

Microsystem - MOP\_DGA



PLA

F1039

C.A.

AFORO DEL RIO MAIPO CON TRAZADORES  
RADIATIVOS

JUAN C. LIZAMA V.

SANTIAGO, MARZO 1983.

Con fecha 5 de Enero de 1983, la Dirección General de Aguas solicitó a la Comisión Chilena de Energía Nuclear realizar un aforo del Río Maipo, mediante trazadores radiactivos.

Los aforos se realizaron mediante el método de integración el día 17 de Enero de 1983, en horas cercanas al caudal máximo diario.

En este informe se presentan algunos aspectos teóricos de las técnicas de aforo con trazadores radiactivos, el método experimental utilizado y los resultados obtenidos.

1.- ASPECTOS TEORICOS

Los métodos de medición del caudal con trazadores, son analizados en diversas publicaciones (1, 2), en el caso de estas experiencias se ha utilizado el llamado método de integración que se describe a continuación.

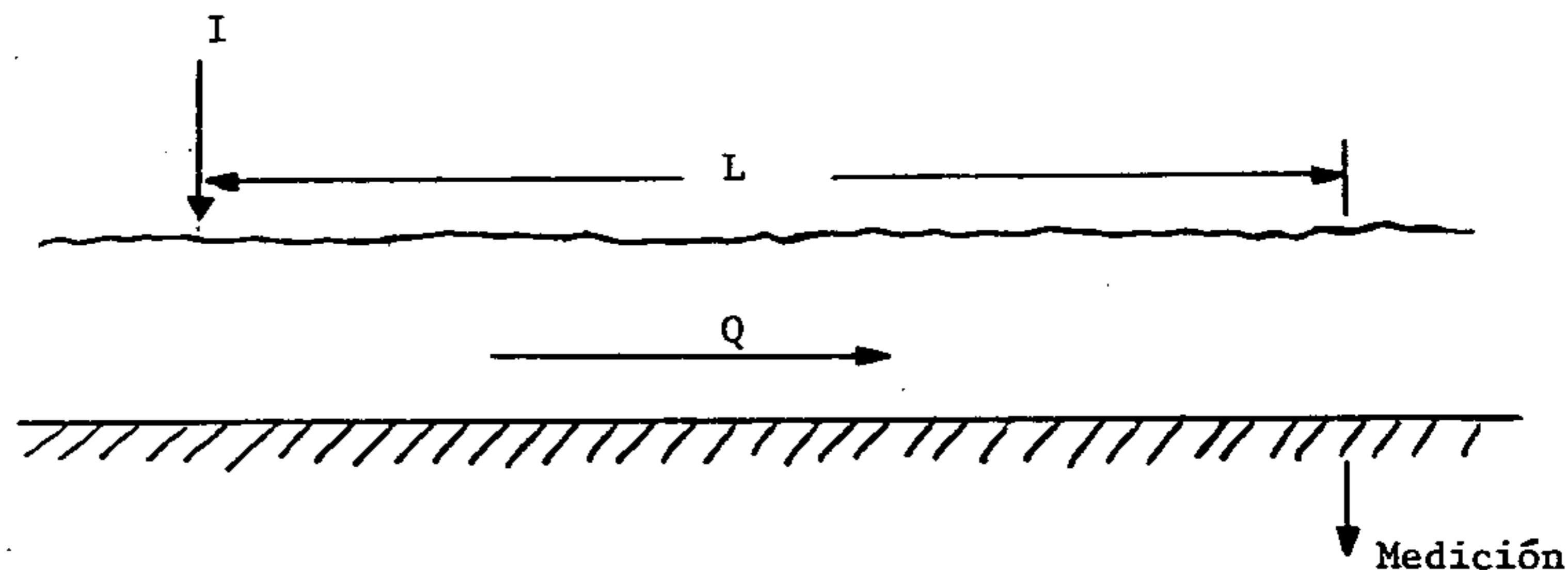


Fig. 1. Sistema de medición

Si se realiza una inyección de trazador radiactivo, con una actividad  $I$ , a un curso de agua (Fig. 1) es posible obtener el caudal  $Q$ , realizando un balance de trazador entre los puntos de inyección y medición, ubicado este último aguas abajo del primero.

