

C. N. E. A. BIL	eca
ARCHIVO PUBLICO	NES
Nº 1	1978

06.78. 06

CNEA AT 36/78

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

GERENCIA PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD
DIVISION PROTECCION AMBIENTAL
SECCION EVALUACIONES PREOPERACIONALES

ESTUDIO DE DILUCION DEL RIO CHILLON EN LA ZONA
DE HUARANGAL - PERU
(Primeros Resultados)

BRUNO, H.A.
CIALLELLA, N.R.
MIGLIORI, S.
ZUNINO, R.C.
MENOSSI, C.A.

BUENOS AIRES

1978

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ESTUDIO DE DILUCION DEL RIO CHILLON EN LA ZONA
DE HUARANCAL - PERU
(Primeros Resultados)

BRUNO, H.A.; CIALLELLA, N.R.; MIGLIORI, S.; ZUNINO, R.C.;
MENOSSI, C.A.

RESUMEN

Se presentan los primeros resultados del estudio de dilución efectuado en aguas superficiales del Río Chillón, en Huarangal, Perú. La experiencia se efectuó empleando como colorante Rodamina B.

El presente ensayo es preliminar y podrá ser tomado como base para una adecuada planificación de los estudios de dilución que como parte de la Evaluación Ambiental del Area de Influencia del Centro de Investigaciones Nucleares de Perú, se efectuarán oportunamente.

De esta experiencia preliminar surge que una adecuada mezcla se obtendría a partir de los 4500 m. del punto de inyección.

ABSTRACT

This report presents the first results of the dilution research carried out in superficial waters of the Chillón River in Huarangal, Perú. The experience was put into practice using Rodamina B as coloring.

This preliminary experience could be taken as a basis for an adequate planning of the future dilution studies involved in the Influence Area Environmental Evaluation of the Nuclear Investigations Centre in Perú.

The aforementioned experience leads to the conclusion that an appropriate mixture would be obtained from 4500 metres of the injection point.

ESTUDIO DE DILUCION DEL RIO CHILLON EN LA ZONA DE
HUARANGAL - PERU
(Primeros Resultados)

BRUNO, H.A.; CIALLELLA, N.R.; MIGLIORI, S.; ZUNINO, R.C.;
MENOSSI, C.A.

1.- INTRODUCCION

La experiencia descrita en el presente informe fue efectuada en el mes de Enero de 1978, en aguas superficiales del Río Chillón a la altura de Huarangal.

La presente experiencia es preliminar y tiende a planificar adecuadamente los estudios de dilución a realizar como parte de la evaluación ambiental del Area de Influencia del Centro de Investigaciones Nucleares del Perú.

Estos estudios son importantes en relación a las futuras eliminaciones de efluentes radiactivos de baja actividad al Curso del Río Chillón.

El fin último del trabajo consiste en obtener la más amplia información de la capacidad de dispersión del río, para lo cual se relaciona a distintas distancias el valor de la concentración integrada en el tiempo con la masa de rodamina inyectada y se estudia esta relación con la distancia al punto de inyección.

2.- UBICACION

La zona de Huarangal fue la elegida para el emplazamiento y pertenece al distrito de Carabayllo, provincia de Lima, departamento de Lima. Se halla en las proximidades (1 km) del río Chillón, distando 18 km de la costa y 28 km del centro de la capital, Lima. Se efectúa el acceso por el camino a Canta (Fig. 1).

3.- PARAMETROS FISICOS DEL RIO CHILLON

No se poseen registros del caudal del Río Chillón a la altura de la zona estudiada. Por ello, previo a la experien-

cia, se efectuaron una serie de diez determinaciones. El caudal medido previo a la experiencia, resultó ser de 3.45 m³/seg. Momentos antes de la misma, se efectuaron nuevas mediciones obteniéndose idénticos resultados promedios.

4.- METODO EXPERIMENTAL

El trazador elegido fue la Rodamina B (F-BASF Industria Alemana), que presenta grandes ventajas dada su gran solubilidad en agua y el bajo límite de detección cuando se la mide por fluorimetría.

Las concentraciones de Rodamina B en agua fueron medidas con un fluorímetro TURNER modelo 111 utilizando como filtro primario el #1-60+58 (546 mμ) y como filtro secundario el #25 (595 mμ); en estas condiciones, el límite de detección del equipo es de 2×10^{-5} ppm.

El comportamiento de la Rodamina B en solución frente a distintos factores ambientales ya se había estudiado anteriormente, observándose que:

- a) La fluorescencia no varía para el rango de pH comprendido entre 4 y 10. Fuera de este rango, la misma disminuye rápidamente.
- b) La fluorescencia de una solución de rodamina es inversamente proporcional a la temperatura. El fenómeno es reversible entre 5 y 40° C.
- c) En soluciones de Rodamina B expuestas a la luz solar se observó un decaimiento lineal de la fluorescencia hasta obtener valores iguales al 40% de la fluorescencia inicial al cabo de 25 días.

5.- EXPERIENCIAS SOBRE EL TERRENO

Por medio de la inyección de una solución de Rodamina B se simuló una evacuación instantánea de efluentes radiactivos. Dos kilogramos de Rodamina B fueron disueltos en 10 litros de alcohol etílico y 100 litros de agua del Río Chillón. La densidad final de la mezcla antes de la inyección fue i-

déntica a la densidad del agua del Río Chillón = 1,001 g/cm³.

6.- CONSIDERACIONES TECNICAS

La ecuación diferencial que rige la transmisión y transformación bidimensional, considerando columna homogénea de un contaminante que es descargado en un cuerpo de agua y suponiendo que en el intervalo considerado no exista variación significativa tanto de caudal como de área transversal y longitudinal, es la siguiente:

$$\frac{\delta c}{\delta t} = D_x \frac{\delta^2 c}{\delta x^2} + D_y \frac{\delta^2 c}{\delta y^2} - V_x \frac{\delta c}{\delta x} - V_y \frac{\delta c}{\delta y} - \lambda c$$

Donde: D_x y D_y son los coeficientes de dispersión longitudinal y transversal.

V_x y V_y son los componentes longitudinal y transversal de la velocidad.

λ es la constante de reacción del contaminante.

c es la concentración del contaminante al tiempo t.

