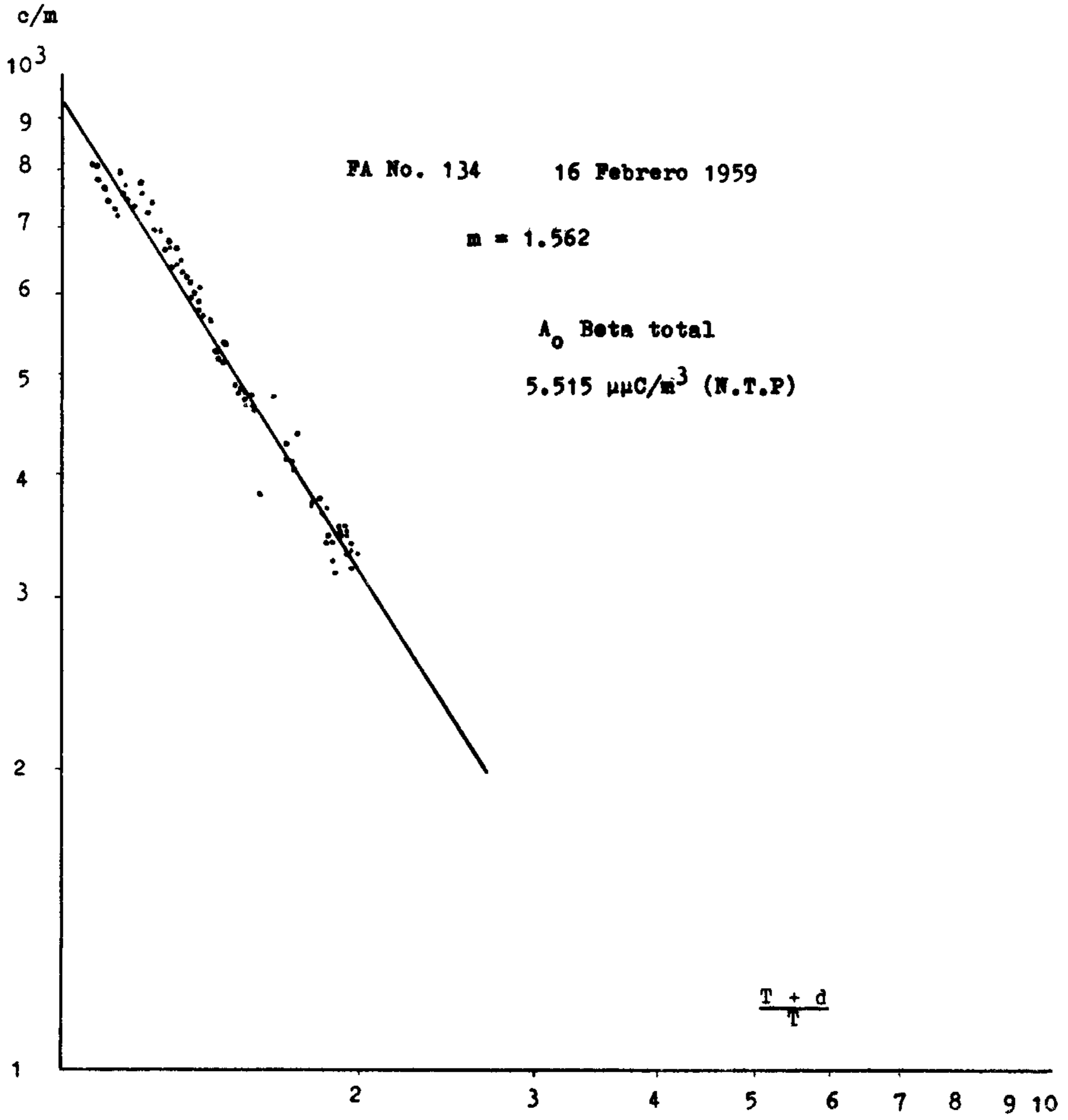


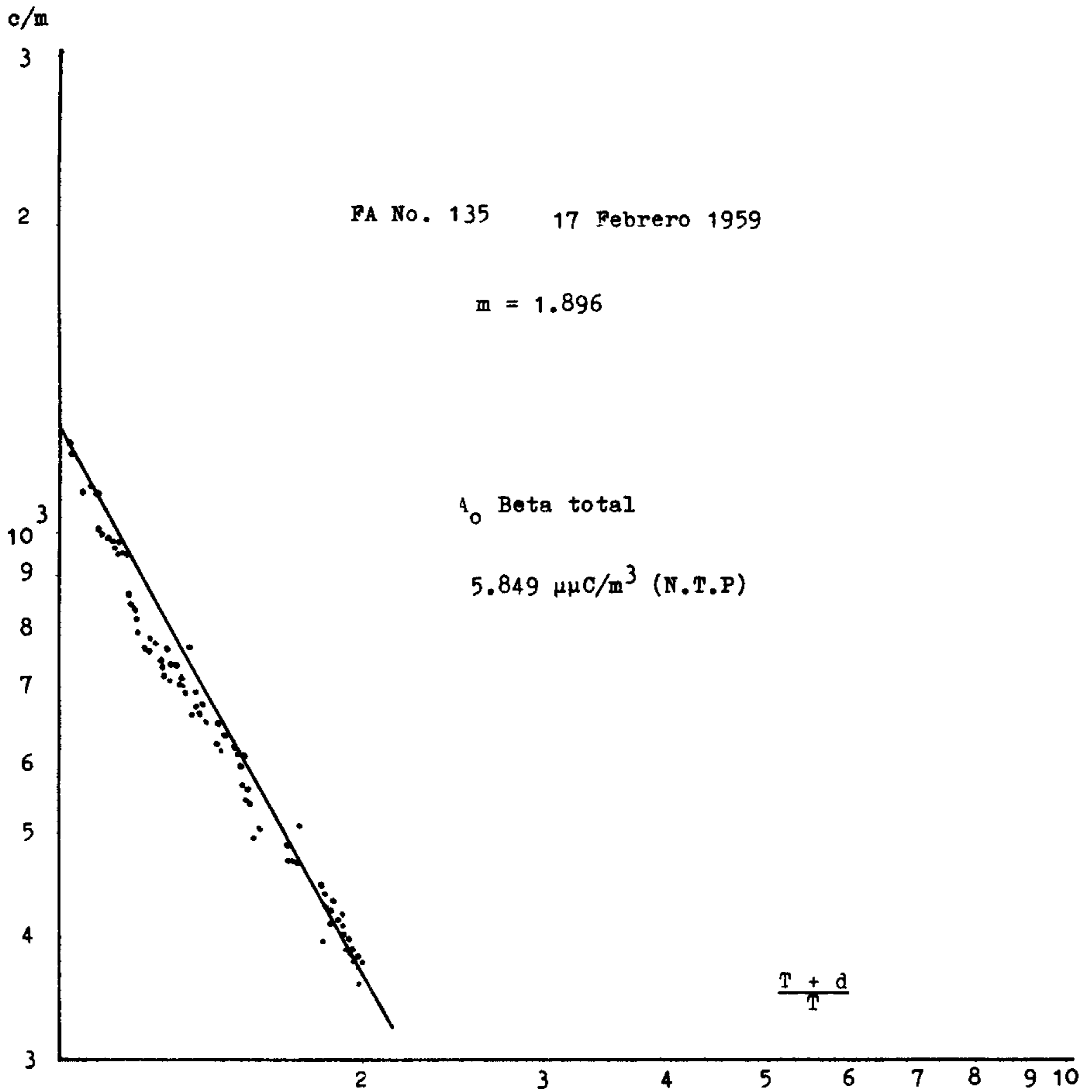


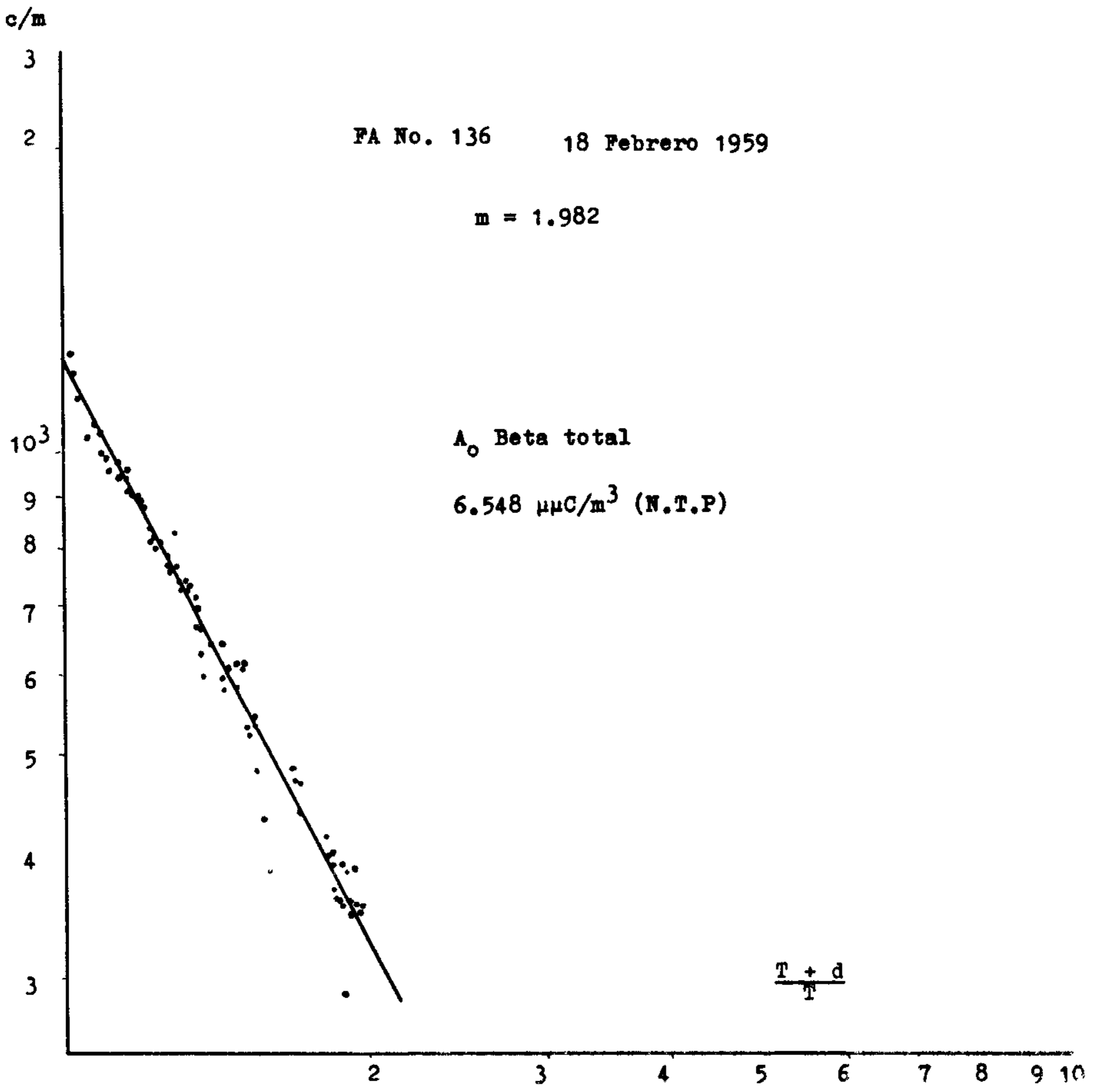