El balance establece que :

$$Q = \frac{I}{\int_0^{\infty} C dt} \quad (1)$$

La distancia entre las estaciones de inyección y detección  $L$ , debe cumplir con la exigencia de que permite tener buena mezcla en la sección de medición, de modo que la integral  $\int_0^{\infty} C dt$  sea independiente del punto de la sección en que es medida la concentración  $C$ .

Hull (2) propone que :

$$L \geq a Q^{1/3} \quad (2)$$

donde  $L$  está expresado en metros y  $Q$  en  $m^3/\text{seg}$ .

Los valores de  $a$  dependen de la forma y lugar en que se realice la inyección.

Para inyecciones puntuales se ha determinado :

$a = 200$  para inyección en la orilla de la corriente.

$a = 50$  para inyección en el centro de la corriente.

Volviendo a la ec. (1) se observa que el cálculo del caudal  $Q$ , requiere de la evaluación de la expresión  $\int_0^{\infty} C dt$ . A continuación se presentan los 2 métodos utilizados.

#### 1.1. Derivación en un bidón

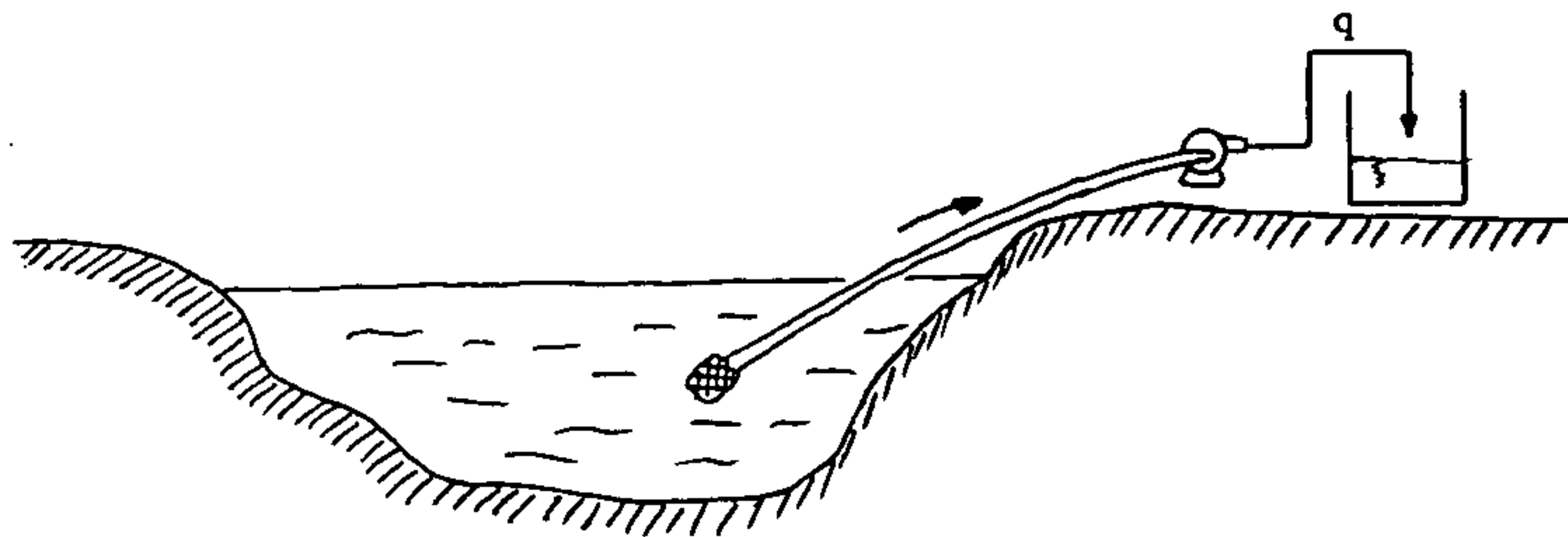


Fig. 2. Estación de bombeo.

Este método consiste en derivar un pequeño caudal  $q$ , desde la corriente principal, durante el paso de la nube de trazador (Fig. 2).