Considerando que la vía de dispersión transversal frente a la longitudinal es mucho menor, la dispersión longitudinal de un trazador en régimen turbulento será:

$$D \frac{\delta^2 c}{\delta x^2} = \frac{\delta c}{\delta t} + V \frac{\delta c}{\delta x}$$

En esta ecuación se considera que el coeficiente de dispersión es constante, lo cual sólo se cumple después que el contaminante recorre una determinada distancia desde el punto de inyección con lo cual, satisfaciendo la condición de inyección instantánea, toma la forma:

$$c = K \sqrt{t} \cdot e^{-\frac{(x - Vt)^2}{4Dt}}$$

donde K es función de la cantidad de trazador inyectado A y de la sección transversal de la corriente S tomando la ecuación la forma:

$$c = \frac{A}{S \cdot \sqrt{2\pi} \cdot \sqrt{2Dt}} \cdot e^{-\frac{(x - Vt)^2}{4Dt}}$$

luego:

$$\begin{aligned} \int_0^\infty c \, dt &= \int_0^\infty \frac{A}{S \cdot \sqrt{4\pi Dt}} \cdot e^{-\frac{(x - Vt)^2}{4Dt}} \, dt = \\ &= \frac{A}{S \cdot \sqrt{2\pi}} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2Dt}} \cdot e^{-\frac{(x^2 - 2xVt + V^2t^2)}{4Dt}} \, dt = \\ &= \frac{A}{S \cdot \sqrt{2\pi}} e^{\frac{xV}{2D}} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2Dt}} \cdot e^{-\left(\frac{x^2}{4Dt} + \frac{V^2t}{4D}\right)} \, dt \quad (1) \end{aligned}$$

haciendo:

$$u = \sqrt{\frac{V^2 t}{4D}} \quad y \quad dt = \frac{8u D}{V^2} du$$

reemplazando en (1), resulta:

$$\frac{A}{S \cdot \sqrt{2\pi}} e^{\frac{xV}{2D}} \int_0^\infty e^{-\left(\frac{x^2 V^2}{16D^2} u^2 + u^2\right)} \cdot \frac{\sqrt{8}}{V} du \quad (2)$$

haciendo:

$$\frac{x^2 V^2}{16 D^2} = c^2$$

reemplazando en (2), resulta:

$$\frac{A e^{\frac{xV}{2D}} \cdot \sqrt{8}}{S \sqrt{2\pi} \cdot V} \int_0^\infty e^{(-\frac{c^2}{u^2} - u^2)} du = \frac{A e^{\frac{xV}{2D}} \sqrt{8}}{S \sqrt{2\pi} \cdot V} \left| \frac{e^{-2c} \sqrt{\pi}}{2} \right|$$

reemplazando y simplificando, resulta:

$$\int_0^\infty c \, dt = \frac{A}{S \cdot V}$$

pero como S.V es el producto de la sección transversal del río por la velocidad de la corriente, que es igual al caudal (q), resulta:

$$\boxed{\int_0^\infty c \, d\tau = \left(\frac{1}{q}\right) \cdot A}$$

Es decir que la integral infinita en el tiempo, de la concentración en un punto será, una vez alcanzado el "equilibrio", igual al producto de la masa de contaminante inyectado multiplicado por la inversa del caudal.

PUNTOS DE MUESTREO

La medición de concentración de Rodamina en agua del río se efectuó en 5 lugares aguas abajo del punto de inyección, (Fig. 2) tal como se detalla en el siguiente cuadro:

PUNTOS DE MUESTREO	DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION (m)	FRECUENCIA DEL MUESTREO (min ⁻¹)
A	582	1
B	1000	2
C	2100	4
D	3400	8
E	4530	8

7.- MEDICION Y RESULTADOS

Los valores de concentración de Rodamina B en agua del Río Chillón, en los distintos puntos, se presentan en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5. Los valores presentados están corregidos por decaimiento de la fluorescencia en función del tiempo.

Cabe aclarar además, que en la columna "concentración" de dichas tablas, no se presentan valores para las primeras muestras, ya que el material inyectado en el tiempo indicado, no alcanzó la posición muestreada en cada caso.

En las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 se presentan las integrales de la concentración en el tiempo para los puntos de muestreo A, B, C, D y E respectivamente.

Para cada uno de dichos puntos se calculó la relación entre la concentración integrada y la masa de Rodamina B inyectada:

$$k = \frac{\int_0^{\infty} c \, dt}{A}$$

Los resultados se muestran en la figura 8. Posteriormente, se procedió a corregir los valores de k , teniendo en cuenta:

- la cantidad de material colorante retenido en el lecho del río y,
- su fijación con la distancia (se supuso función exponencial- figura 9)

Una vez alcanzado el equilibrio ($K = \frac{1}{q}$ donde q es el caudal del río) se obtiene la curva de la figura 10, que representa, aproximadamente, una exponencial de la forma:

$$k = e^{-2,5 \cdot 10^{-4} x}$$

en la cual x es la distancia al punto de inyección. Esta expresión es válida hasta el punto de "buen mezclado", te-

niendo luego un valor constante e igual a la inversa del caudal.

8.- CONCLUSIONES

Se efectuó una experiencia preliminar de dilución en aguas superficiales del Río Chillón en Huarangal, Perú. Dado que el mismo es un río de montaña, con caudal variable durante las distintas épocas del año, surge como necesaria la realización de por lo menos 10 experiencias en distintas épocas del año.

Sería conveniente para futuras experiencias, la planificación de un muestreo adicional a 7500 metros.

En las condiciones del estudio descripto, se infiere que a partir de los 4500 metros, del punto de inyección, se obtendría una mezcla adecuada.

Agradecimientos

Se agradece a todo el personal del INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR por la colaboración prestada, gracias a la cual fue posible la realización de la presente experiencia.

TABLA 1
PUNTO A

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION : 582 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
1	11.06	
2	11.07	
3	11.08	
4	11.09	
5	11.10	
6	11.11	
7	11.12	
8	11.13	0.10
9	11.14	1.04
10	11.15	2.68
11	11.16	3.32
12	11.17	3.32
13	11.18	2.80
14	11.19	2.40
15	11.20	1.81
16	11.21	1.47
17	11.22	1.32
18	11.23	1.08
19	11.24	0.88
20	11.25	0.72
21	11.26	0.60

TABLA 1 (Continuación)

PUNTO A

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 582 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
22	11.27	0.48
23	11.28	0.40
24	11.29	0.32
25	11.30	0.28
26	11.31	0.20
27	11.32	0.16

TABLA 2

PUNTO 2

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 1000 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
1	11.08	
2	11.11	
3	11.13	
4	11.15	
5	11.17	
6	11.19	
7	11.21	
8	11.23	0.04
9	11.24	0.28
10	11.25	1.08
11	11.26	1.76
12	11.27	2.28
13	11.28	2.28
14	11.29	2.44
15	11.30	2.12
16	11.31	1.84
17	11.32	1.56
18	11.35	1.16
19	11.37	1.04
20	11.39	0.76
21	11.41	0.60
22	11.43	0.48

TABLA 2 (Continuación)

PUNTO B

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 1000 m

MUESTRA Nº	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
23	11.45	0.44
24	11.47	0.40
25	11.49	0.32
26	11.51	0.24
27	11.53	0.20
28	11.57	0.16
29	12.01	0.12
30	12.19	0.05

