



MX070078

AGUILAR, MARIA DEL CARMEN  
ESTUDIO DE SENSIBILIDAD Y APLICACION DE  
ALGUNOS TRAZADORES DE EMPLEO EN TRABAJOS  
HIDROLOGICOS.

Borrador

20. 5. 80

TRABAJO REALIZADO POR

QUIM. MARÍA DE CARMEN AGUILAR

PROYECTO: 20402

20

## ESTUDIO DE SENSIBILIDAD Y APLICACION DE ALGUNOS TRAZADORES DE EMPLEO EN TRABAJOS HIDROLOGICOS

Dentro de la Gerencia de Aplicaciones Industriales, particularmente en el departamento de Hidrología, en el ININ se tienen planteados diversos problemas en el estudio de -- aguas subterráneas y aguas superficiales, que ya sea de mane ra particular, o en colaboración interinstitucional (SARH, CFE, UNAM) se ve la necesidad de resolver. Así pues en el afán de preveer y encontrar una solución de aplicación gene ral y específicamente en estudios de: Interconexión en acuíf eros, gastos y contaminación nos avocamos a este trabajo.

Dada la amplitud del problema planteado, se ha pre tendido atacar una de las partes medulares que se tienen en éste tipo de estudios: La evaluación del trazador aplicado. Que presenta dos aspectos generales:

- a) Método de determinación.
- b) Aplicabilidad dependiendo del tipo de terreno que se tenga en la corriente a aplicarse.

Este estudio pretende de acuerdo a: la sensibili dad alcanzada con cada uno, y la evaluación de algunos otros parámetros como tiempo empleado, costo y sobre todo factibi lidad de realización a nivel de campo, presentér alguna al ternativa para el uso de ellos.

### CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE TRAZADORES

#### Definición y Clasificación:

Con el nombre de "trazadores" se designa en general a cualquier producto que incorporado a la masa de una subs tancia permite investigar el comportamiento de esta en un de terminado proceso físico o químico. Si bién, el empleo de tra zadores en hidrología se remonta a un siglo\*; más, su empleo se restringe a una época muy reciente. Se han empleado diver sos trazadores, unas veces adicionadas expresamente al agua, y otras aprovechando determinadas substancias incorporadas a estas como consecuencia de formaciones naturales o de deshe chos accidentales, basándose en el comportamiento de estos tra-

\* Selon Palo✓ (1975) la primera experiencia rigurosamente rea lizada fue 1877 por Kropp u Ten Brink con la ayuda de 10 ton de NaCl y 10 Kde fluoresceína.

zadores puede deducirse determinados parámetros hidráulicos, para ello es condición fundamental que dicho comportamiento sea igual o cuando menos parecido al agua.

Los trazadores más utilizados:

a) NO ISOTOPICOS

Compuestos químicos solubles en agua — } iónicos  
y de fácil identificación } colorantes

b) TRAZADORES ISOTOPICOS

1. Trazadores radiactivos expresamente adicionados
2. Trazadores activables formados por sustancias no radiactivas cuya concentración se determina mediante  $A \times A$ .
3. Trazadores radiactivos naturales.
4. Isótopos estables del agua.

Condiciones del trazador ideal para hidrología.- Un trazador ideal para usos hidrológicos debería cumplir las siguientes condiciones:

1) El comportamiento del trazador en el proceso que se pretenda investigar, debe ser idéntico al del agua, es decir, el trazador y el agua deben desplazarse a la misma velocidad (fidelidad del marcado). Esta condición exige a su vez lo siguiente:

a) El trazador no debe experimentar con el agua reacciones químicas que puedan interferir en su identificación posterior.

b) No deben reaccionar químicamente con los materiales del medio.

c) No deben ser absorbidos por los materiales sólidos del medio.

d) En el caso de trazadores iónicos, no deben producirse funciones de intercambios con los átomos del mismo tipo existentes en el medio.

e) La cantidad de trazador a utilizar para una experiencia no debe modificar, de forma significativa la densidad, viscosidad, o temperatura del medio, a fin de que no se produzca alteraciones en el flujo natural.

f) Los fenómenos de dispersión y difusión del trazador debe ser igual que los correspondientes a las moléculas del agua.

2) Si se trata de un trazador que debe ser adicionado expresamente al agua, ésta no debe contener nada del mismo o solo una concentración tan baja que no interfiera en los resultados.

3) Si se aprovecha como trazador una sustancia -- existente en el agua como consecuencia de un proceso natural o

accidental ajeno al hidrológico su concentración no deberá modificarse durante el fenómeno en estudio por interacción con los materiales sólidos del medio.

4) Debe ser fácilmente soluble en el agua.

5) Permitir factores de dilución muy elevados, es decir, con una cantidad de trazador razonablemente pequeña, han de poder marcarse volúmenes muy grandes de agua.

6) En muchos casos, es condición importante que el trazador pueda medirse in-situ, es decir, sin que sea necesario llevar a cabo toma de muestras. El equipo de medida debe ser robusto, barato y de reducidas dimensiones.

7) No debe contaminar el medio durante largos períodos de tiempo a fin de que no interfiera en otras experiencias futuras.

8) Debe ser de bajo costo, de fácil manipulación e inocuo para los seres vivos.

No existe un trazador que cumpla a la perfección todas estas condiciones, pero unos se acercan a ellas más que otros. Debido a la gran diversidad de problemas para los que se utilizan los trazadores no es posible seleccionar un trazador universal que se adapte satisfactoriamente a todos ellos. En general se pueden distinguir dos situaciones distintas según que se trate de aguas superficiales o subterráneas. En el primer caso las condiciones exigidas al trazador son más suaves, debido al escaso contacto existente entre el agua y los materiales sólidos del medio, a las facilidades existentes para la toma de muestras y, en algunos casos a las velocidades tan elevadas de los flujos, y por lo tanto a la corta duración de los ensayos. Son numerosos los trazadores, isotópicos y no isotópicos, que dan buenos resultados, con aguas superficiales.