Llamando  $i$  a la actividad recolectada en el bidón en un tiempo  $T$ , se tiene

$$i = \int_0^{\infty} q C dt = q \int_0^T C dt \quad (3)$$

notando que en la ecuación (3) se ha considerado  $q$  constante y que para tiempos mayores que  $T$  la concentración es nula.

Reemplazando en ec. (4) se tiene :

$$Q = \frac{I}{i/q} = \frac{I}{i} q \quad (4)$$

En la ecuación (4) los valores de  $I$  y  $q$  son conocidos previo a la realización de la experiencia, mientras que el cálculo de  $i$  necesita de una calibración del detector usado, de modo de relacionar la tasa de conteo medida en el bidón con la actividad que existe en éste.

La calibración se realiza en el laboratorio introduciendo al bidón muestras de actividad conocida  $i$  y midiendo la tasa de conteo  $R$ . Se obtiene que se puede definir un factor  $F$  tal que :

$$F = i/R \quad (5)$$

Obteniéndose finalmente que el caudal es :

$$Q = \frac{I q}{R F} \quad (6)$$

1.2. Detector Sumergido en la Corriente

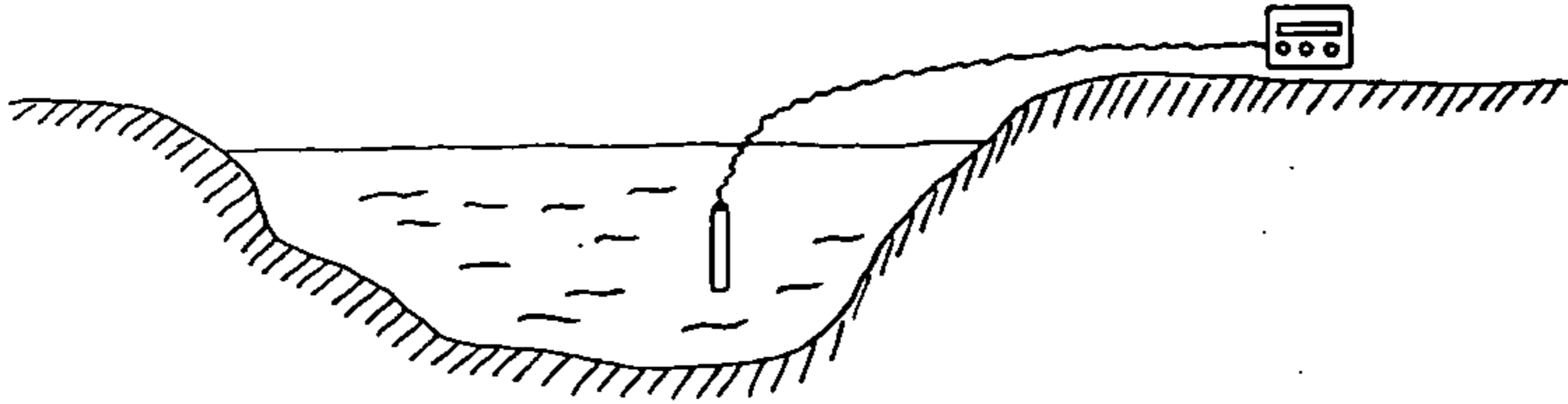


Fig. 3. Estación con detector sumergido.

En este caso se instala un detector en la corriente, midiéndose la nube de trazador en forma continua. Se obtiene la distribución de tasa de conteo en función del tiempo (Fig. 4).