TABLA 3

PUNTO C

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 2.100 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ²)
1	11.36	
2	11.40	
3	11.44	
4	11.48	
5	11.52	0.004
6	11.54	0.01
7	11.54 ³⁰	0.03
8	11.55	0.07
9	11.55 ³⁰	0.10
10	11.56 ³⁰	0.12
11	11.57	0.20
12	11.58	0.30
13	11.59	0.64
14	12.00	0.84
15	12.01	1.08
16	12.03	1.12
17	12.05	1.16
18	12.06	0.64
19	12.08	1.04
20	12.12	0.92
21	12.20	0.48

TABLA 3 (Continuación)

PUNTO C

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 2.100 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
22	12.24	0.40
23	12.28	0.28
24	12.32	0.20
25	12.36	0.12
26	12.40	0.10
27	12.44	0.08
28	12.52	0.05
29	13.00	0.04

TABLA 4
PUNTO D

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 3.400 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
1	11.34	
2	11.40	
3	11.46	
4	11.52	
5	11.58	
6	12.04	
7	12.10	
8	12.16	
9	12.22	
10	12.28	
11	12.34	
12	12.35 ¹⁰	0.15
13	12.35 ²⁰	0.18
14	12.35 ³⁰	0.19
15	12.35 ⁴⁰	0.22
16	12.35 ⁵⁰	0.26
17	12.40	0.29
18	12.46	0.64
19	12.52	0.72
20	12.58	0.68
21	13.04	0.60

TABLA 4 (Continuación)

PUNTO D

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 3.400 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
22	13.10	0.48
23	13.16	0.20
24	13.22	0.11
25	13.28	0.09
26	13.34	0.09
27	13.40	0.08
28	13.46	0.07
29	13.52	0.06
30	13.58	0.04

TABLA 5

PUNTO E

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 4.550 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
1	11.45	
2	12.25	
3	12.33	
4	12.35	
5	12.36	
6	12.37	
7	12.38	0.03
8	12.39	0.12
9	12.40	0.24
10	12.41	0.25
11	12.42	0.28
12	12.45	0.27
13	12.46	0.28
14	12.50	0.18
15	12.58	0.06
16	13.06	0.03
17	13.14	0.13
18	13.22	0.22
19	13.30	0.24
20	13.38	0.20
21	13.46	0.15

TABLA E (Continuación)

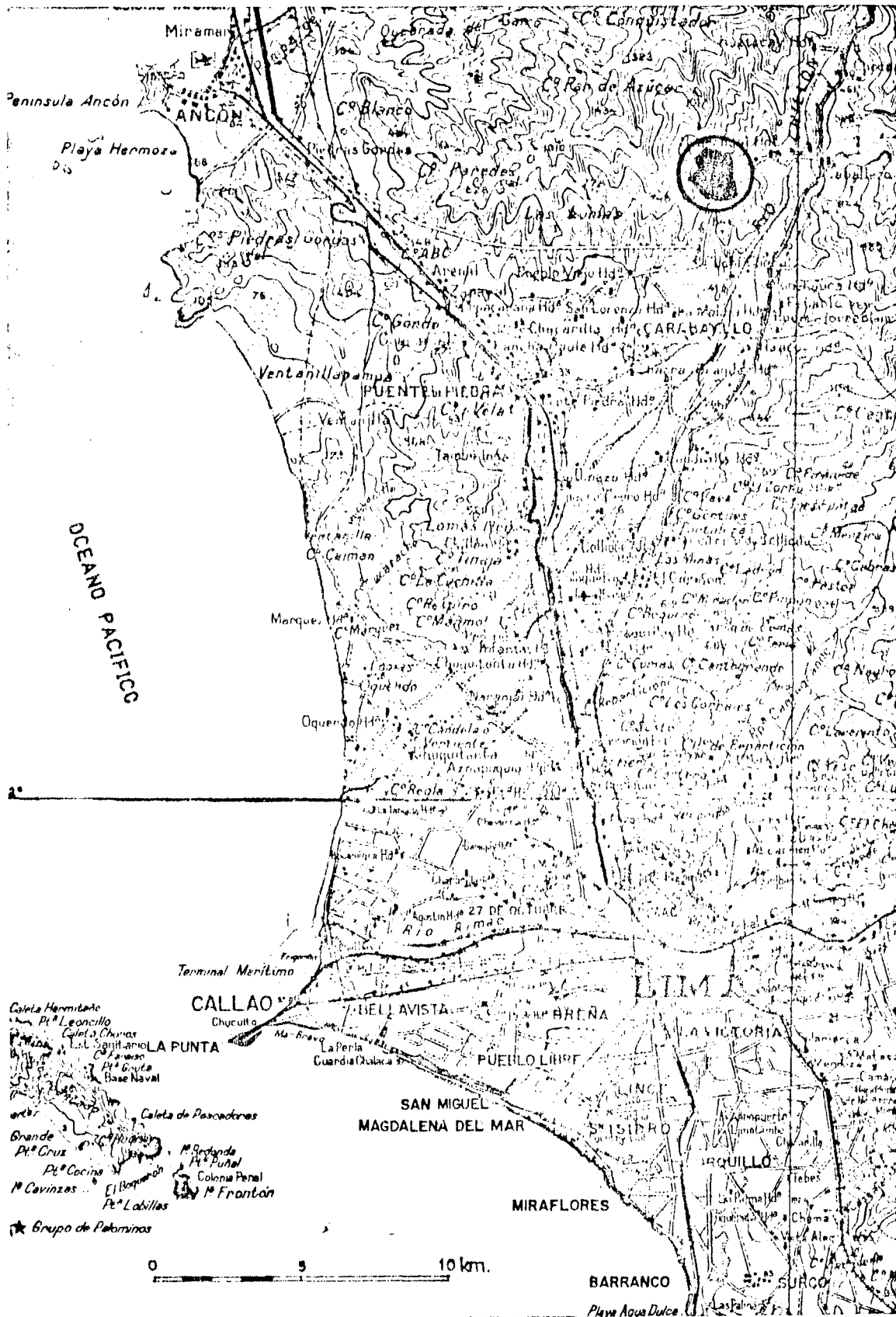
PUNTO E

DISTANCIA DEL PUNTO DE INYECCION: 4.550 m

MUESTRA N°	HORA	CONCENTRACION (g/m ³)
22	13.54	0.10
23	14.02	0.07
24	14.10	0.05
25	14.18	0.04
26	14.26	0.03
27	14.34	0.03
28	14.42	0.02
29	14.50	0.02
30	14.58	0.01