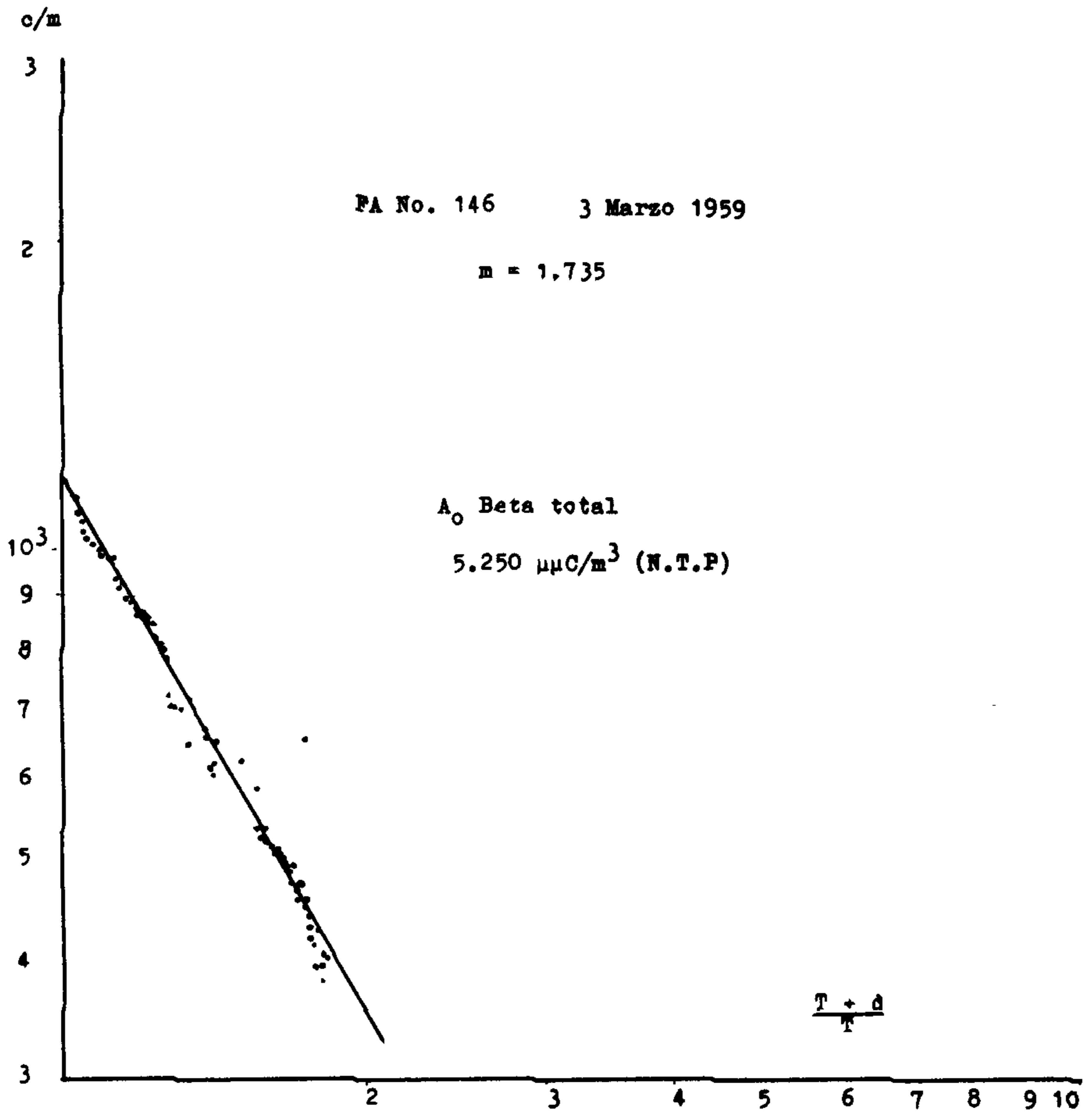


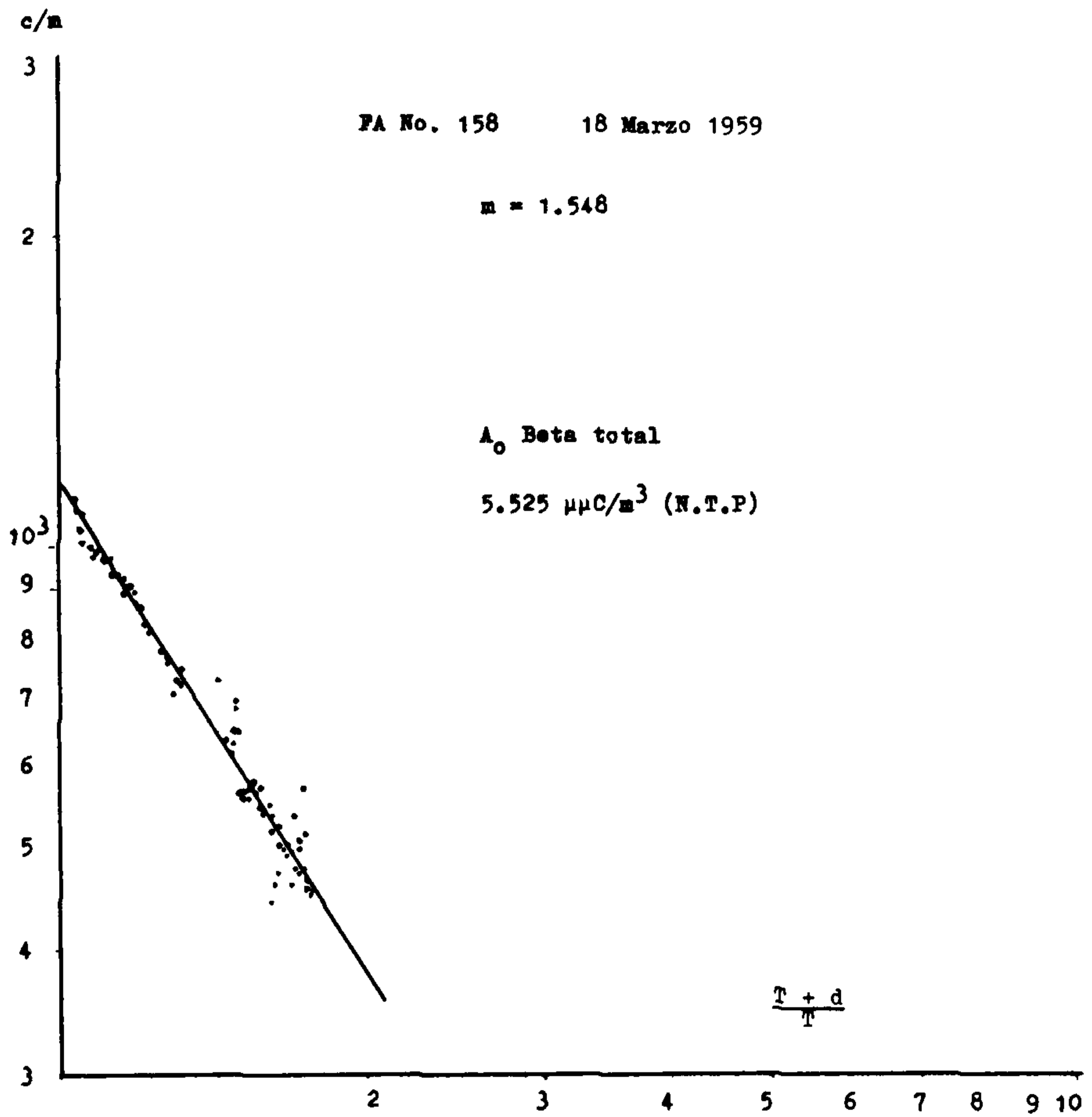