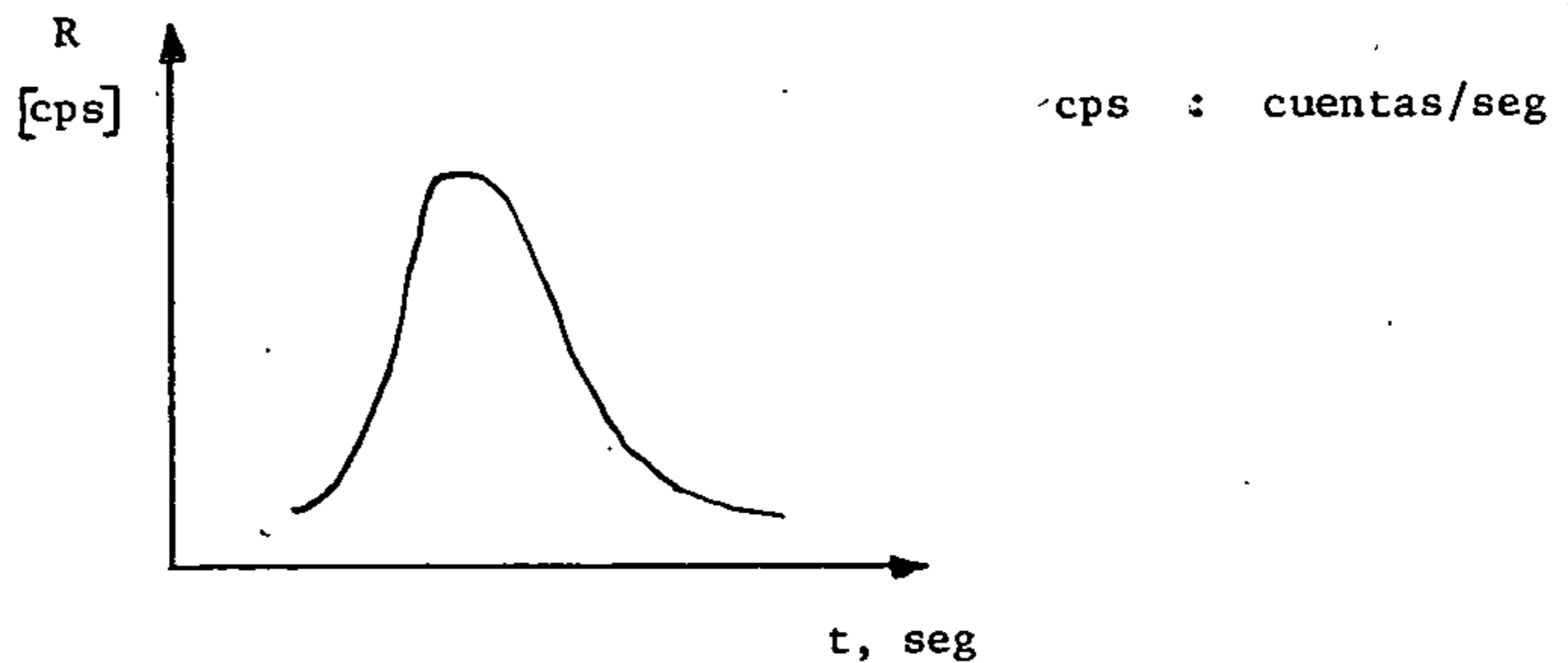


Fig. 4. Curva experimental.

La tasa de conteo  $R$  se relaciona con la concentración de trazador mediante un factor geométrico  $F_0^-$ , que se obtiene en el laboratorio.

entonces :

$$F_o = \frac{R}{C} \quad (7)$$

Con este factor y la curva experimental se obtiene :

$$\int_0^{\infty} C dt = \frac{1}{F_o} \int_0^{\infty} R dt \quad (8)$$

por lo tanto el caudal resulta :

$$Q = \frac{I F_o}{\int_0^{\infty} R dt} \quad (9)$$

## 2.- METODO EXPERIMENTAL

Una visita al río permitió definir la zona experimental programándose 2 inyecciones de Br82 en el Río Maipo aguas arriba de la confluencia con el Río Colorado.

La cantidad de trazador a utilizar fue calculada mediante un modelo de dispersión axial y considerando valores aproximados de caudal, velocidad lineal y coeficientes de mezclado. El criterio de selección de la actividad a inyectar, considera el minimizar los riesgos radiológicos en las zonas en que el agua es utilizada o esté en contacto con personas (por ej. la Planta Vizcachas) y el de obtener niveles de concentración detectables en las estaciones de aforo. Se concluyó que para las condiciones analizadas 1 Curie de Br82 permitía obtener buenos resultados.

El trazador fue preparado por el Depto. de Producción y se entregó como una solución de KBr en frascos de 20 ml cada inyección. Este fue transportado desde el Centro Nuclear al punto de inyección en un vehículo diseñado para estos fines.