FIGURA: 1

UBICACION DEL CENTRO NUCLEAR HUARANGAL



UBICACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

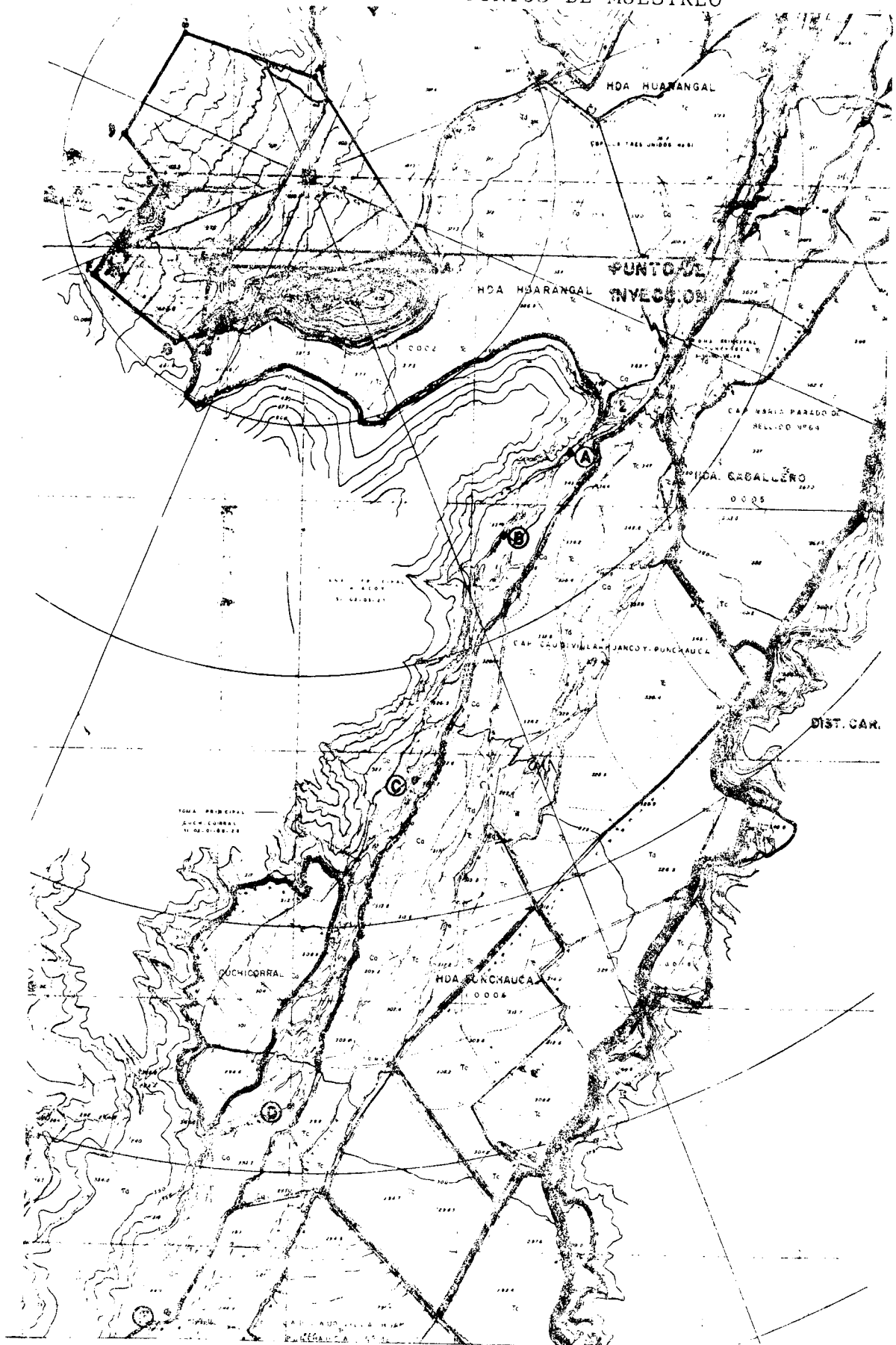


FIGURA: 3