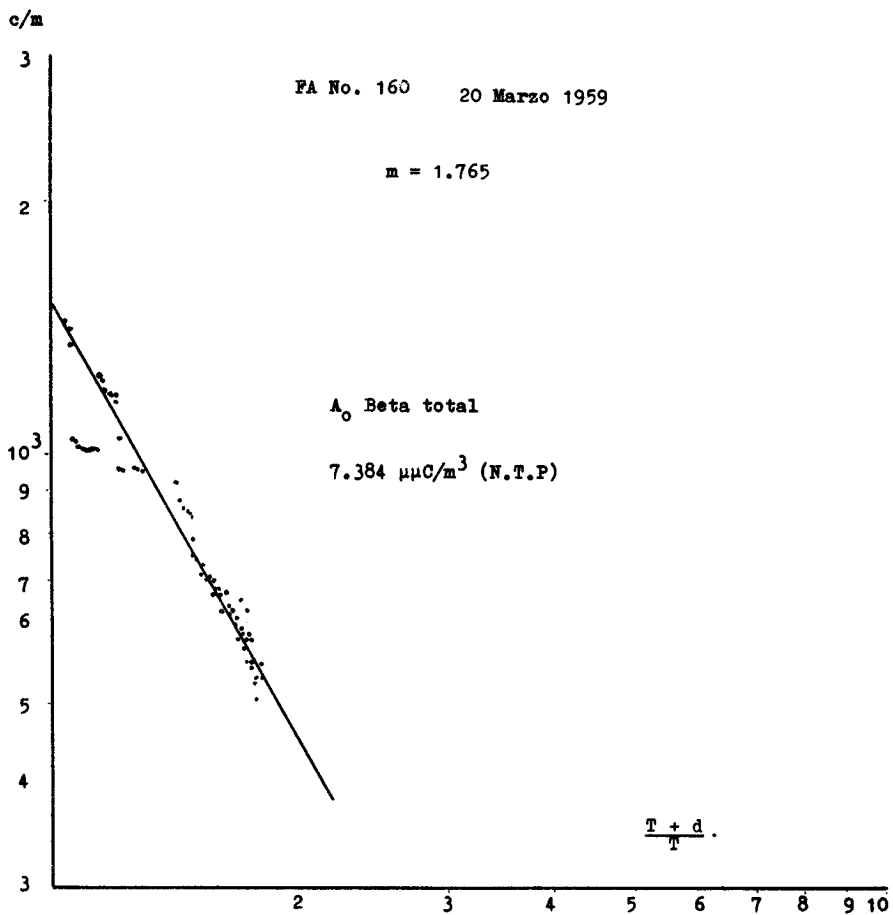


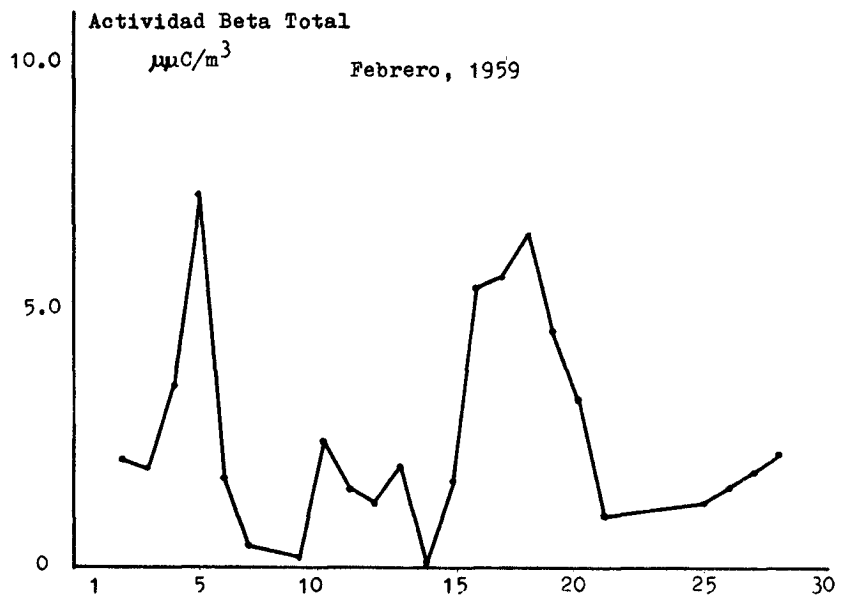
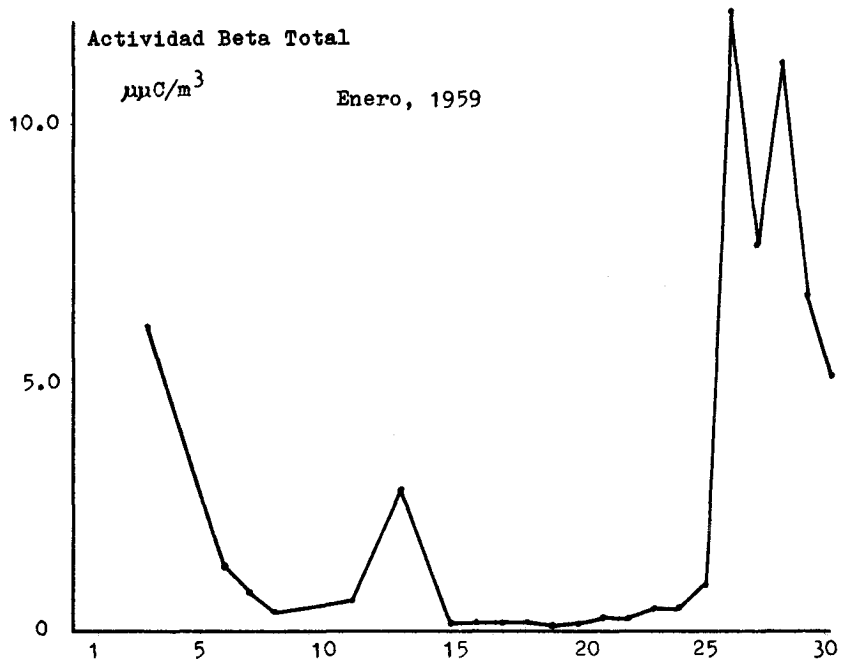