En cambio cuando se trata de aguas subterráneas que circulan a través de medios porosos siguiendo trayectorias tortuosas, las condiciones exigidas al trazador son muy severas. Ello es motivado por las siguientes razones:

a) La posibilidad de retención del trazador por los materiales sólidos del medio es muy elevada debido por una parte, al intenso contacto del agua con los materiales y, por otra, a la lentitud de los flujos existentes.

b) Los cambios motivados en la velocidad del agua por la desigual distribución del tamaño de los poros y de las fuerzas de razonamiento en el interior de los mismos ocasionan una dispersión longitudinal y transversal del trazador, que no coincide exactamente con la experimentada por las moléculas del agua. Ello ocasiona diferencia en el transporte de ambos productos que pueden llegar a ser significativos, cuando el flujo del agua es pequeño.

c) Diferencias de transporte se ocasionan también como consecuencia de la difusión molecular y osmótica del trazador.

TRAZADORES NO ISOTOPICOS.- Podemos distinguir dos tipos distintos:

a) Trazadores químicos: como cloruro sódico, fenoles, ácido bórico, detergentes, etc.

b) Colorantes: fluoresceína, dicromato potásico, rodamina B, eosina, rojo de congo, azul de metileno, anilina y algunas otras.

Todas ellas tienen como inconveniente la contaminación del agua, de manera permanente.

Dentro del grupo de trazadores químicos, es el ión cloruro el que ofrece mayor interés. Su retención por los materiales sólidos es prácticamente inexistente y su determinación es sencilla, y puede ser medida in-situ por técnicas CONDUCTIMÉTRICAS, sin embargo presenta el inconveniente de encontrarse siempre presente en el agua.

Dentro de los colorantes, el dicromato de potasio se utiliza con cierta frecuencia para aforar corrientes superficiales. Presenta el riesgo de ser reducido, parcialmente a Cr trivalente por las sustancias reductoras del agua, así también se emplea colorantes tales como la fluoresceína y la rodamina B.

En general los colorantes tienen una aplicación muy limitada cuando se trata de aguas subterráneas. No pueden medirse in-situ e interaccionan fácilmente con los materiales sólidos del medio.

TRAZADORES RADIOACTIVOS:

a) Trazadores radioactivos expresamente adicionados.

b) Trazadores radioactivos naturales.

a) Como trazadores radioactivos expresamente adicionados se utilizan radioisótopos, obtenidos mediante reacciones nucleares que sean fácilmente detectables por sus radiaciones emitidas. Los de mayor empleo, son las emisiones  $\alpha$  debido a la mayor penetración de ésta emisión. Las emisiones  $\alpha$  no se emplean nunca, debido a la propiedad contraria con respecto a las  $\alpha$ . En cuanto a emisiones  $\beta$  puede ser posible detectarlas in situ mediante detectores G Muller o centelleo, aunque tienen un reducido alcance y casi por ello sólo se emplea en el caso de tritio ya que por tener casi todas las condiciones exigidas a un trazador ideal, vale la pena afrontar las inconvenientes de su medida.

A pesar del elevado número de radioisótopos conocidos, sólo unos pocos son empleados como trazadores en hidrología. El precio y las posibilidades de adquisición, junto con las condiciones exigidas para usos hidrológicos, constituyen las bases principales de selección. Ningún radioisótopo puede emplearse como trazador universal, sino que su elección debe realizarse de acuerdo con las características del proceso a investigar.

a.1) Ventajas e inconvenientes:

Las ventajas de los trazadores radioactivos frente a los otros tipos, pueden resumirse en los siguientes puntos:

Extraordinaria sensibilidad de medida, lo cual permite diluciones extremas.

Posibilidad de medida in-situ.

Vida limitada del trazador que puede ser elegida a voluntad de acuerdo a la duración prevista de la experiencia.

Medida selectiva empleando espectrometría de Rayos Alfa por ejemplo.

Posibilidad de empleo de un mismo trazador sin que se modifique la sensibilidad de medida.

a.2) Desventajas:

Necesidad de autorización para adquisición y manipulación de materiales radiactivos.

En el caso de isótopos de  $T_{1/2}$  corta, éstas tienen que adquirirse y utilizarse en fechas fijas.

Equipo de medida más costoso que el utilizado con los trazadores no radioactivos.

Precio elevado del trazador, si bien, en algunos casos, resultan más barato que determinados colorantes y, en otros muchos, el precio no desempeña un papel importante.

TRAZADORES RADIOACTIVOS DE MAYOR UTILIZACION EN HIDROLOGIA. SE-  
INDICA LA RADIACION O RADIACIONES EMITIDAS CON MAYOR ABUNDANCIA

ISOTOPO	PERIODO DE SEMI- DESINTEGRACION	ENERGIA DE LAS RADIACIONES (MEV)	
		PARTICULAS $\beta$	RAYOS $\gamma$
Tritio	12, 3a	0, 018	- - -
Carbono-14	5568 a	0, 156	- - -
Sodio-24	15, 6h	1, 4....	2, 75- 1,37....
Silicio-32	500 a	0, 1	- - -
Fosforo-32	14, 3d	1, 7	- - -
Ercadio-46	84, 1d	0, 4....	0, 89- 1,12
Cromo-51	27, 8d	- - -	0, 32
Hierro-59	45 d	0, 5- 1,6	1, 1- 1,29....
Cobalto-58	71 d	0, 5- 1,3	0, 81....
Cobalto-60	5, 2a	0, 3- 1,5....	1, 17- 1,33
Zinc-65	245 d	0, 3 (B+)	1, 11
Bromo-82	36 h	0, 45....	0, 55- 0,78-0.62
Rubidio-86	18, 7d	1, 8....	1, 08
Estroncio-85	65 d	- - -	0, 51....
Estroncio-89	505 d	1, 5....	- - -
Estroncio-90	28, 1a	0, 5	- - -
Actinio-95	65, 5d	0, 4- 1,9....	0, 72- 0,76
Rutenio-103	39, 5d	0, 2- 0,7....	0, 50-0,61....
Plata-110 m	253 d	0, 09- 1,5....	0, 66-0,88....
Argimonio-124	603 d	0, 6- 2,3....	0, 60-1,69....
Yodo-131	8 d	0, 5- 1,0....	0, 54-0,16....
Bario-140	12, 8d	0, 7....	0, 32-0,47....
Oro-198	2, 7d	1, 0- 1,4....	0, 41....