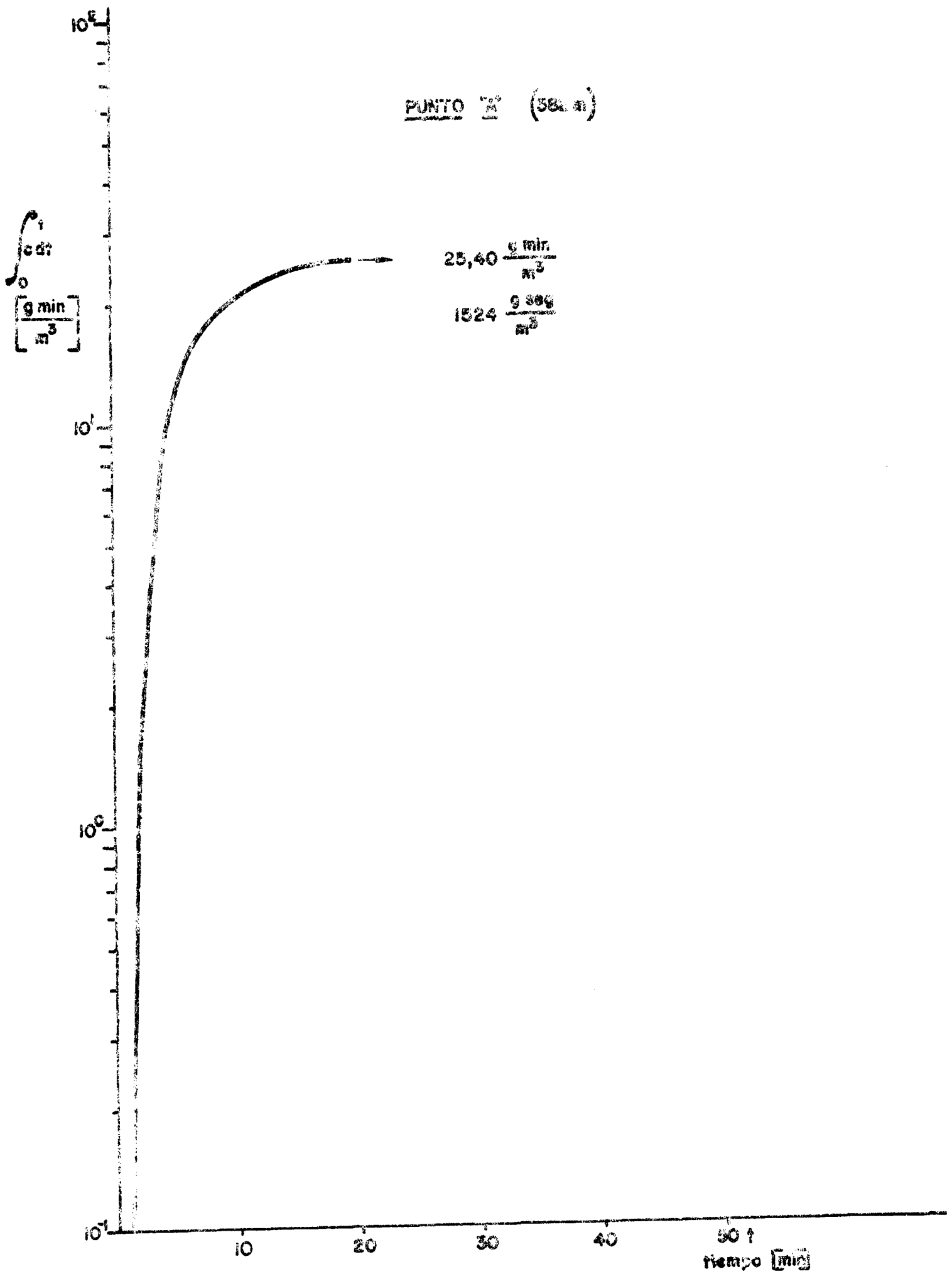


FIGURA: 4

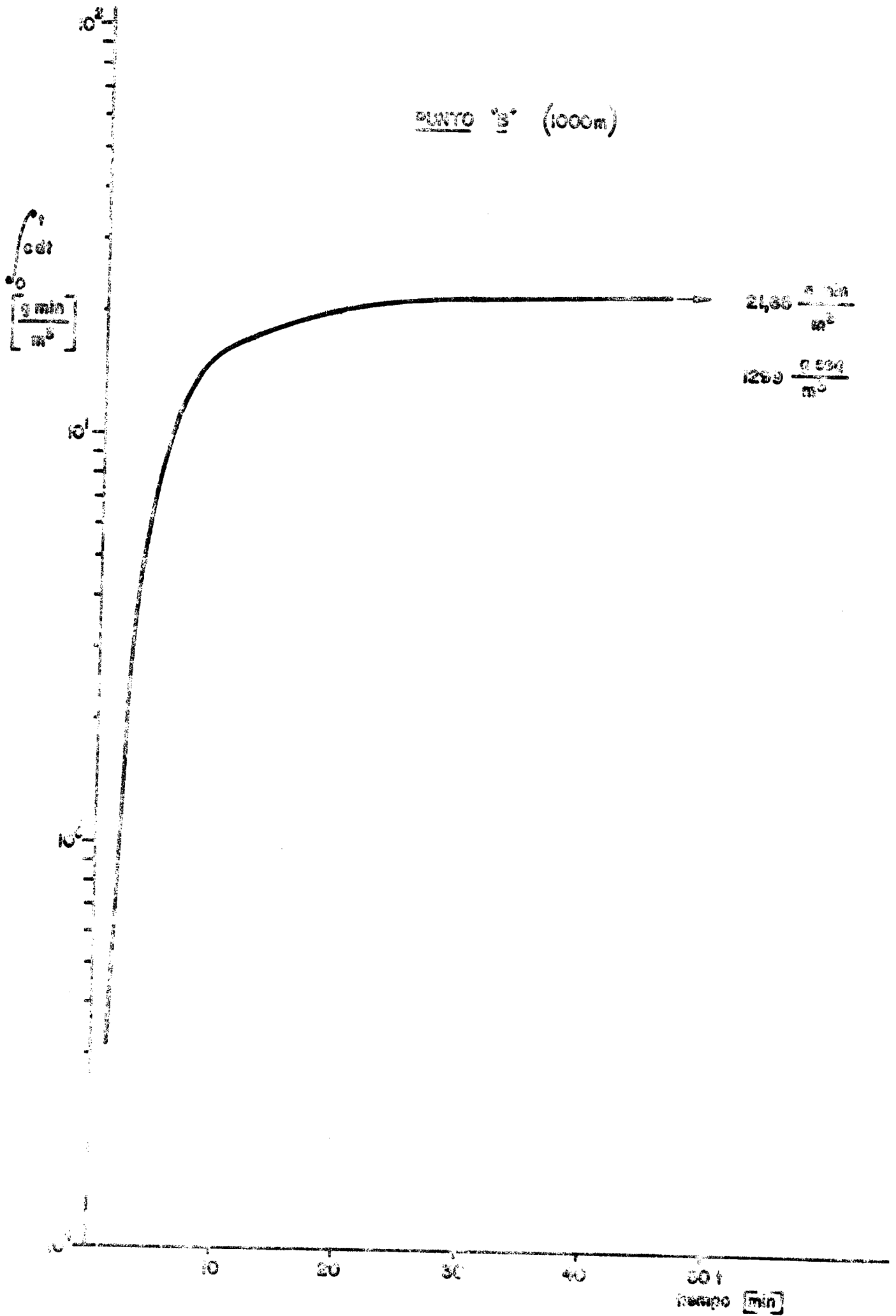


FIGURA: 5

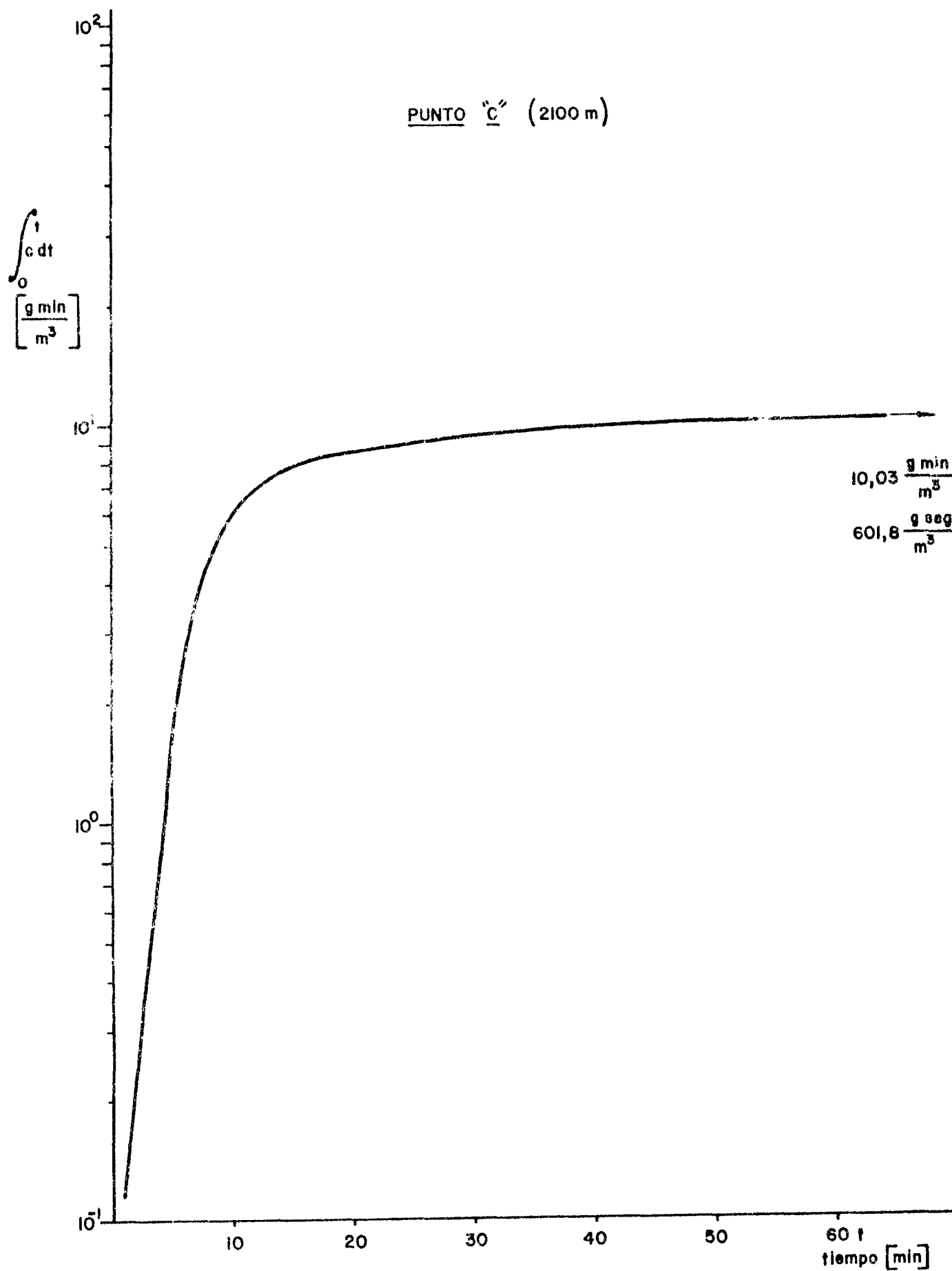


FIGURA: 6

PUNTO "D" (3400 m)