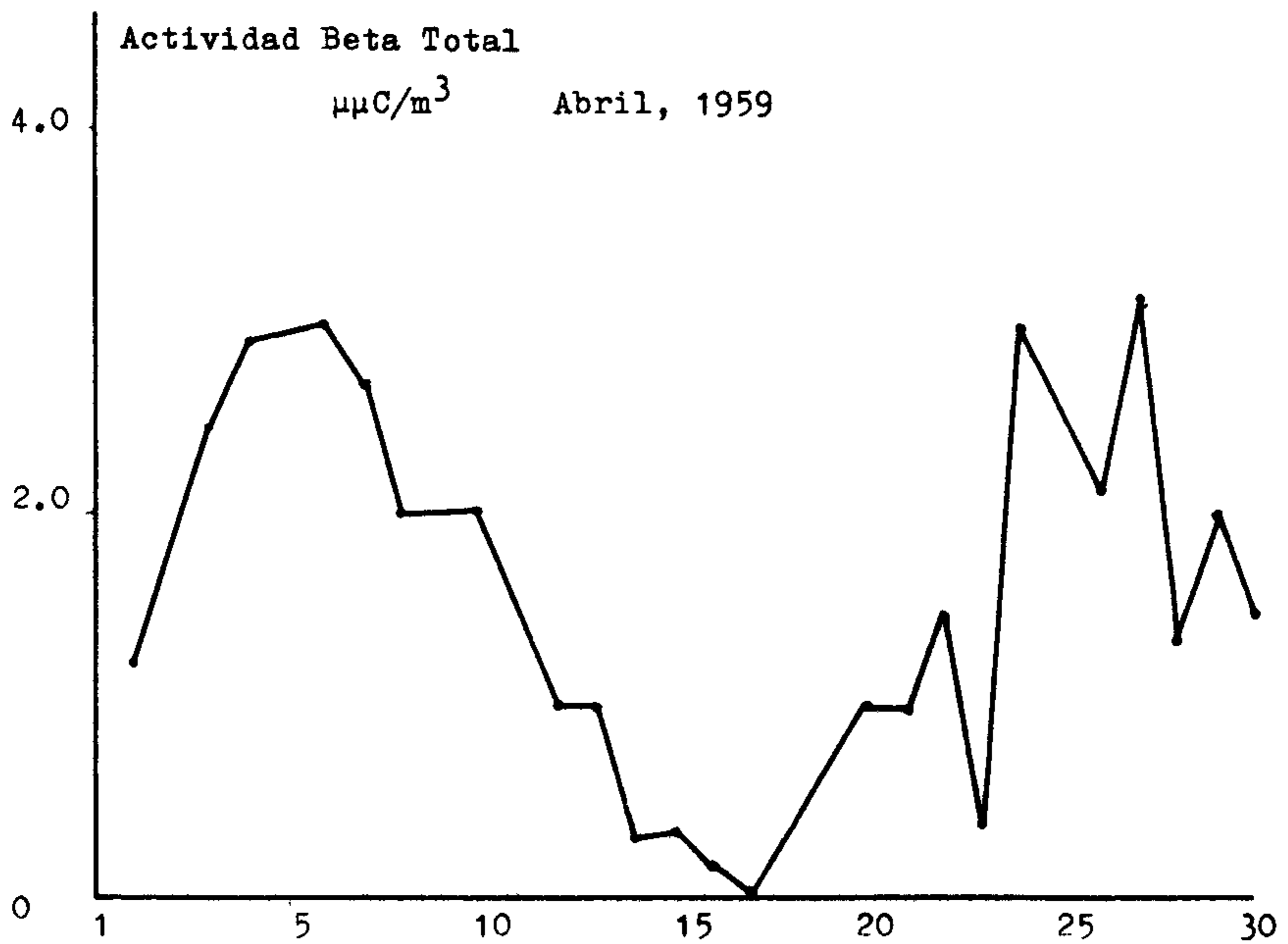
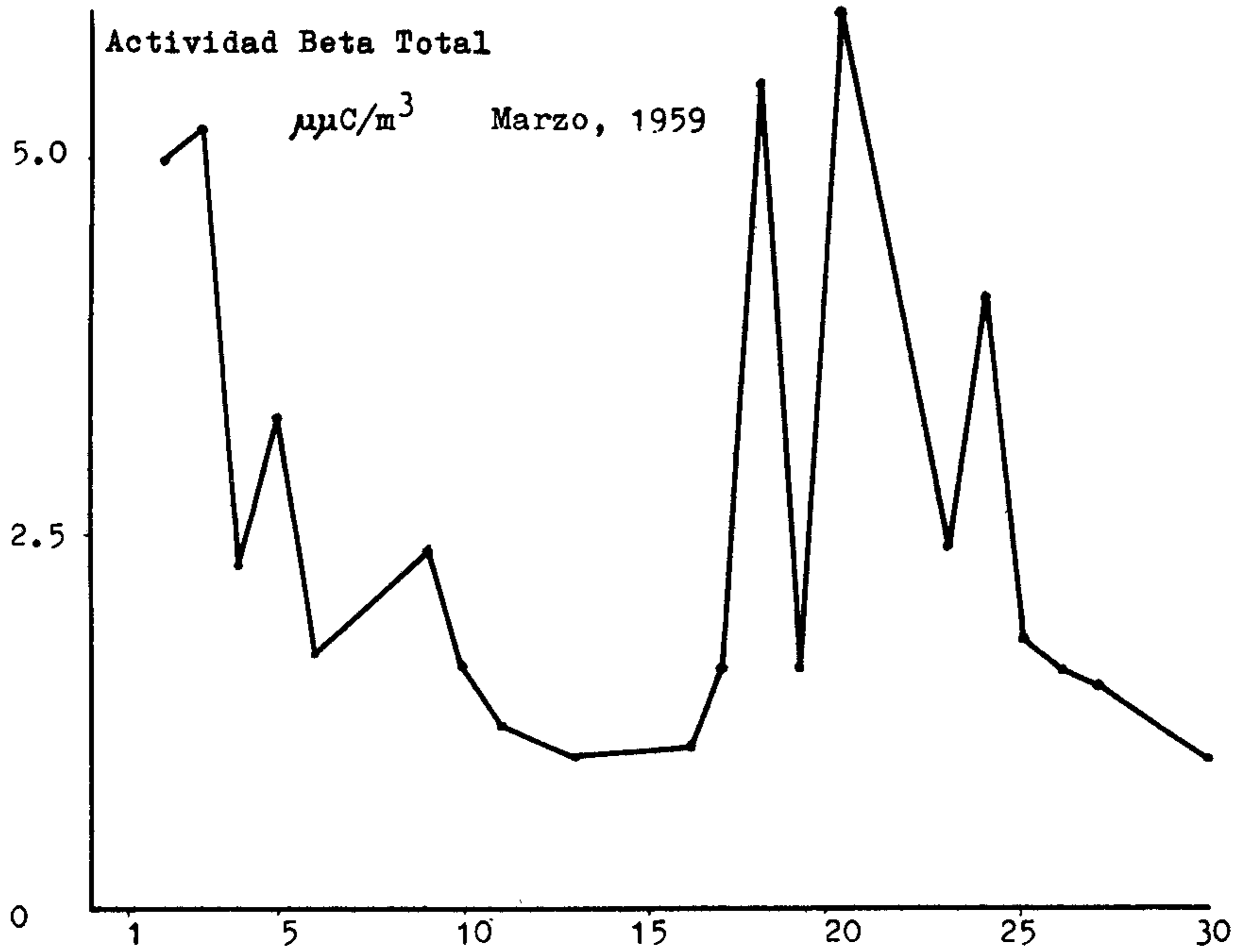