## SELECCION DE LOS TRAZADORES DEL PRESENTE ESTUDIO

a) Para trazadores químicos, se tiene que desde hace un buen tiempo los colorantes químicos son los que han alcanzado mayor popularidad ya que se han empleado ampliamente en estudios de medidas de tiempo de tránsito de dispersión y de descarga. Para la valoración de los colorantes químicos empleados, el método fluorimétrico empleado por la U.S. Geological Survey, es el que ha dado mejor resultado(1).

La Rodamina B es el colorante más empleado para tiempos de tránsito y medidas de dispersión. La fluoresceína tiene un valor relativo como trazador para aguas superficiales, ya que es fotosensible, sin embargo es de ayuda incalculable para aguas subterráneas. Así pues, el estudio se encaminó a Rodamina B y Fluoresceína. El uso de trazadores como ya se dijo no es nuevo, pero el uso extenso de trazadores fluorescentes tiene alrededor de -20 años, y en nuestro país es relativamente nuevo.

En tiempos pasados se emplearon sustancias en suspensión, sales químicas y sustancias consideradas como contaminantes en la actualidad como trazadores. La fluoresceína se ha empleado ocasionalmente por más de 50 años (Dole 1906); -- Pritchard y Carpenter (1960) fueron los primeros en considerar la Rodamina B como mejor trazador para aguas superficiales, e improvisaron fluorómetros para experimentos a gran escala.

Dentro de la U.S. Geological Survey, la posibilidad del empleo de colorantes y su determinación fluorimétrica se hizo en 1961-1962 por Wright y Collings. La aplicación inicial y quizá la más ampliamente empleada, fue la medición de tiempo de tránsito en corrientes(2).

El procedimiento se adaptó a medidas de descargas -- de corrientes mediante dilución de trazadores, por Cobb y Bailey(3).

DATOS DE LOS TRAZADORES COLORANTES ESCOGIDOS PARA ESTE TRABAJO

COLOR DEL COLORANTE, FORMULA Y NOMBRE COMUN.	NOMBRES DERIVADOS DE SU PRESENTACION	FORMA ACCE SIBLE.	GRAVEDAD ES PECIFICA DE SOLUCIONES	LIBRAS POR GA LON (62°F)	COSTO POR LIBRA EN LA FORMA- DADA
	Rodamina B <sup>2</sup> Extra.	Polvo			4.95
VIOL. BASICO 10 C <sup>28</sup> H <sup>31</sup> N <sup>2</sup> O <sup>3</sup> Cl	Rodamina B <sup>2</sup>	Sol 40% (por peso)	1.12	9.34	1.90
RODAMINA B	Rodamina BA <sup>2</sup>	Sol 40% Sol 30% (en peso)	1.03 1.03	8.59 8.59	1.90 1.43

AMARILLO ACIDO 73 C <sup>20</sup> H <sup>12</sup> O <sup>5</sup>	Fluoresceina	polvo			alrededor 2.50
FLUORESCEINA					

PARA RODAMINA: Puntos importantes: Muy alta detectabilidad, costo moderado.  
Puntos débiles: Baja difusibilidad, tendencia a la absorción moderada, velocidad moderada de decaimiento fotoquímico, dá un ácido alto en solución.

PARA FLUORESCEINA: Puntos importantes: Barato, baja tendencia a la absorción, bajo efecto con la temperatura.  
Puntos débiles: Muy alta velocidad de decaimiento fotoquímico, interferencia potencialmente alta por fondo.

## PROPIEDADES DE LOS TRAZADORES COLORANTES

La propiedad sobresaliente en los trazadores colorantes escogidos, es su fuerte fluorescencia.

Otras propiedades, que afectan el empleo de los colorantes se da enseguida. Las mejores referencias en éste tema son dos por Fenerstein y Selleck (1963 a,b). (4).

Factores que afectan la fluorescencia<sup>ncia</sup>. - La fluorescencia puede variar con el solvente empleado, pero en los trazadores hidrológicos, el efecto es constante porque el solvente es básicamente sustancias químicas presentes en el agua, puede afectar la fluorescencia por otro mecanismo.

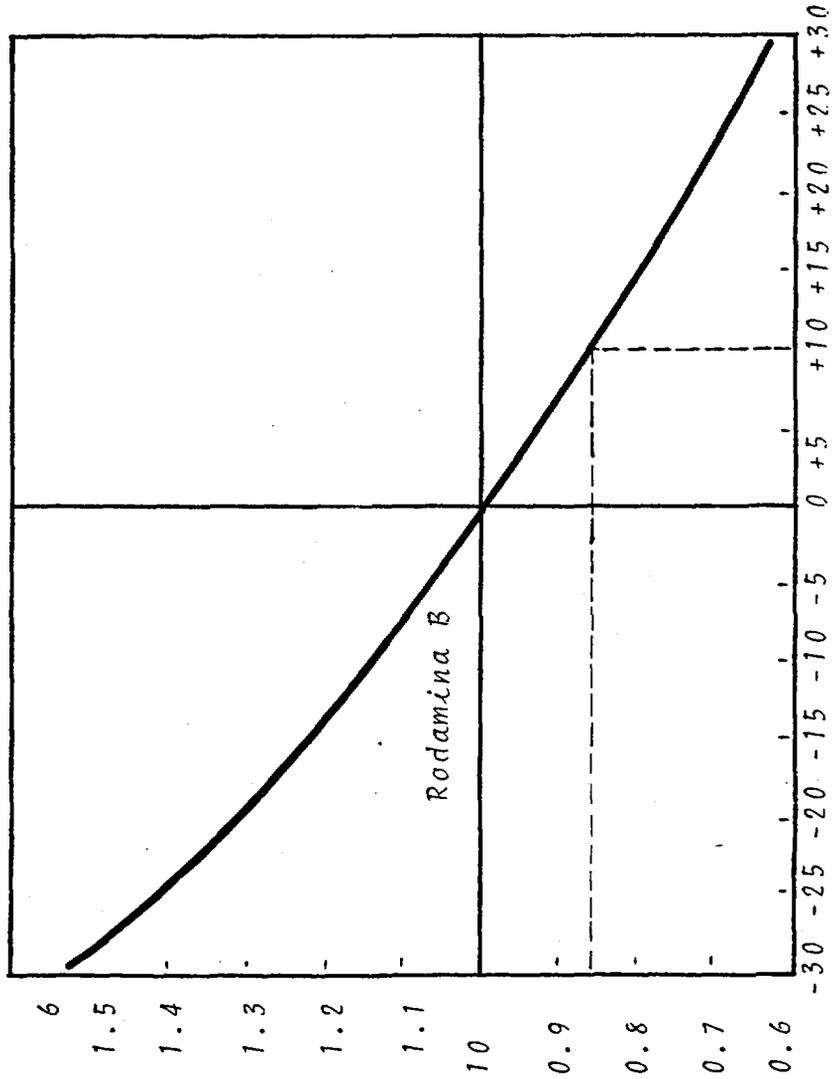
En soluciones diluidas (soluciones en las que menos del 5% de la luz de excitación se absorbe) y para un sistema - fluorimétrico dado la fluorescencia varía directamente con la concentración del colorante.