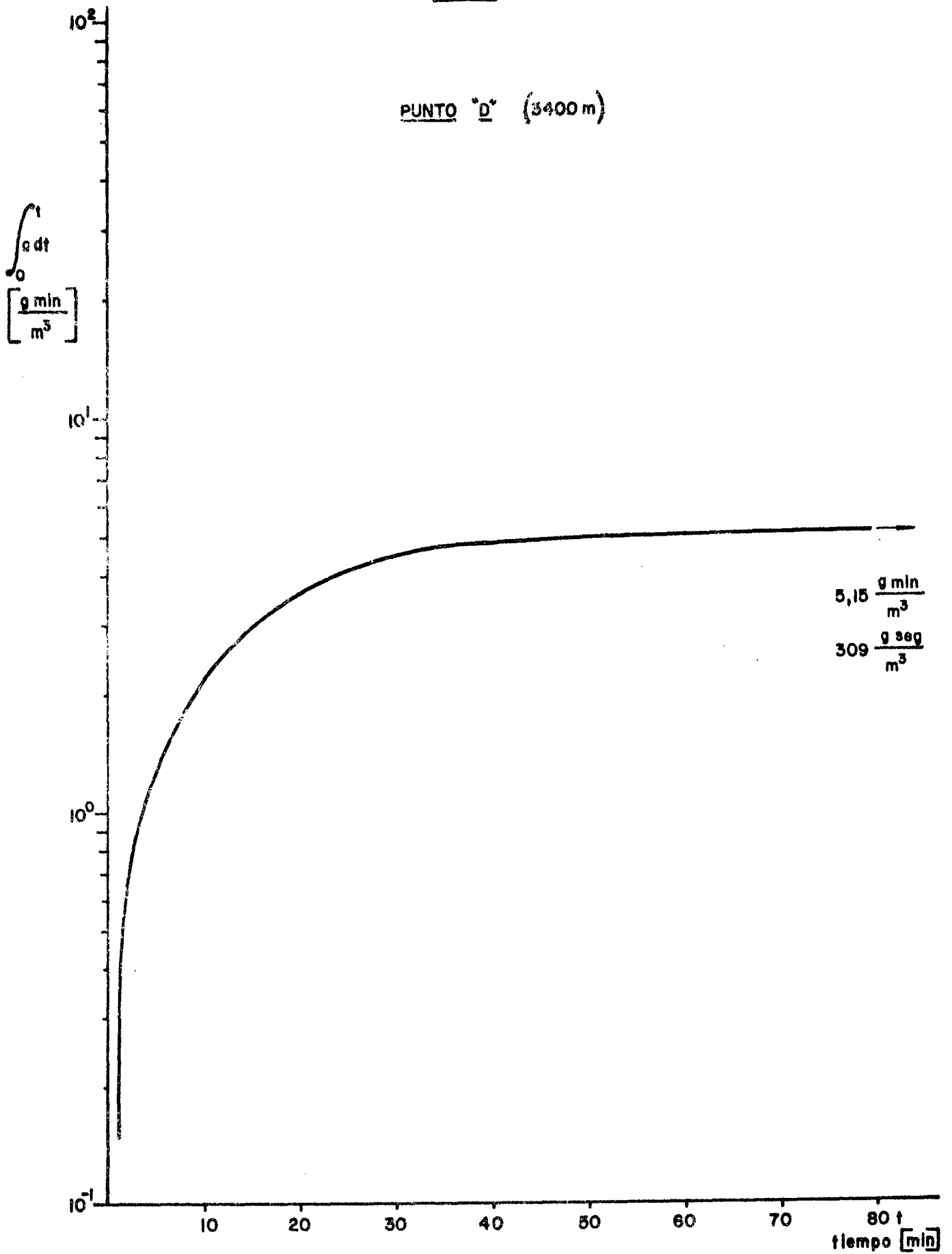


FIGURA: 7

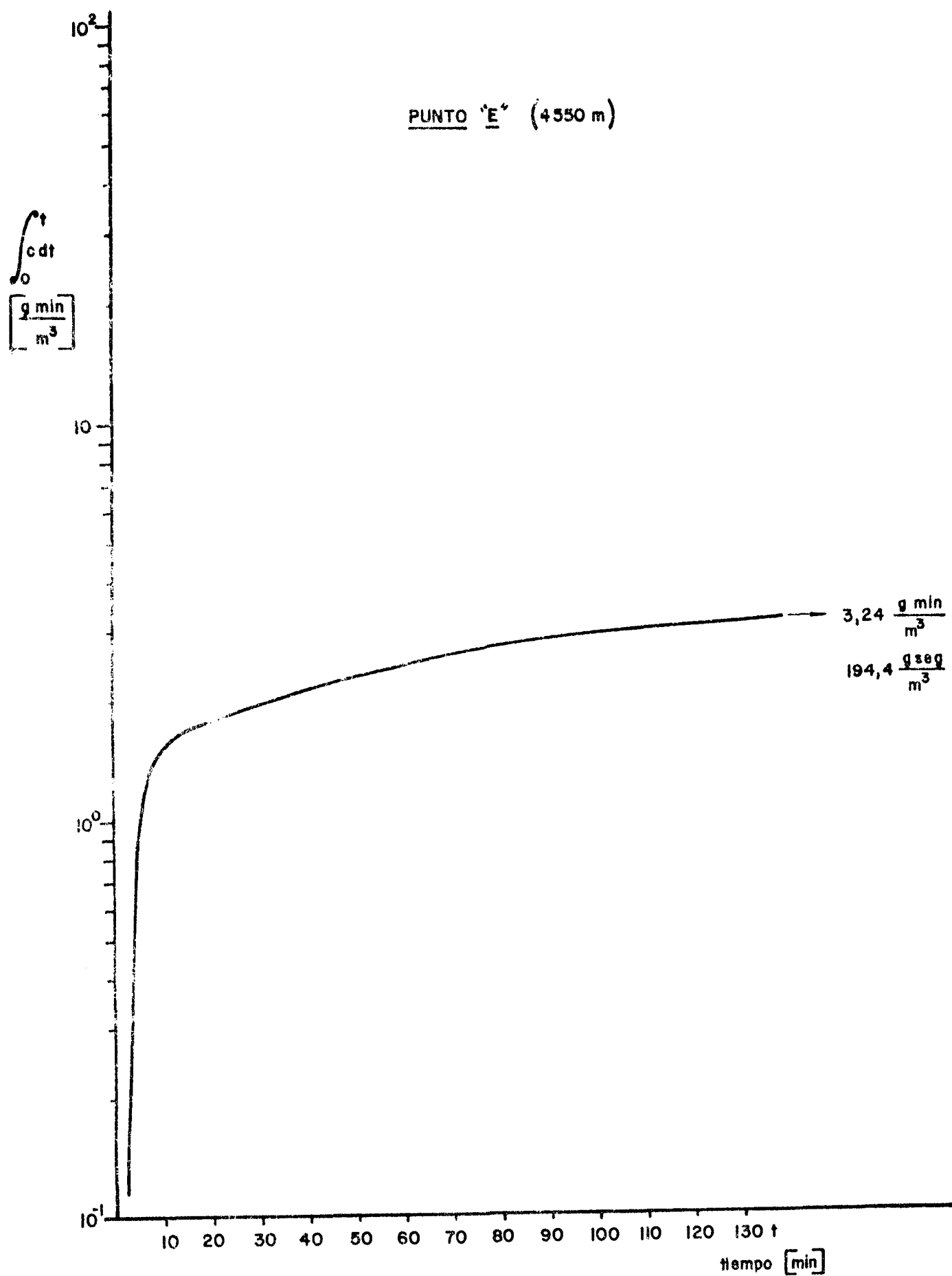