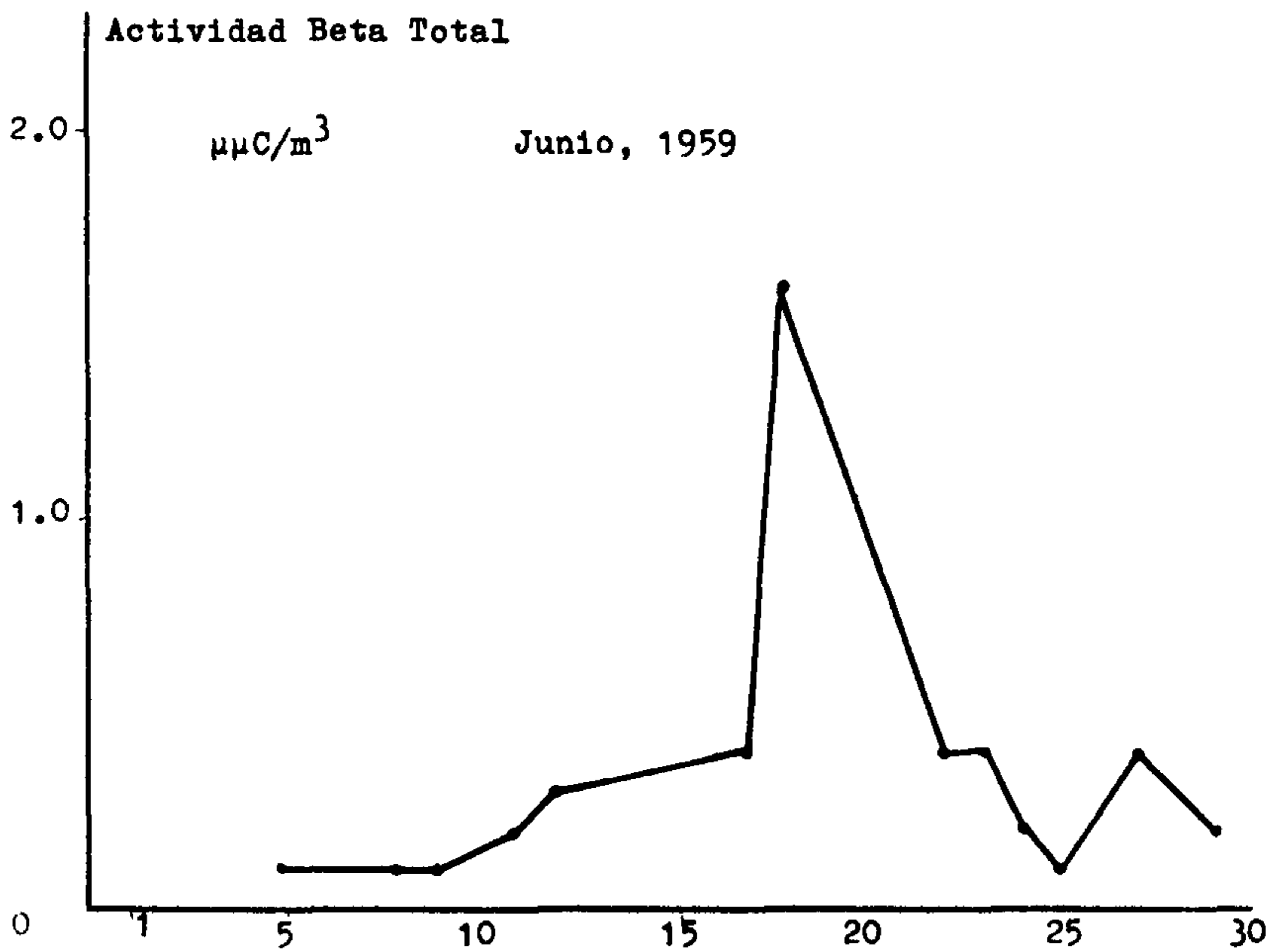
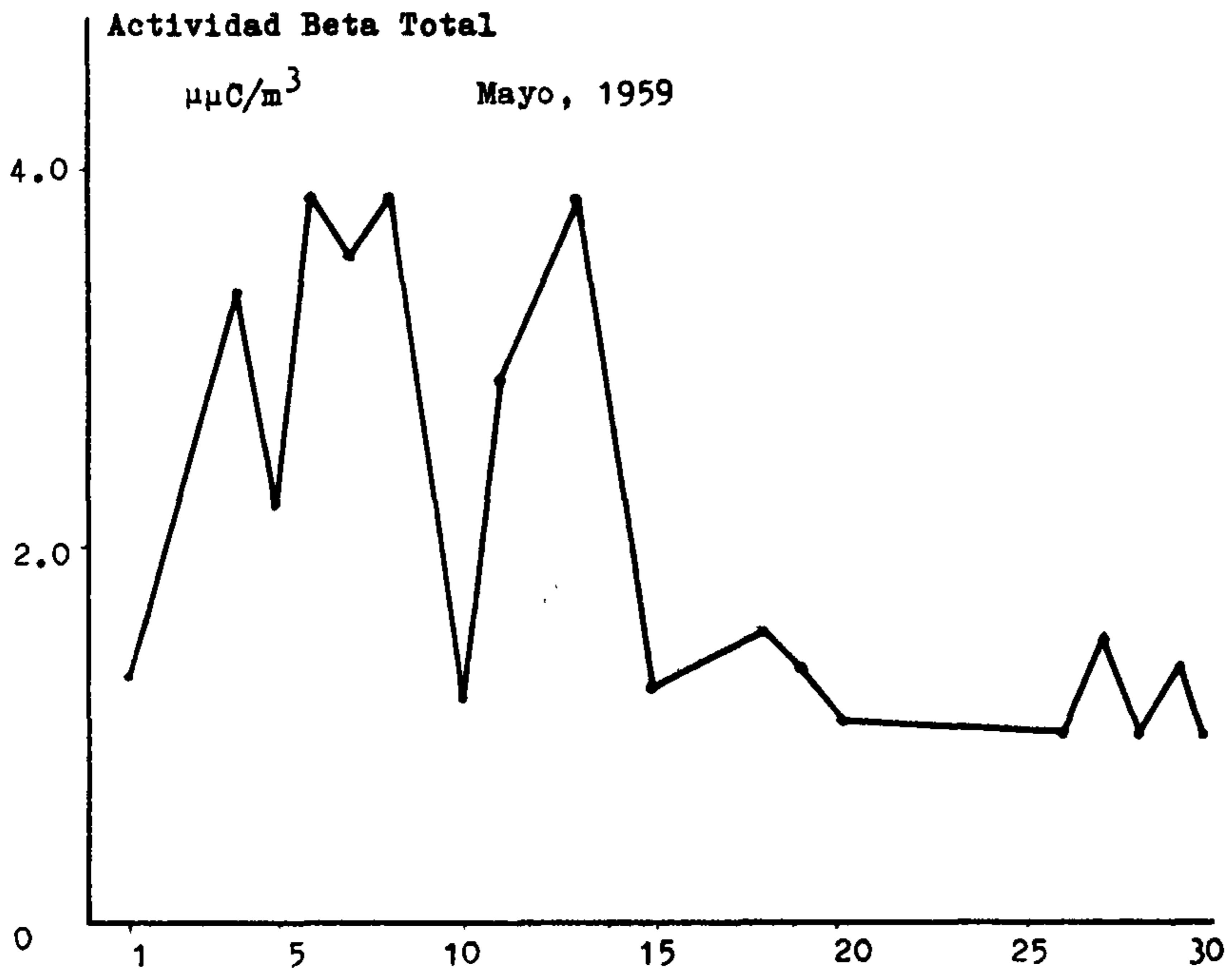