Aparte de la concentración, el factor más significativo que afecta la fluorescencia en soluciones diluidas, es la temperatura. La actividad de la fluorescencia crece (dando lecturas altas) conforme baja la temperatura, bajas lecturas se obtienen, conforme crece la temperatura. Sin embargo los efectos de la temperatura son reversibles.

Se pueden hacer gráficas del siguiente tipo:

CURVA DE CORRECCION DE TEMPERATURA, PARA RODAMINA B

Temperatura base: Temperatura a la que se hizo el ajuste del aparato.



Ejemplo:

Lec. del amperímetro: 51  
 Tem. muestra: 620  
 Temp. base: 720  
 Diferencia de Tem. +10°  
 Factor de corrección: 0.86  
 Lectura del amperímetro corregido:  $0.86 \times 51 = 44$

Diferencias de temperatura (Tem. base menos temperatura muestra en °F)

La curva de corrección para fluorescencia se puede encontrar en Feenerstein y Selleck (1963 a, p 20; 1963 b, p 8), sin embargo los factores de corrección son tan pequeños, que generalmente no es necesario.

El valor de pH de la muestra también puede afectar intensamente la fluorescencia. La fluorescencia de los colorantes de la Rodamina son estables entre PH 5-10, y baja fuera de estos límites (4). El decrecimiento de la fluorescencia debido a las variaciones de PH no es generalmente serio, excepto posiblemente en lechos de acidez alta, donde pueda ser que se obtuvo una baja recuperación del colorante. Sin embargo Feenerstein y Selleck (4), indican que ajustando el PH, la fluorescencia puede ser recuperada, esto sin embargo siempre que no haya un efecto irreversible por reacción química del ácido y el colorante.

Para propósitos del trazado, la fluorescencia puede ser afectada adversamente por "amortiguamientos" de otras sustancias químicas en solución.

Podemos tener cualquiera de los siguientes factores de amortiguamiento:

10. Luz de excitación absorbida.
20. Luz absorbida emitida por el colorante.
30. Degradación del estado excitado.

Una cuarta posibilidad, que no es un verdadero amortiguamiento es donde el amortiguador puede cambiar químicamente el compuesto fluorescente. Por ejemplo el cloro es un buen agente amortiguante para los trazadores colorantes, por esta razón no se puede emplear agua clorada para las soluciones patrón.

Un quinto efecto semejante al verdadero amortiguamiento se tiene por amortiguamiento de concentración, o sea a altas concentraciones de colorante se obtiene un efecto de barrido tanto de la luz de excitación como la emitida. Esto se elimina por dilución.

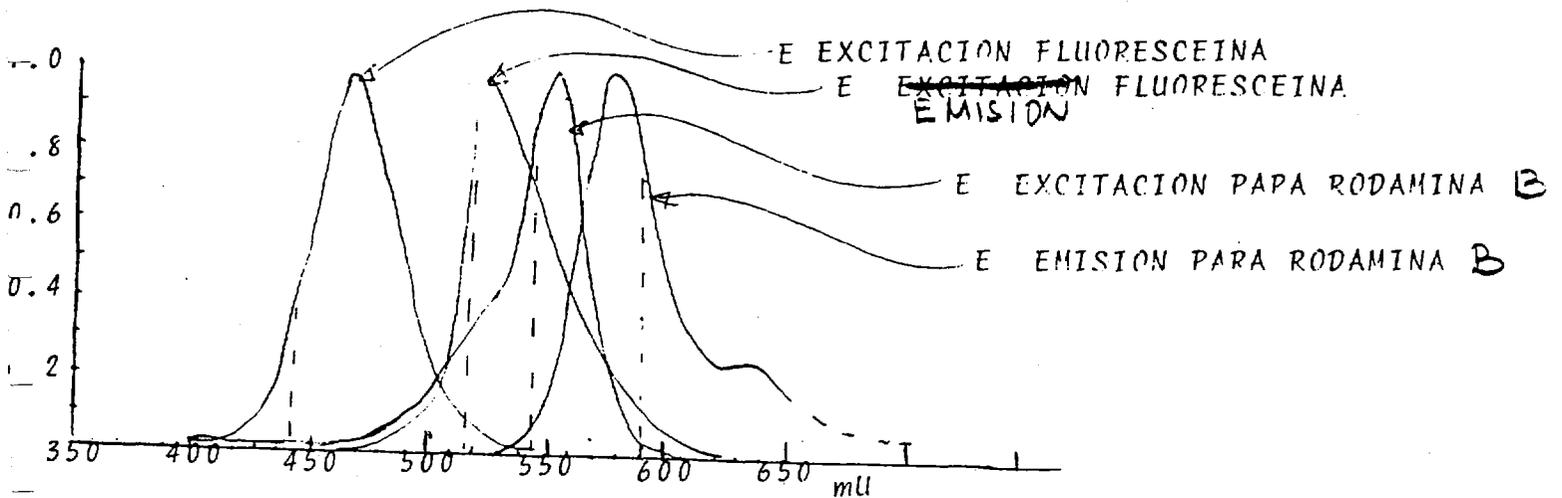
Una reducción permanente de la fluorescencia se causa por decaimiento fotoquímico.