FIGURA: 8

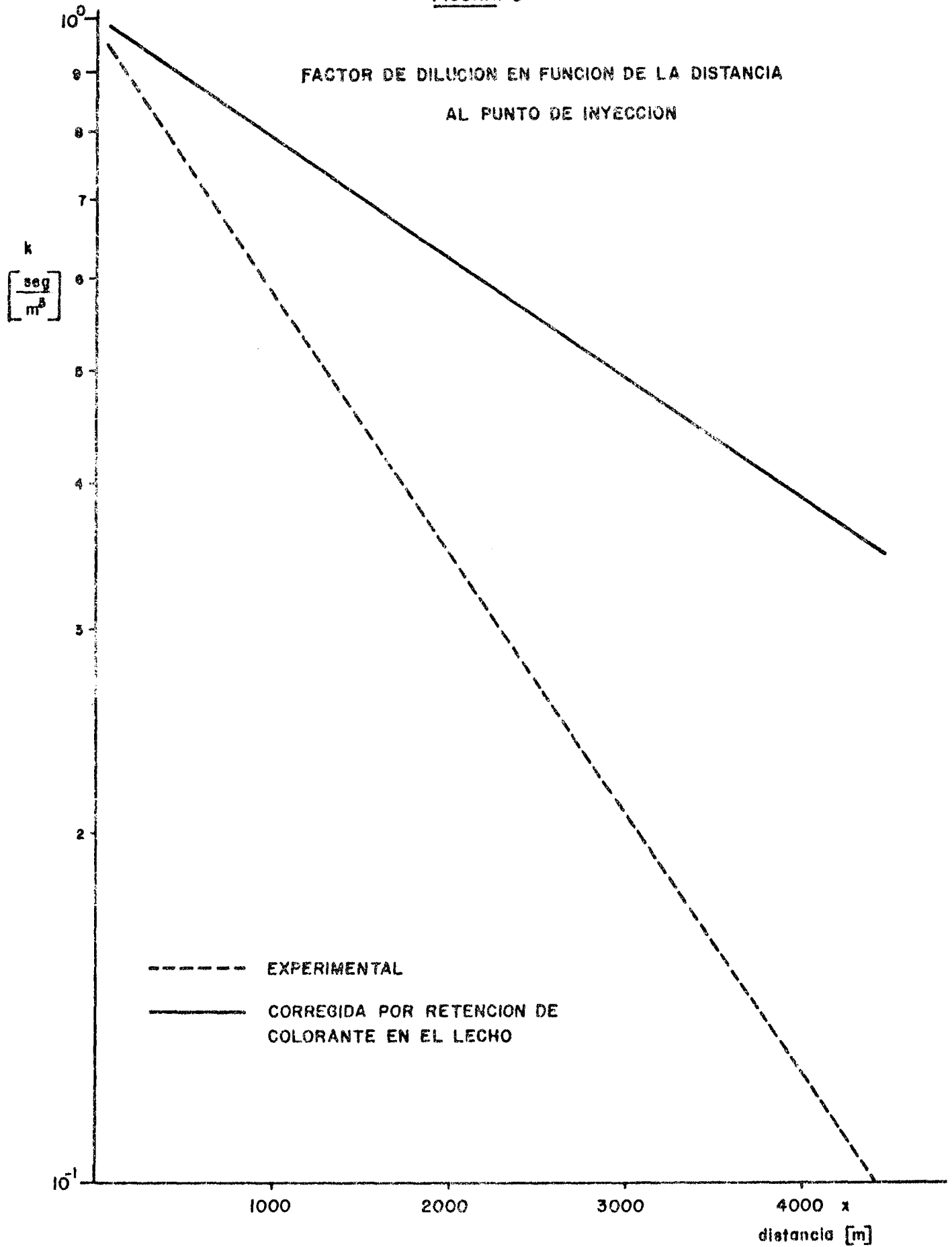
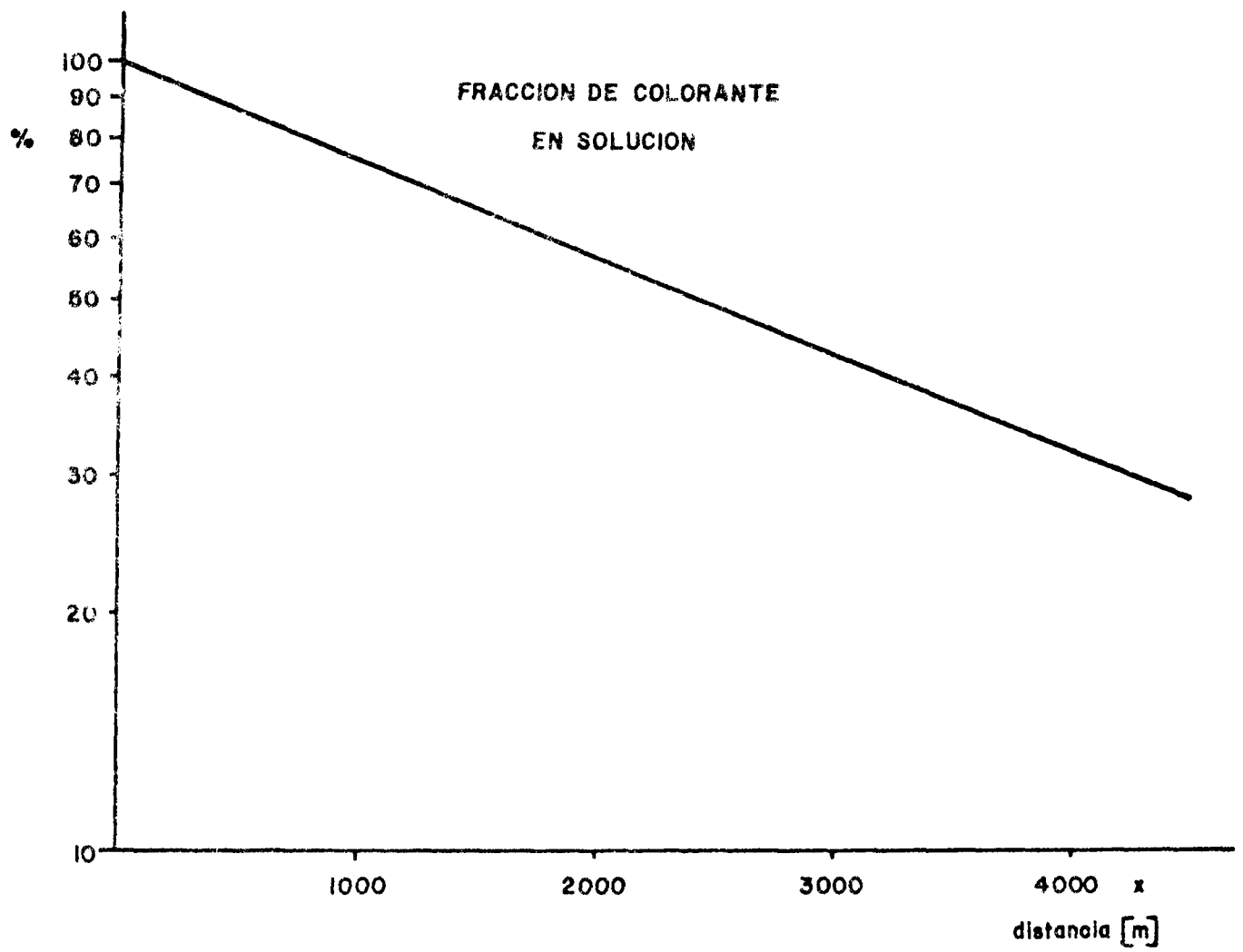