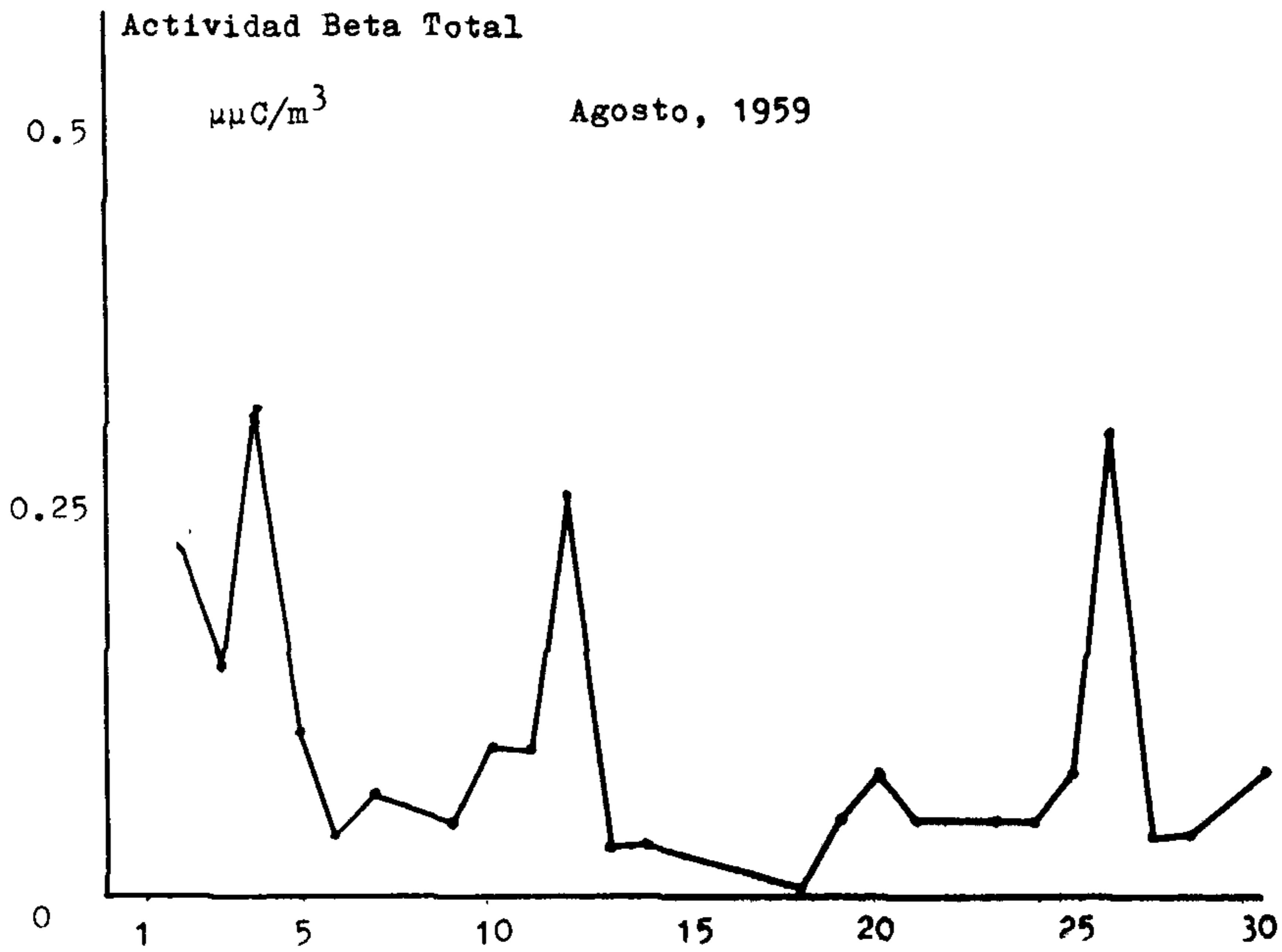
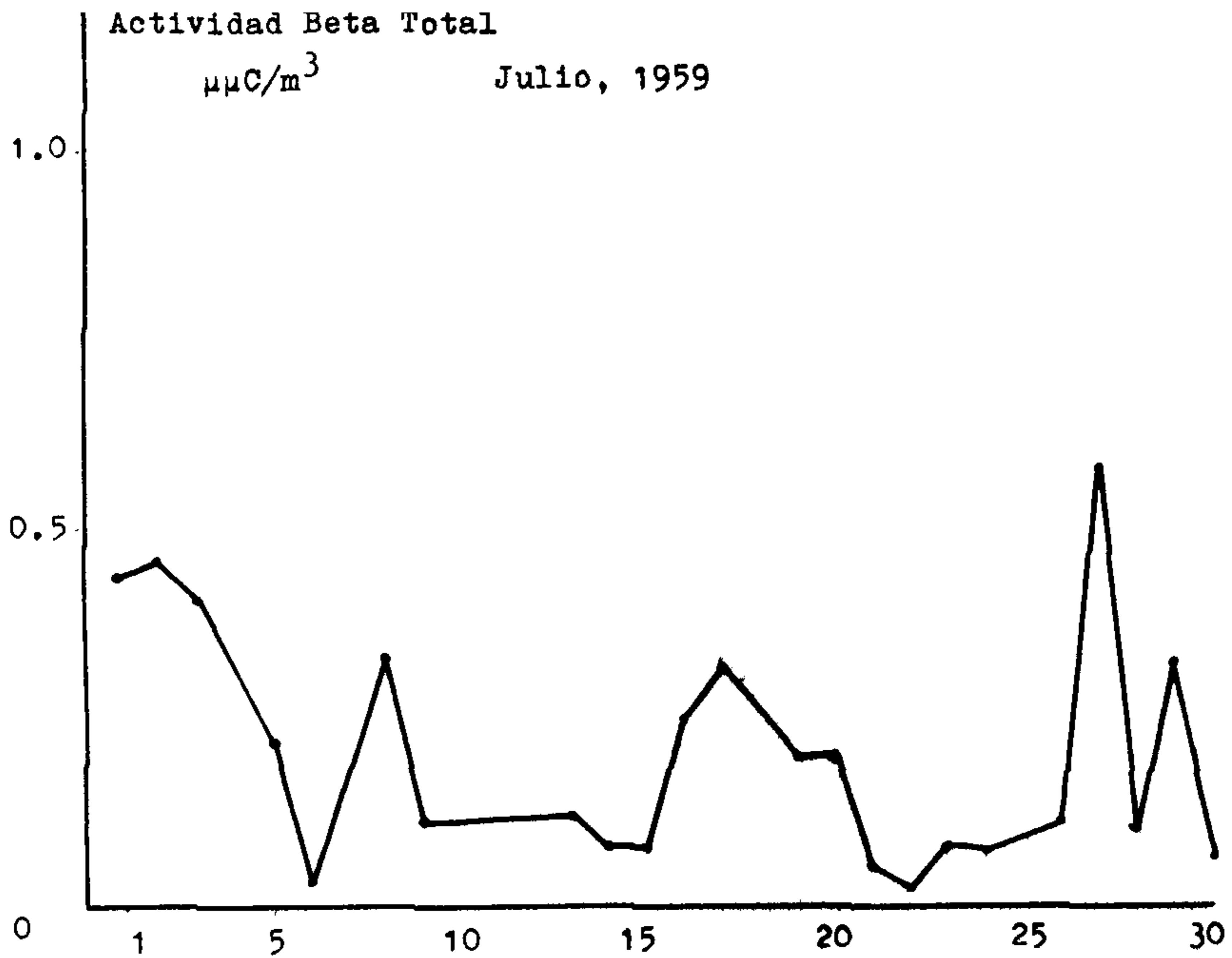


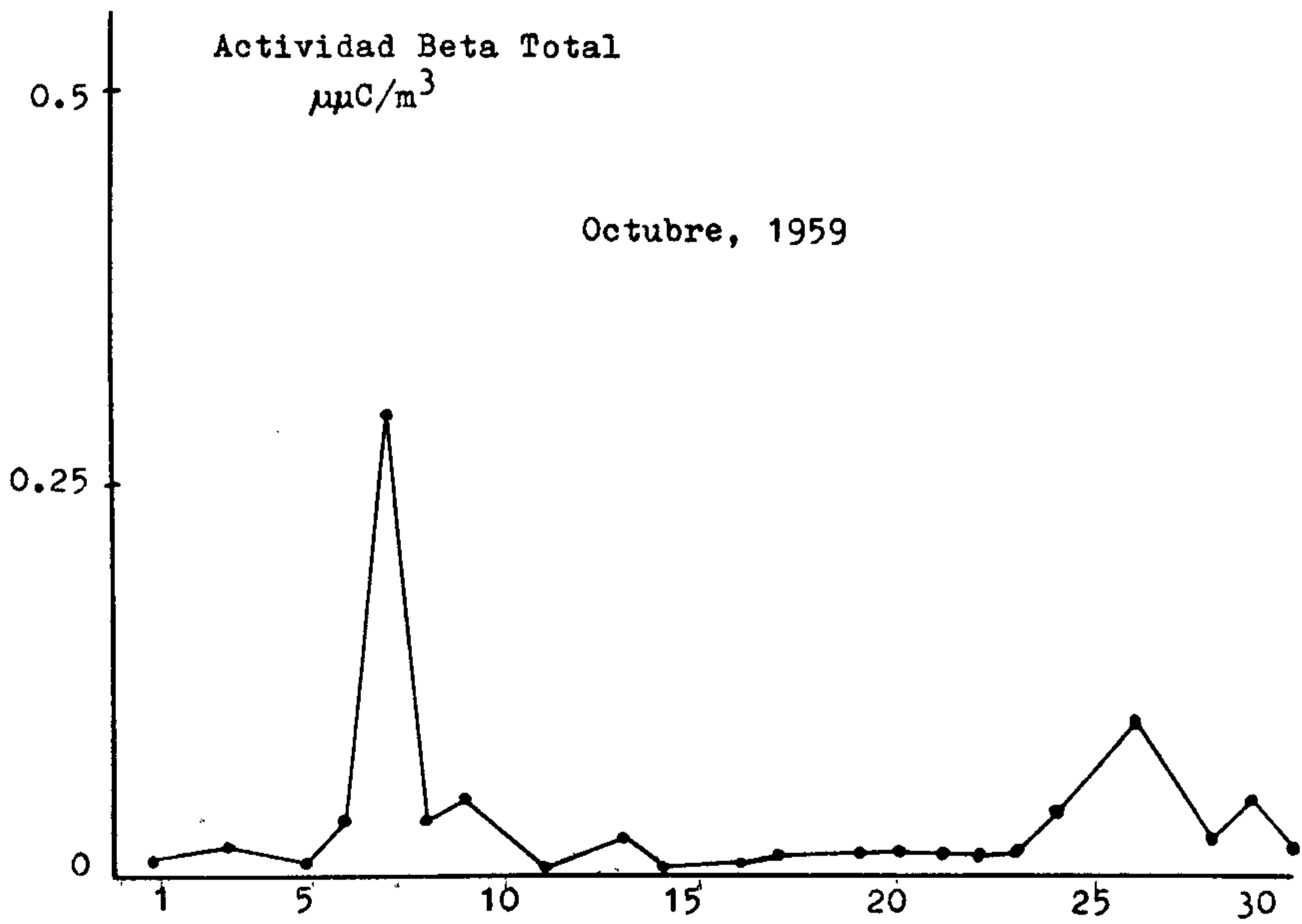
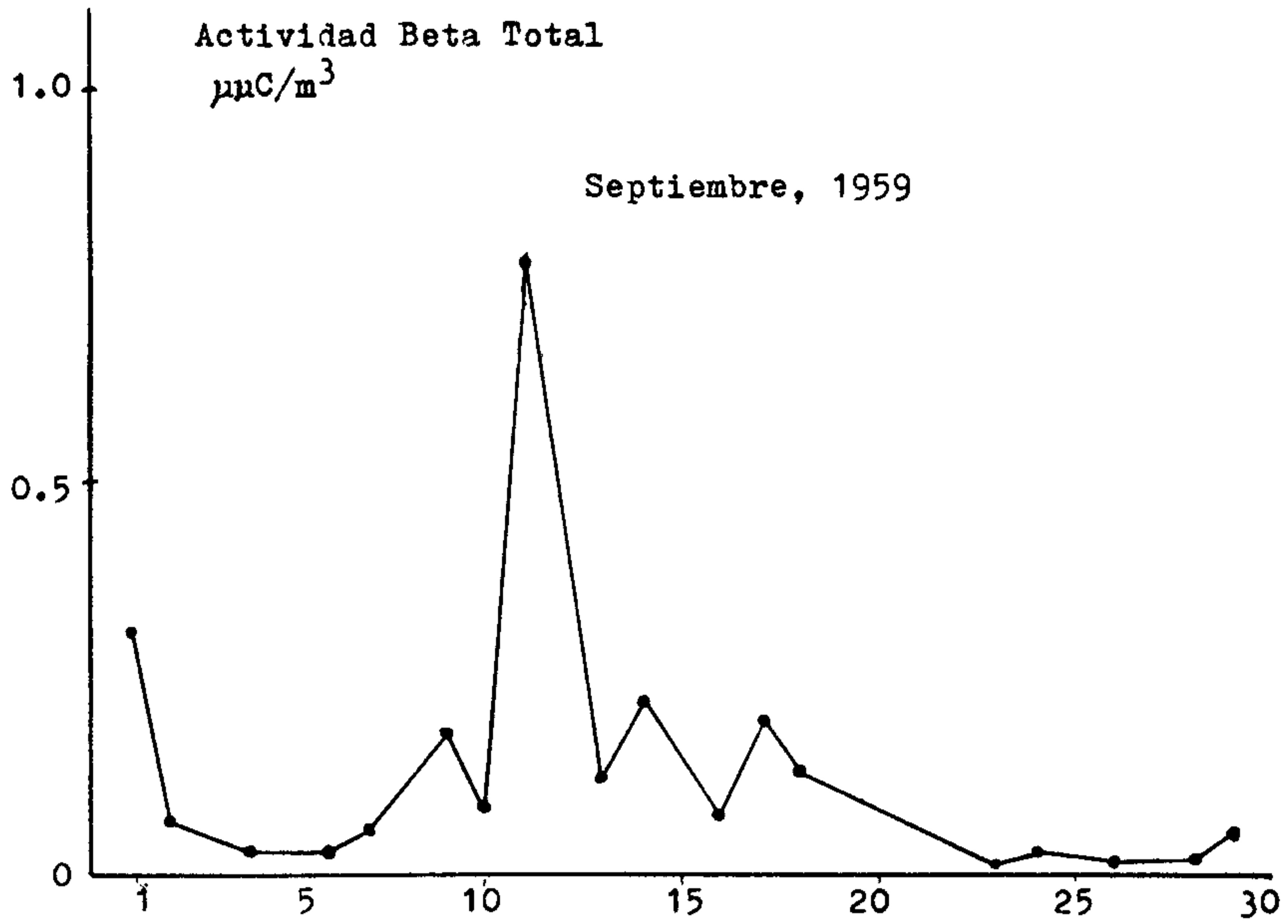