Otra característica sobresaliente de los colorantes de la rodaminas es la tendencia a adherirse a material suspendido o asentados, plantas acuáticas, etc. la fluoresceína es ligeramente absorbible, mientras que la Rodamina B tiene fuerte tendencia a la absorción.

La absorción no es un factor que afecte la fluorescencia los resultados finales son semejantes a aquellos obtenidos por decaimiento fotoquímico o amortiguamiento químico.

Con todo las pérdidas por absorción contribuyen a bajas recuperaciones del colorante y es imposible separar cuantitativamente la pérdida por éstas tres causas de los colorantes en una corriente. Las pérdidas tienen un efecto directo en la exactitud de medidas de descarga, pero son raramente serios en el tratamiento de los resultados de tiempo de tránsito o medidas de dispersión. La absorción, por supuesto es un factor crítico en estudios de trazadores de grandes aguas.

Características Espectrales:



ESPECTRO DE EMISION Y EXCITACION PARA RODAMINA. SE INDICA DONDE CORTAN LOS FILTROS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS PARA AMBOS COLORANTES.

**DETERMINACION:**- Se define una substancia fluorescente como aquella que absorbe luz de una longitud de onda, y emite luz de longitud de onda mayor. Cada substancia fluorescente se caracteriza por un espectro de excitación y un espectro de emisión específico. Se conoce como espectro, la variación de la intensidad de la luz ya sea emitida o absorbida, con la longitud de onda.

Generalmente la longitud de onda que corresponde a un máximo se dá para representar las características espectrales de cada substancia.

El empleo de filtros selectivos de color en un fluorómetro, permite aislar fácilmente la fluorescencia de la mayoría de los materiales que se pueden encontrar en las corrientes. Es posible también establecer la diferencia en la fluorescencia de cada uno por el empleo de filtros en un sistema adecuado, como son los fluorómetros o fluorímetros. Existen sin embargo dos tipos de fluorímetros:

- a) Fluorímetros de filtro.
- b) Espectrofluorómetros.

Ya que el fluorímetro de filtros es el empleado por nosotros damos una descripción sencilla. Consta básicamente de seis partes: (Diagrama anexo).

Selección de los componentes ópticos:- La sensibilidad de un fluorómetro determina el límite de detección para un colorante. Para un fluorómetro y un colorante dado, la sensibilidad del instrumento y por lo tanto la detectabilidad de un colorante, depende de las características e interrelaciones de los componentes del instrumento. Para la sensibilidad máxima posible, todos los componentes del sistema óptico de los fluorómetros deben estar alineados correctamente.

El propósito de los filtros en un fluorómetro, es limitar la luz que alcanza el fotomultiplicador, tanto como sea posible de la fluorescencia por el colorante. Se debe basar la selección en:

- a) Espectro de la lámpara de excitación.
- b) Características del espectro de fluorescencia del colorante.
- c) Interferencia potencial de luz dispersada por la muestra.

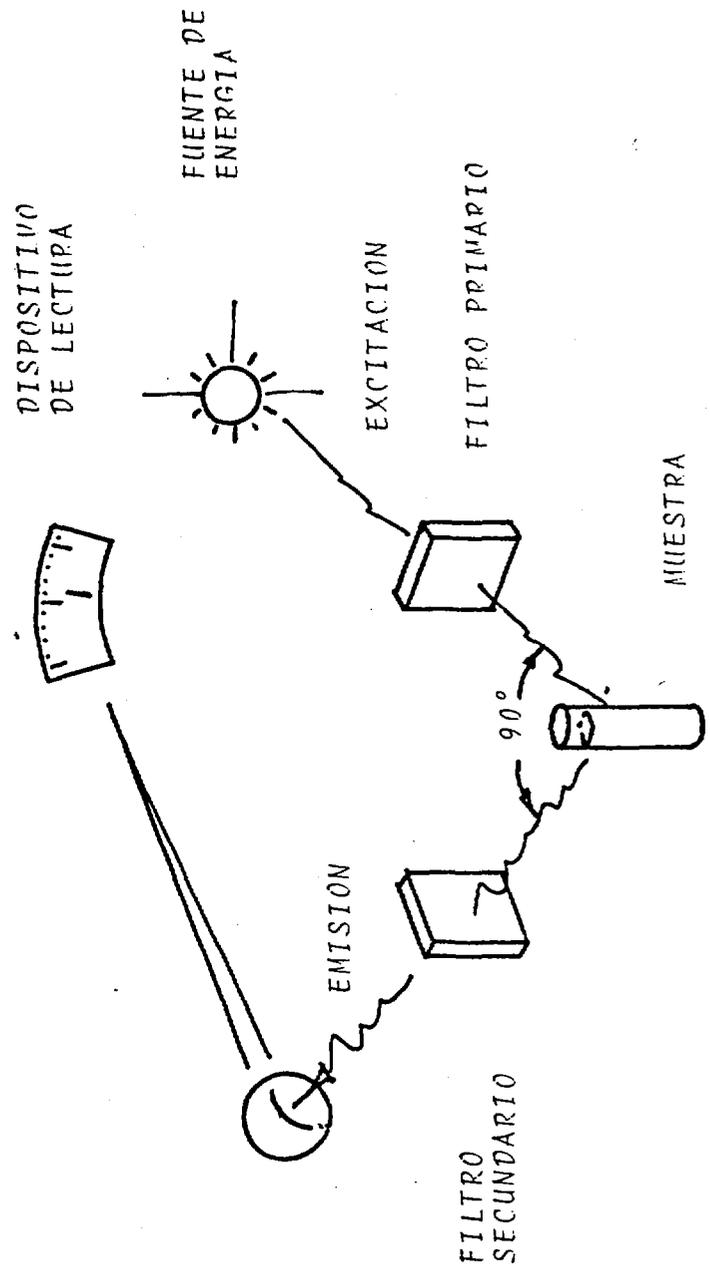
Se pueden emplear por ejemplo filtros de densidad neutra para reducir la cantidad de luz transmitida cuando la lectura del fluorómetro sale de la escala.