Las inyecciones se realizaron mediante un inyector de impacto, la operación consistía en extraer el radioisótopo mediante pinzas ( $\sim 1.5$  mt) desde el blindaje de plomo y colocarlo en el canastillo del inyector, este canastillo se acopló a un tubo por donde era posible deslizar una varilla metálica. Una vez que el canastillo que contenía el frasco estaba acoplado al tubo, se sumergió levemente y se procedió a quebrar el frasco golpeándolo con la varilla logrando que el trazador se dispersara en el agua.

Posteriormente los elementos usados en la inyección se guardaron en bolsas plásticas en las que fueron transportadas al Centro Nu -



clear.

Aguas abajo de la inyección se seleccionaron 2 puntos de detección : Estación de aforo El Manzano a una distancia aproximada de 1.5 Km del punto de inyección, aguas abajo de esta estación a unos 5.5 Kms aproximadamente; se instaló una estación de bombeo. En la primera estación se instaló una sonda con cristal de NaI de 1 x 1 1/2" sumergida en la corriente de agua, la sonda fue conectada a un Integrador IPP4, escalímetro y printer NARDEAUX para obtener en una cinta de papel la medición de la tasa de conteo en función del tiempo.

En la estación de bombeo; se instaló una motobomba para extraer un caudal pequeño y recibirlo en un bidón de 60 lts. A unos 300 mts. aguas arriba; se instaló una sonda conectada a un detector SPP2 para detectar el instante en que la nube de trazados comienza a pasar frente a la estación de bombeo y en ese instante iniciar el llenado del bidón. Una vez que el bidón ~~se~~ llenó se procedió a efectuar la medición con un equipo similar al descrito anteriormente, la sonda se introdujo al bidón por un orificio superior sumergiéndose en el volumen de agua y posteriormente se midió la tasa de conteo.

3.- RESULTADOS EXPERIMENTALES

En las Tablas 3.1. y 3.2. se presentan los resultados obtenidos en las mediciones realizadas el 17 de Enero de 1983 en las horas que se indican.

Tabla 3.1. Caudal en estación El Manzano.

Hora	Actividad I	$\int_0^x \frac{R}{dt}$	Fact. Calib., $F_0$	Caudal, Q
-	mCi (*)	Cuentas	CpS/(m <sup>3</sup> /seg)	m <sup>3</sup> /seg
21:00	1119,9	88317,8	40634,4	515,3
22:45	1082,1	84268,8	40634,4	521,8

(\*) al tiempo de inyección.

Las curvas de pasada del trazador se presentan en las Figs. 5 y 6.

Tabla 3.2. Caudal en estación de bombeo.

Hora	Actividad I	Caudal deriv., q	Conteo R	Fact. Calib., F	Caudal, Q
-	mCi (*)	m <sup>3</sup> /seg x 10 <sup>4</sup>	cps	mCi/cps x 10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup> /seg
21:00	1096,4	1,2586	101,6	2,6713	508,4
22:45	1062,8	0,6217	45,8	2,6713	539,3

(\*) al tiempo de medición del bidón.