FIGURA: 9



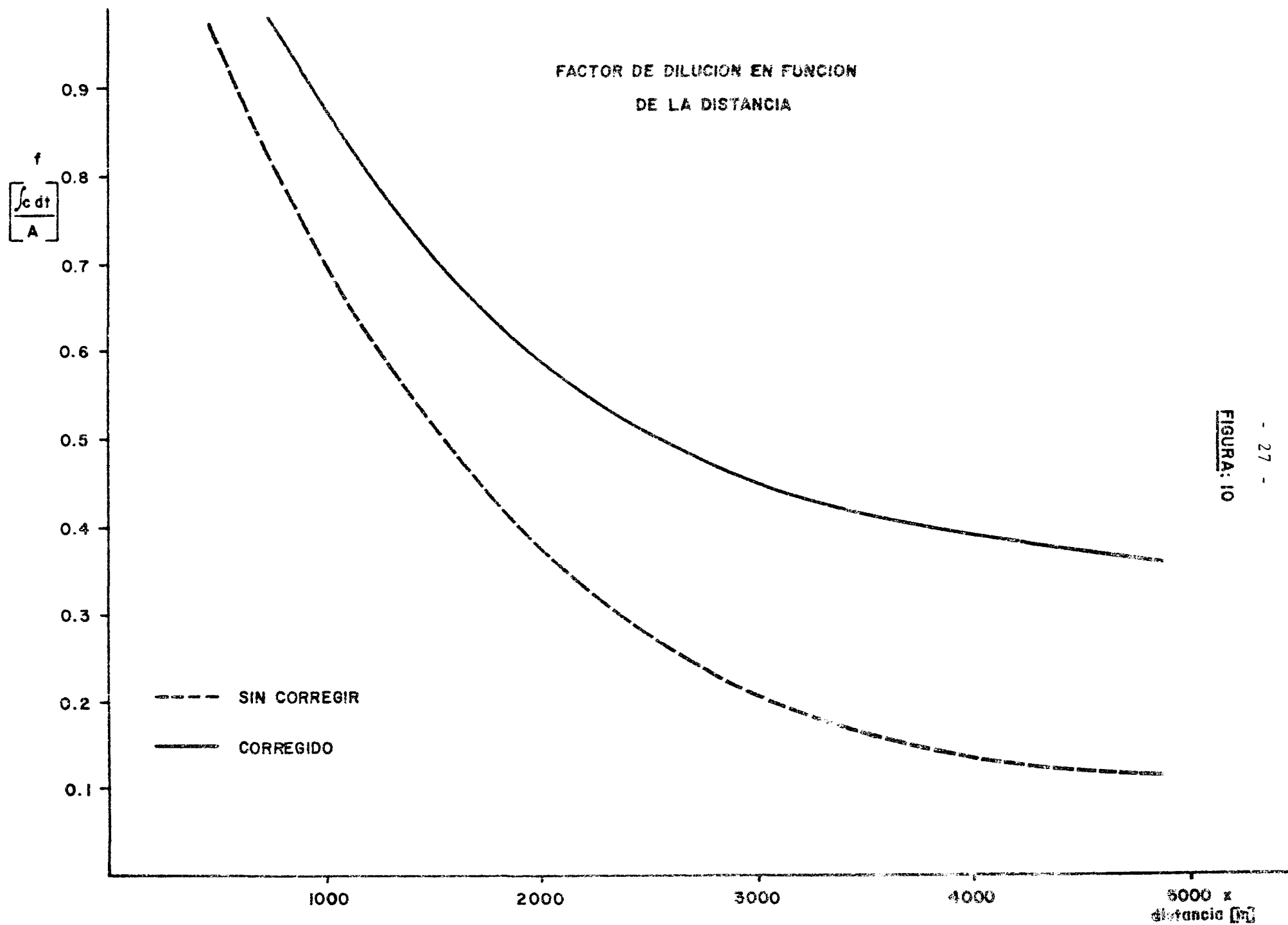


FIGURA: 10