El sistema de filtros es el que se emplea en el fluorímetro Turner modelo 111, que se ha empleado en este trabajo. En este equipo tenemos un juego de filtros de propósito general que es una combinación del que corta en 546 m $\mu$  como filtro principal, y el que corta en 590 m $\mu$  como secundario. Esta combinación es especialmente útil cuando tenemos turbidez.

Los filtros recomendados por la G.K. Turner Associates, para fluoresceína, son una combinación del Wratten 2A y 47 B (que corta en 436 m $\mu$ ) para filtro primario, y el Wratten 2A y 12 (que corta en 510 m $\mu$ ) para el secundario. En algunas ocasiones, altas concentraciones de colorante, harán necesario emplear filtro de densidad neutra (ND).

Los filtros de densidad neutra se pueden conseguir en un amplio intervalo de porcentajes de transmisión, sólo se necesitan uno o dos para rutina: el filtro de 0 a 1% el cual pasa sólo 1% de la luz que le llega, o alternativamente el DN de 10% que puede colocarse encima del filtro secundario de color en el fluorómetro.

PARTES FUNDAMENTALES DE UN FLUOROMETRO DE FILTRO



El equipo Turner modelo 111 es sumamente versátil en su operación y manejo; permite su empleo en el campo y en laboratorio siendo su operación en campo su virtud más apreciada para este trabajo. Su descripción y operación se da el manual de la Turner (5), y aquí sólo puntualizaremos el sistema recomendado para este trabajo; que consiste: puerta standard, Kit de alta sensibilidad, lámpara de U.V. Una alternativa es puerta standard, sin kit de alta sensibilidad más la lámpara T-5. En ambos sistemas se emplea los filtros 546/590, celdas cilíndricas y fotomultiplicador standard.

Existe también para este equipo una puerta de flujo constante, y en este caso debe emplearse la lámpara de U.V.

Se hicieron pruebas en el rango de interés a este -- tipo de trabajos 0.0001-0.001 ppm, tanto para fluorescencia como para Rodamina y los resultados son los siguientes:

PRUEBAS CON FLUORESCENCIA EN SISTEMA ESTÁTICO.

No.	( ) ppm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
1	0.01	8.5	8.9	8.2	"8.1"	8.5	8.2	8.8
2	0.02	7.9	9.2	8.2	7.9	8.2	8.6	8.9
3	0.03	9.1	9.5	8.1	8.1	8.0	8.6	8.8
4	0.04	9.0	8.9	8.0	7.8	8.2	8.5	8.9
6	0.06	8.8	8.7	8.1	7.9	7.9	8.3	8.5
8	0.08	9.1	8.7	8.3	8.0	8.0	8.3	8.6
9	0.09	9.0	8.7	8.3	8.0	8.0	8.3	8.6
10	0.10	8.8	8.8	8.3	8.2	8.0	8.5	8.6
Σ		70.2	71.4	65.3	56.0	64.9	67.4	69.6

REGLONES.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Σ	59.2	58.9	60.2	59.3	58.2	59	58.9	59.2
PROM	8.4	8.4	8.6	8.4	8.3	8.4	8.4	8.4
S	0.31	0.50	0.57	0.48	0.36	0.37	0.37	0.30
%	3.69	5.9	6.6	5.7	4.4	4.5	4.4	3.6

COLUMNAS.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Σ	70.2	71.4	65.3	64.1	64.9	67.4	69.6
PROM	8.8	8.9	8.1	8.0	8.1	8.4	8.7
S	0.40	0.28	0.10	0.13	0.18	0.14	0.16
%	4.6	3.2	1.3	1.7	2.3	1.8	1.9

GENERAL.

Σ	472.9
PROM	8.4
S	0.40
%	4.8

TABLA II

PRUEBAS CON FLUORESCEINA EN SISTEMA ESTATICO.

No.	Rango de conc.	L1	L2	L3	L4	L5	L6
1	0.001	7.2	7.9	6.5	7.9	5.5	7.3
2	0.002	15.2	14.1	13.5	15.2	11.5	15.5
3	0.003	22.0	21.3	19.9	21.2	19.5	20.5
4	0.004	28.5	28.5	27.1	28.5	24.5	29.0
6	0.006	42.5	41.9	41.0	44.9	39.5	40.5
8	0.008	57.2	55.1	54.0	52.0	57.2	53.0
9	0.009	63.8	62.1	60.5	60.5	61.5	61.0
10	0.010	71.2	70.5	66.5	66.5	70.5	68.5

RENGLONES.

	RT	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Σ	42.3	42.4	41.3	41.4	42.0	41.1	41.0	41.4
PROM	7.05	7.06	6.9	6.9	7.0	6.9	6.8	6.9
S	0.92	0.73	0.30	0.41	0.43	0.27	0.15	0.16
%	13.0	10.4	4.43	6.01	6.1	3.9	2.21	2.42
Σ	28.9	29	27.8	28.2	27.6	27.4	27.5	27.7
PROM	7.22	7.25	6.95	7.05	6.9	6.85	6.87	6.92
S	0.57	0.48	0.31	0.17	0.18	0.2	0.17	0.17
%	4.55	6.6	4.47	2.45	2.60	3.03	2.48	2.46

COLUMNAS.

Σ	57.6	56.9	53.6	57.3	51.5	56
PROM	7.2	7.1	6.7	7.16	6.43	7.0
S	0.18	0.32	0.10	0.54	0.59	0.37
%	2.46	4.6	1.6	7.53	9.21	5.29

GENERAL. Eliminando las experiencias L4 y L5 obtenemos los resultados siguientes:

Σ	224.1	PROM	7.0	S	0.31	%	4.55
---	-------	------	-----	---	------	---	------

FLUORESCENCIA EN SISTEMA CONTINUO.