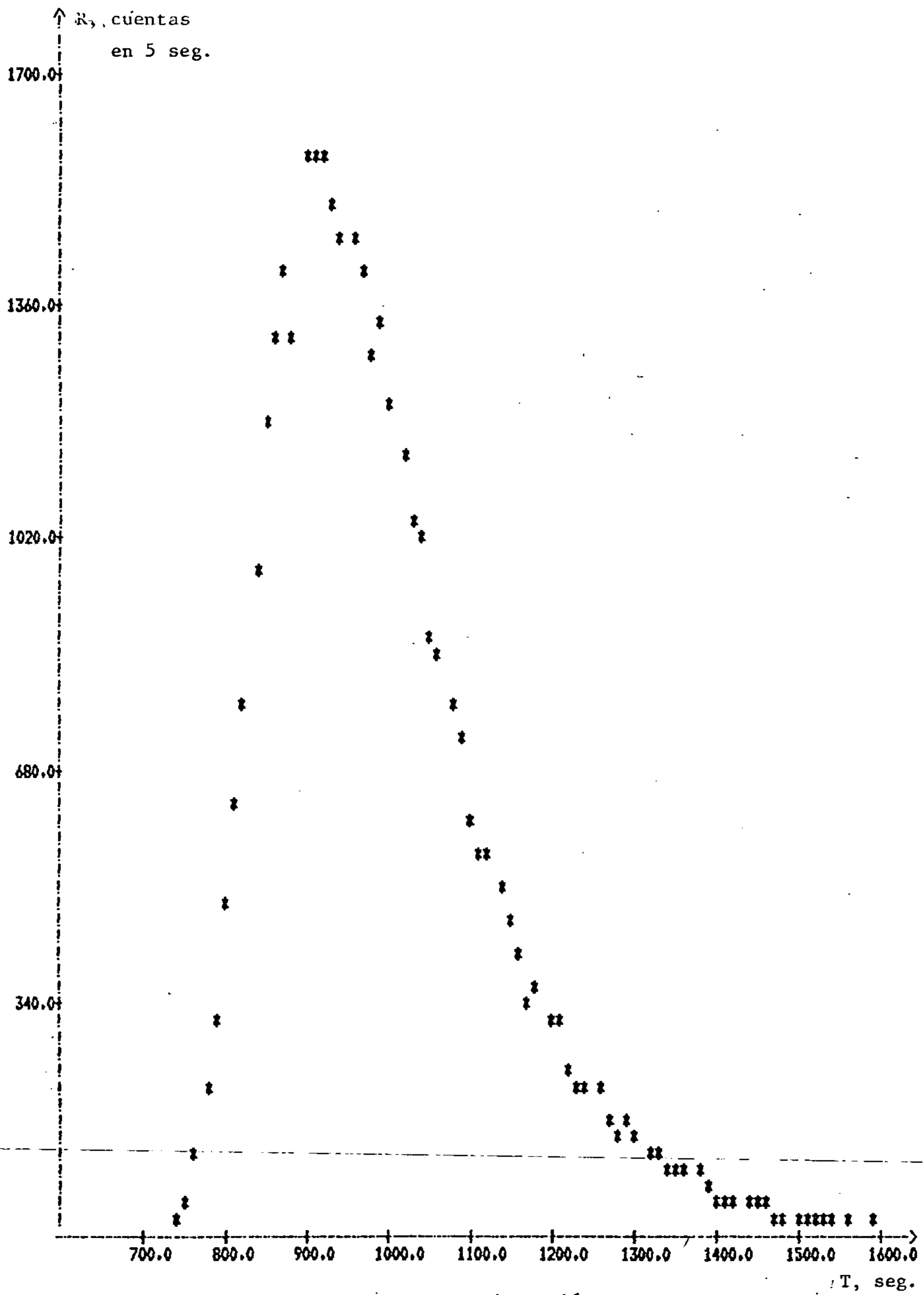


Fig. 5. Curva de pasada, inyección  $\mu_1$ .