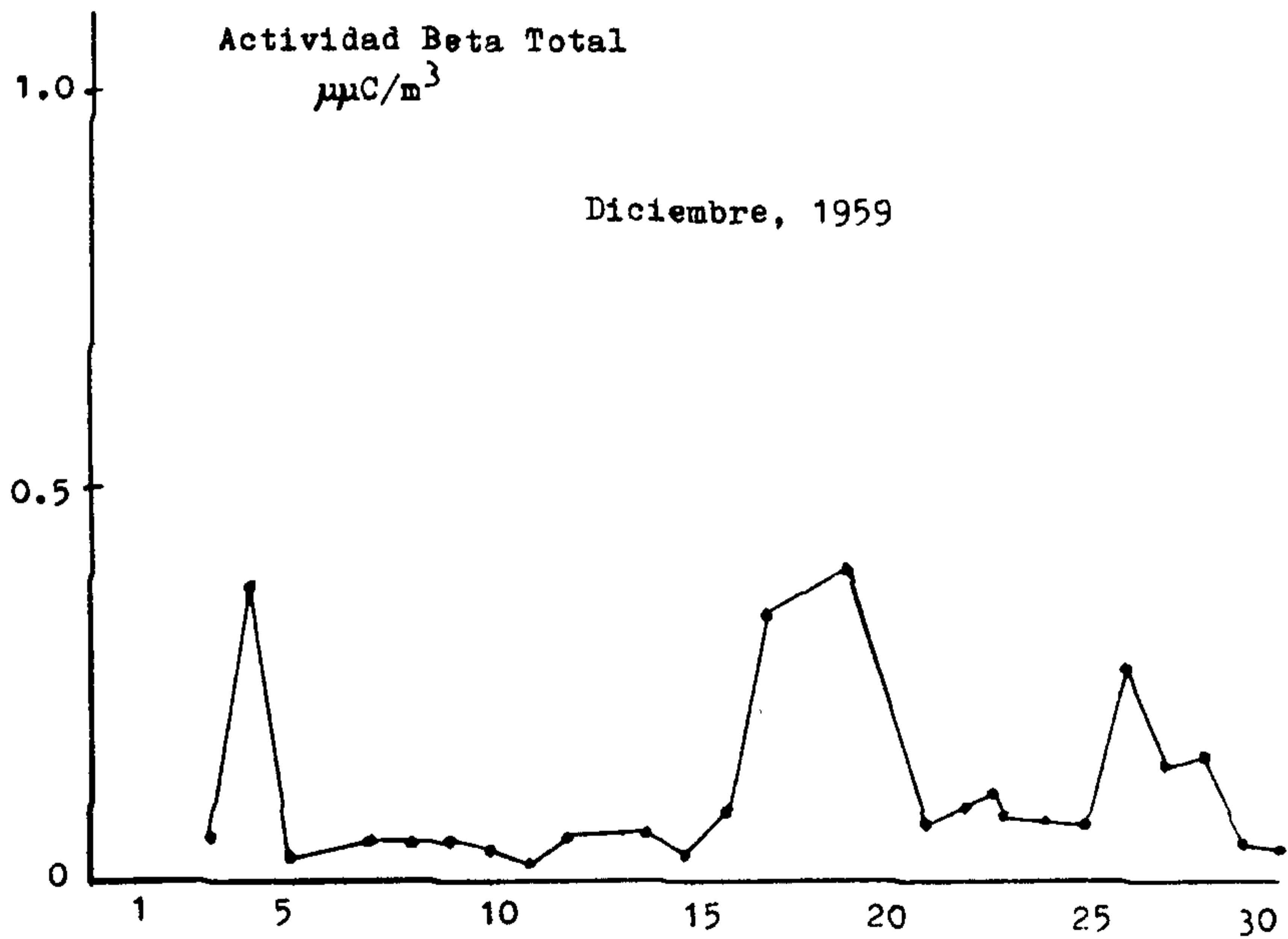
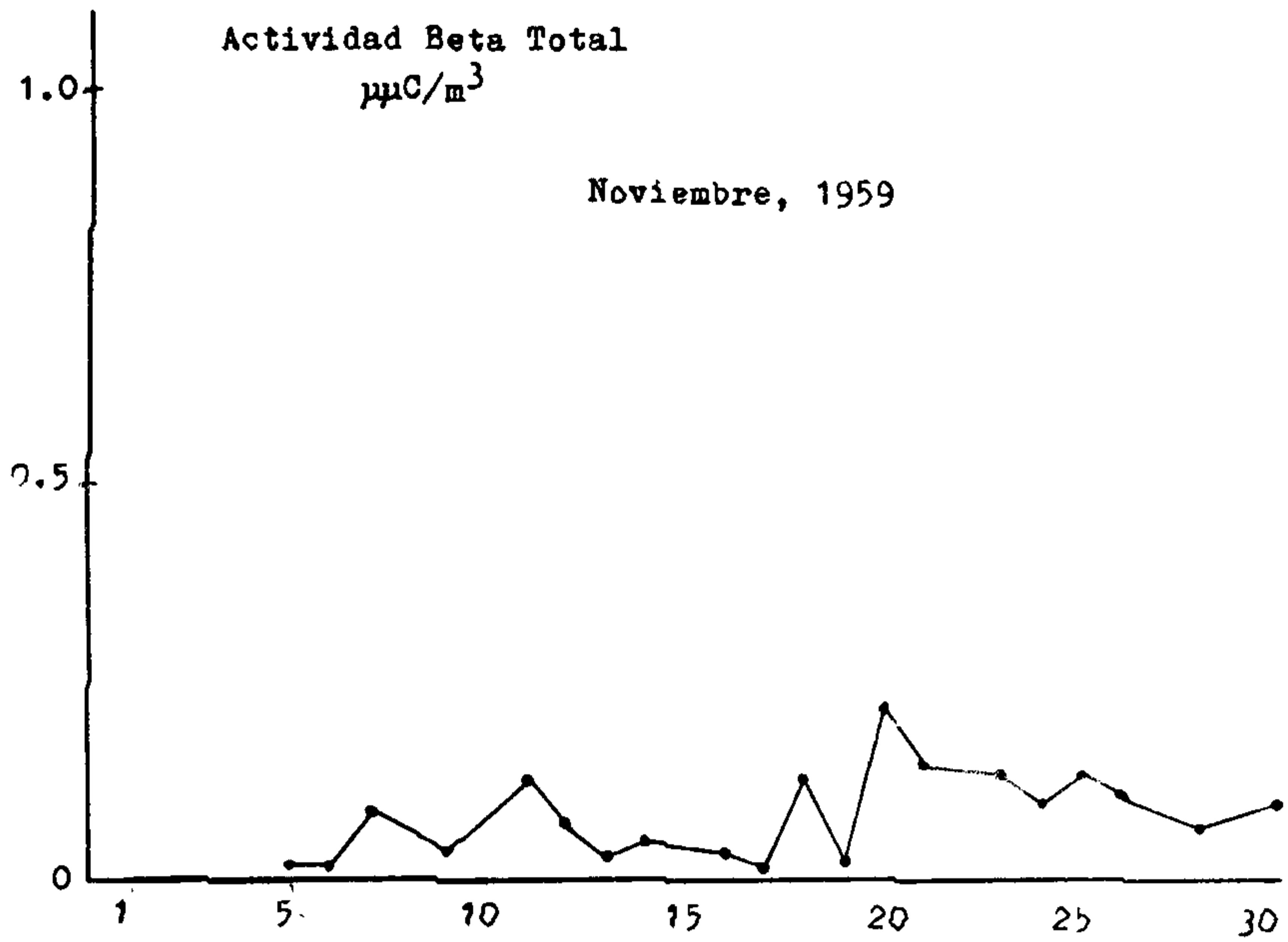