0.0001	2.0	2.5	2.5	0.5	2.5
0.0002	3.5	6.5	4.0	3.0	4.0
0.0003	6.0	8.5	6.5	5.0	6.0
0.0004	8.0	10.0	8.0	6.5	8.5
0.0005	9.5	12.5	10.0	8.5	9.5
0.0006	11.5	13.5	11.5	10.0	11.5
0.0007	13.0	15.0	13.0	12.0	13.0
0.0008	15.0	16.5	14.5	14.0	15.5
0.0009	16.5	20.5	16.0	15.5	16.0
0.001	17.5	27.5	17.5	17.0	18.0

RENGLONES.

$\bar{X}$	2.38	1.8	2.10	2.08	2.0
$\sigma^2$	0.25	0.24	0.44	0.26	0.3
$\sigma^2$	0.06	0.06	0.19	0.07	0.09
%	3	3	9	3	5
$\bar{X}$	1.9	1.84	1.88	1.80	1.96
$\sigma^2$	0.21	0.15	0.11	0.18	0.42
$\sigma^2$	0.05	0.02	0.01	0.03	0.17
%	2	1	1	2	9

COLUMNAS.

$\bar{X}$	1.87	2.39	1.97	1.69	1.98
$\sigma^2$	0.11	0.28	0.22	0.11	0.21
$\sigma^2$	0.01	0.08	0.05	0.01	0.04
%	1	3	2	1	2

GENERAL.

$\bar{X}$	1.98	1
$\sigma^2$	0.29	
$\sigma^2$	0.09	
%	4	

RODAMINA EN SISTEMA ESTÁTICO.

0.0001	7.0	9.0	7.5	7	7
0.0002	13.0	16.0	13.0	13.0	13.0
0.0003	18.5	23.0	18.5	18.0	19.5
0.0004	24.5	29.0	24.0	24.0	25.0
0.0005	32.0	35.5	29.5	28.0	31.0
0.0006	36.0	42.0	35.0	34.0	37.0
0.0007	42.0	47.0	41.0	40.0	43.0
0.0008	47.3	----	46.5	46.0	48.5
0.0009	53.0	55.5	51.5	51.5	54.5
0.00 1	58.0	62.0	56.0	56.0	60.0

RENGLONES.

$\bar{X}$	7.5	6.9	6.46	6.28	6.26
$\sigma^2$	0.86	0.67	0.66	0.46	0.55
$\sigma^2$	0.6	0.36	0.35	0.17	0.24
%	8	5	3	4	3
$\bar{X}$	6.14	6.08	5.94	5.92	5.84
$\sigma^2$	0.49	0.37	0.13	0.22	0.26
$\sigma^2$	0.19	0.10	0.14	0.04	0.07
%	2	2		1	1

COLUMNAS.

$\bar{X}$	L1	L2	L3	L4	L5
$\sigma^2$	6.18	7.09	6.08	5.98	6.27
$\sigma^2$	0.36	0.92	0.56	0.44	0.31
$\sigma^2$	0.13	0.85	0.31	0.2	0.1
%	2	12	5	3	2

GENERAL.

$\bar{X}$	6.32
$\sigma^2$	0.67
$\sigma^2$	0.45
%	7

Para la Rodamina B, se trabajó en sistema continuo en el rango de 0.0001 a 0.001 y se hicieron sólo tres corridas.

0.0001	7.0	17.5	13.5
0.0002	13.0	24.5	19.0
0.0003	18.5	31.5	24.0
0.0004	24.5	37.5	29.5
0.0005	32.0	43.5	34.5
0.0006	36.0	51.0	40.5
0.0007	42.0	56.5	46.5
0.0008	47.3	----	51.0
0.0009	53.0	63.0	56.0
0.0010	58.0	69.5	61.0

C O N C L U S I O N E S

TABLA I *ma*  
FLUORESCENCIA  
RANGO DE  
CONCENTRACION  
0.01 - 0.1

CORRIDA

*dilución*  
% de error / 5% =  $\Sigma$  errores  
(pesada, ~~dilatada~~, etc.)  
se conserva la linealidad  
no es significativo.

RENGLONES

% de error de > signif.  
Posiblemente debido a di-  
lución. Sin embargo con-  
serva linealidad.

GENERAL

Se puede concluir que se  
conserva la linealidad con  
un error de  $\pm$  5% con un 95%  
de confianza y con una lec-  
tura de 8.4 por intervalo  
de concentración.

TABLA II  
FLUORESCENCIA  
CON  
0.0001-0.001

Aquí se ve que 2 de las  
columnas rebasan el 5%  
de error que la lineali-  
dad se conserva en 0.99  
hasta la 2a. cifra, o sea  
que pudo existir un factor  
quizá temperatura que no  
se conservó constante a  
lo largo de los experimen-  
tos.

Aquí se evidencia que las  
concentraciones críticas  
son las dos primeras, o  
sea las más diluidas. Y  
esto definitivamente se  
debe a errores en dilución,  
críticas a estas concen-  
traciones.

Se conserva la linealidad y  
el porcentaje de error abaj  
del 5%.

TABLA III  
FLUORESCENCIA  
0.0001 - 0.001

Aquí el error va de 1-3%  
magnífico para monitores  
de campo, lo que propor-  
ciona seguridad de la re-  
producibilidad de nuestros  
experimentos.

Sin embargo inter renglones  
tenemos que hay > sensibili-  
dad que con el sistema estáti-  
co (lec. para la misma conc.)  
y encontramos un error varia-  
ble desde 3-9% o sea que hay  
una resp. > a pequeños cambios  
de conc. por lo que hay que  
cuidar las condiciones experi-  
mentales al extremo, ya que  
inter columnas la respuesta es  
muy consistente.

Aquí el error al <sup>ser</sup> ~~ser~~ < 5%  
nos dá una magnífica res-  
puesta sobre todo siendo  
un monitoreo de campo.

TABLA IV  
RODAMINA RANGO  
0.0001-0.001

En el segundo experimento se  
tiene un error hasta de 12 %  
puede ser atribuido a error  
experimental (dilución, etc.)