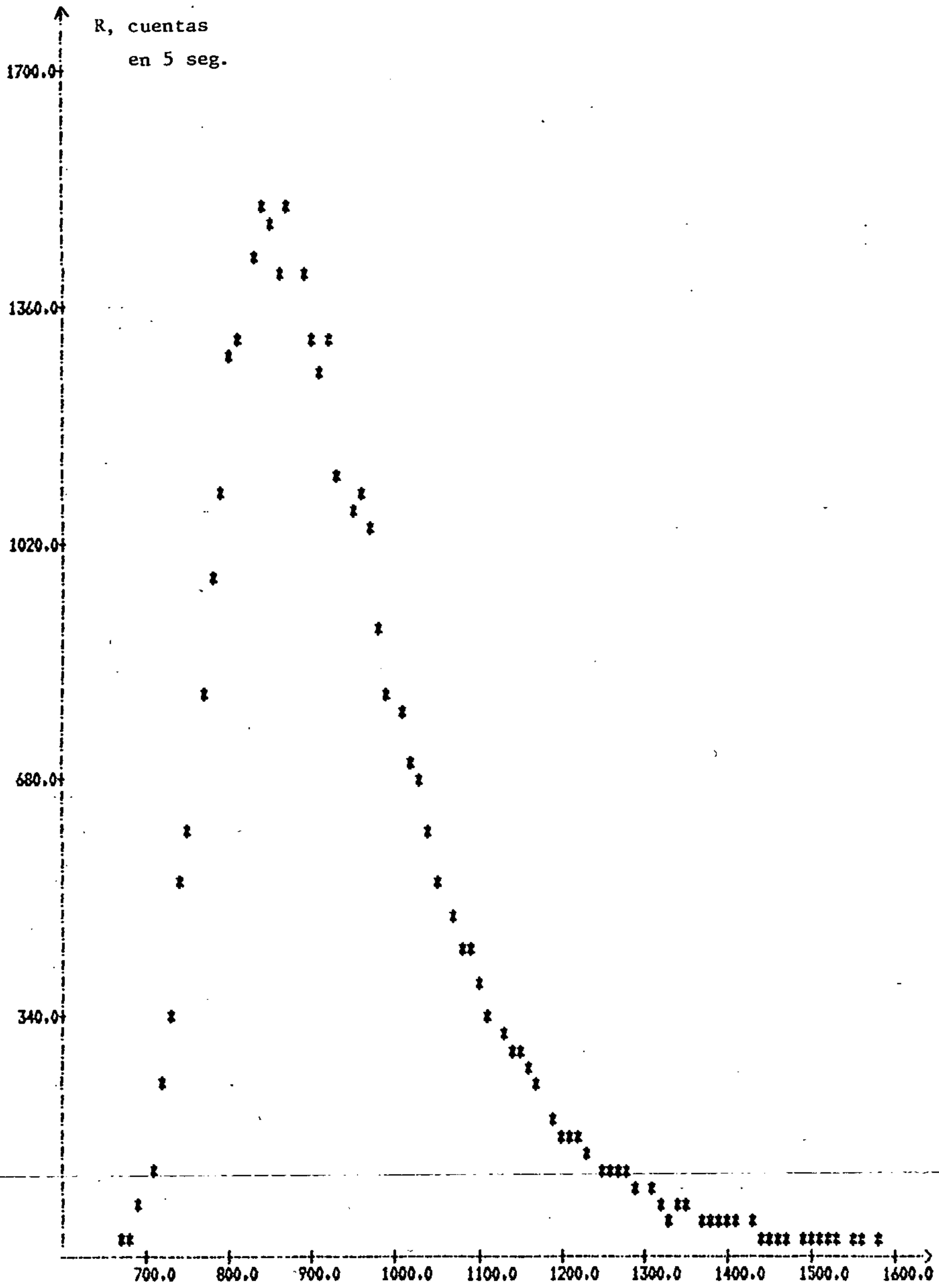


Fig. 6. Curva de pasada, inyección 2.

T, seg.

## CONCLUSIONES

- 1.- El método de aforo con trazadores radiactivos, permite trabajar en el rango de caudales altos y en cursos de agua con alta turbulencia sin riesgo para las personas que efectúan el aforo.
- 2.- Bajo estas condiciones de caudal y turbulencia, los métodos tradicionales implican un alto peligro para el personal involucrado.
- 3.- Los resultados obtenidos permiten concluir que el método presenta una alternativa confiable en el cálculo del caudal, ya que siendo los métodos utilizados independientes uno del otro, se obtienen caudales similares para una misma medición, se observan diferencias entre un 1 y 3% que están dentro del rango de error del método.
- 3.- Desde un punto de vista práctico es más fácil efectuar el aforo con un detector sumergido ya que se minimiza la infraestructura necesaria para las experiencias y se evita la manipulación de equipos en contacto con el agua. Si se logra reproducir la geometría de detección que se tiene en el terreno y obtener un factor de calibración  $F_0$  confiable, el método con detector sumergido presente ventajas respecto a la derivación en un bidón.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Plata, Antonio.  
Isótopos en Hidrología, Ed. Alhambra, S. A. 1<sup>era</sup>. Ed. 1972,  
p.p. 76 - 89.
  
- 2.- D. E. Hull.  
Dispersion and Persistence of Tracer in River Flow Measurement.  
Int. J. App. Rad. Isotop, Vol 13, 1962, p.p. 63 - 73.

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00003 9503