TABLA 2

MUESTRA	DIAM. (APARENTE) mm.	INTENSIDAD (unidades arbitrarias) máximo = 1 mínimo = 8	
FA No. 47	0.8	2	
FA No. 50	0.7	3	
	0.45	7	
	0.15	1	
	0.55	6	
	0.7	6	
FA No. 56	1.8	4	
	0.8	1	
FA No. 57	0.85	5	
	0.9	7	
	0.65	8	
	1.5	8	
FA No. 59	0.3	1	
	0.6	1	
	0.45	2	
	0.6	2	
	0.35	3	
	0.7	3	
	2.3	4	
	0.7	5	
	0.65	6	
	~ 20 de ~	0.5	7 y 8
FA No. 60	2.5	2	
	3 de ~	0.5	7
	0.75	8	
FA No. 61	0.75	1	
	0.5	8	
FA No. 62	0.8	8	

MUESTRA	DIAM. (APARENTE) mm.	INTENSIDAD (unidades arbitrarias)
	3.9	8
FA No. 63	1.0	1
	2.9	5
FA No. 65	2.9	6
FA No. 67	0.3	2
	2.6	7
	0.85	8
	2 de 1.1	8
FA No. 69	0.35	1
	0.65	1
	1.45	1
	3 de 0.6	2
	~ 20 ~ 0.3	2 y 3
	4 0.7	4
	~ 5 0.7	5
FA No. 72	1.8	1
	0.4	5
	0.75	6
	0.75	7
	4 0.8	8
	0.95	8
FA No. 77	2.9	4
	2 de 0.55	6
	0.6	6
FA No. 80	0.75	2
	0.45	7
	0.7	7
FA No. 85	0.55	1

MUESTRA	DIAM. (APARENTE) mm.	INTENSIDAD (unidades arbitrarias)
	0.25	2
	0.3	2
	0.5	2
	0.65	4
	1.0	6
	0.6	7
	1.0	7
	0.8	8
	1.0	8
	3.8	8
FA No. 92	0.95	2
	1.0	2
	2 1.7	2
	4 1.1	3
	1.0	4
	1.2	4
	1.5	5
	0.95	7
	~ 40 ~ 0.5	2 - 8
FA No. 94	0.7	2
	0.9	3
	4 de 0.1	4
	0.6	5
	0.9	5
	0.7	7
	9 de 0.7	8
FA No. 96	0.45	2
	0.8	3
	2.4	5

MUESTRA	DIAM. (APARENTE)		INTENSIDAD
		mm.	(unidades arbitrarias)
		0.3	6
	5 ~	0.9	8
FA No. 97		0.75	1
		2.35	2
	~ 8	0.9	3
	~ 50	0.5	7
	~ 40 ~	1.0	7
	~ 50 <	0.25	1 - 8
FA No. 98	5	0.25	2
	8	0.35	2
	10 <	0.1	2 - 4
	~ 20 <	0.5	5 - 8
FA No. 100	8	0.1	1
	3	0.5	6
FA No. 101	2	1.2	7
		1.35	4
		0.75	5
	6	7.0	8
FA No. 102	4	0.8	2
	2	1.0	2
	~ 10 de	0.6	5
	2	1.3	6
	4	1.2	7
	~ 40 <	0.5	3 - 8
FA No. 104		0.75	1
		2.4	3
	3	0.75	4
		1.0	6

MUESTRA	DIAM. (APARENTE) mm.	INTENSIDAD (unidades arbitrarias)
	5 1.0	7
	~ 10 < 1.0	6 - 8
FA No. 105	1.0	5
	3 1.0	6
	~ 20 < 1.0	7 - 8
FA No. 106	< 0.5	1
	0.4	1
	1.2	2
	0.5	5
	0.5	6
	~ 10 0.5 - 1	8
FA No. 107	< 0.1	1
	0.3	1
	0.8	2
	0.3	3
	4 ~ 1.0	8
FA No. 108	1.5	8
FA No. 111	0.5	2
	0.2	2
	0.3	3
	3 0.3	4
	~ 10 < 1.0	8
FA No. 112	1.0	1
	1.2	1
	3 1.2	3
	2 2.5	6
	20 2.5	3 - 8
FA No. 113	2 0.5	1

MUESTRA	DIAM. (APARENTE)		INTENSIDAD (unidades arbitrarias)
		mm.	
FA No. 114	6	0.5	4
		1.0	4
	~ 10	1.0	5
	~ 10 ~	1.0	7 - 8
	~ 10	0.5	3
	~ 10	0.5	4
		1.0	5
FA No. 115		4.0	7
	~ 30	0.5	7 - 8
	3	1.2	5
	2	1.5	6
	~ 10	1.0	7 - 8
FA No. 116	2	1.5	6
	~ 10	1 - 1.5	8
		2.5	8
FA No. 117	~ 10	1.0	6
	~ 20	1.2	8
	~ 10	1.0	7
FA No. 118		0.75	1
	~ 25	1 - 1.2	7 - 8
FA No. 119	4	1.5	7
	~ 6	0.8	6
	~ 10	0.5 - 1	8
FA No. 120		1	2
	3	0.2	5
	~ 10	0.2	6
	~ 10	0.5 - 1	8
FA No. 130		0.7	7

MUESTRA	DIAM. (APARANTE)		INTENSIDAD
		mm.	(unidades arbitrarias)
FA No. 131	2	1.0	7
		2.5	7
	4	1.0	8
		1.0	1
	3	1.0	6
		1.0	7
		0.5	8
FA No. 132	~ 15	1.0	8
		0.2	1
		0.55	4
		0.5	5
		1.0	5
	3	1.0	7
		1.5	8
FA No. 133		2.0	8
	4	0.2	1
		1.0	2
	5	0.2	3
	3	0.7	5
	3	1.0	7
	~ 20 ~	1.0	8
FA No. 134		0.2	1
		0.6	6
		1.0	6
	~ 15 ~	1.0	8
FA No. 135		0.3	2
		0.3	6
		0.8	6
	7 ~	1.0	8

MUESTRA	DIAM. (APARENTE)		INTENSIDAD
		mm.	(unidades arbitrarias)
FA No. 136		0.3	1
		0.7	2
		0.8	3
	2	0.3	5
	~ 30	< 0.5	8
FA No. 137		0.6	1
		0.2	3
	4	0.5	6
	~ 20	1.0	8
	6	0.7 - 1.0	8
FA No. 138	2	0.3	1
		0.5	1
		1.0	1
		1.1	1
		1.0	2
	~ 20	0.5 - 1	5 - 7
	4	1.2	6
	~ 20	1.0	8
~ 10	1.5	8	
FA No. 151	1	1.5	3
	3	0.7	7
FA No. 152	1	1.5	1
	3	0.1	6
		1.	1
FA No. 175	1	1	6
FA No. 285	~ 1000	50 - 100 μ	1 - 8
FA No. 287	~ 1000	50 - 100 μ	1 - 8

Variación secular de la actividad del polvo recolectado
 Estación de México, D.F. 1959