% de error se conserva *menor*  
de 5% y decrece conforme  
la concentración.

Queda alrededor de 7%  
quizá se *av*atiría con  
mayor experimentación



b) En cuanto a los Trazadores Isotópicos, tenemos que se escogieron para su evaluación los siguientes:

- 1.- Trazadores radiactivos expresamente adicionales <sup>dps</sup>.
- 2.- Trazadores activables.

(1).- Como Trazadores Radiactivos se utilizan radioisótopos obtenidos en reactores nucleares, que se detectan en el agua a través de las radiaciones emitidas. Debido a la mayor facilidad de medida, suele preferirse el empleo de emisores de rayos  $\gamma$ . No se utilizan nunca emisores  $\alpha$ , por el escaso poder de penetración. Los emisores Beta se pueden medir in situ con detectores G. Muller o centelleo, pero también por el escaso poder de penetración sólo se detecta actividad de unos mm de agua que rodean al detector.

A pesar del elevado número de radioisótopos conocidos sólo unos pocos son utilizables en hidrología como ya se dijo. El precio, las posibilidades de adquisición, junto con las condiciones exigidas para su empleo en hidrología constituyen las bases para su selección.

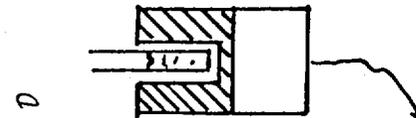
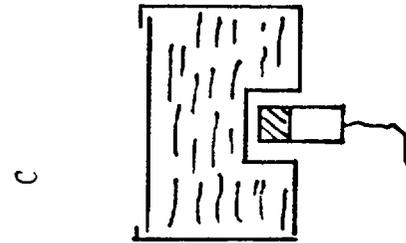
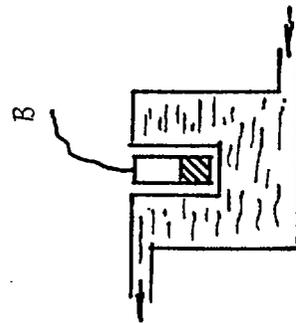
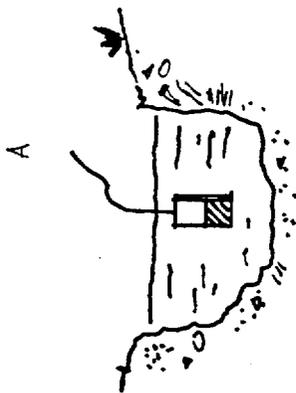
#### TECNICAS DE MEDIDA.

Los rayos gamma emitidos por el radioisótopo pueden detectarse por medio de detectores de centelleo o G.M. En igualdad de condiciones, la sensibilidad de los primeros suele ser diez a mil veces mayor que la de estos últimos. Debido al precio elevado del trazador y a los eventuales riesgos derivados de su empleo, en la práctica es muy importante utilizar actividades tan bajas como sea posible. Por eso se recurre a técnicas de medida de elevada sensibilidad. Los detectores G. Muller, sólo deben utilizarse en ensayos muy locales, para los que la actividad exigida sea, en cualquier caso pequeña, por ejemplo, ensayos de dilución en piezómetros.

El reducido precio de estos detectores constituye -- una ventaja, sobre todo si hay riesgo de perderlos, como sucede, a menudo, cuando se introduce a través de sondeos.

Las técnicas de medida más frecuentemente empleadas con detectores de centelleo se ilustran enseguida:

TECNICAS DE MEDIDA DE RADIACION GAMMA



En el caso de la Técnica A, el detector se encuentra sumergido en el agua. Si el volumen de agua que rodea el detector es suficientemente grande, y la concentración del trazador es uniforme puede definirse el llamado "volumen infinito o de saturación" como el volumen que contribuye al 95-100% de la respuesta del detector. Como es lógico, el radio de esta esfera aumenta con la energía de los rayos Alfa. Para el  $I^{131}$  es de menos de 35 cm y para Br82 es del orden de 80 cm. Con esta técnica de medida, el límite inferior de conc. de  $I^{131}$  que puede medirse, utilizando un detector de más de 5 cm por 5 cm es del orden de  $5 \times 10^{-4}$  uci/l. En el caso B y C, el detector se encuentra rodeado de un volumen fijo de agua determinado por las dimensiones del recipiente de medida. En B, el agua es impulsada a través del recipiente por una bomba, obteniéndose un control continuo o periódico de la concentración del trazador. La técnica mostrada en C, se utiliza para la medida discontinua de muestras. En ambos casos, la sensibilidad (cuentas/min) aumenta con la capacidad del recipiente hasta alcanzar un -- máximo correspondiente a la técnica A.

Estas técnicas han sido las más empleadas en trabajos de campo en este Departamento, sin embargo tenemos la técnica D donde se utiliza un detector con cristal de pozo, es decir provisto de un orificio cilíndrico en cuyo interior se introduce la muestra a medir. Esta disposición geométrica proporciona una eficiencia de medida muy elevada, porque la mayor parte de los rayos gamma emitidas por la muestra inciden sobre el cristal. Pero el volumen a medir es limitado. Por ello esta técnica se empleará cuando el trazador contenido en el agua, se reduce a un pequeño volumen, por ejemplo, mediante concentración Aguí es donde el trabajo propuesto encuentra cabida: Se pretende emplear la concentración del material por:

- 1) Precipitación
- 2) Concentración con resinas.

Ya que la bibliografía reporta que se alcanza una -- concentración mínima de  $5 \times 10^{-5}$   $\mu$ ci/l.

#### TRAZADORES ISOTOPICOS EXPRESAMENTE ADICIONADOS Y ESCOGIDOS

De acuerdo a sus propiedades, asequibilidad y costo, se decidió probar con dos isótopos radiactivos:  $I^{131}$  y Br82.

$I^{131}$  Vida media 8,3 días.

Energía: Beta= 0.806 Alfa= RX-Xe, 0.08 (2.6%),  
0.2841 (5.4%), 0.364 (82%), 0.637 (6.8%)  
0.723 (1.6%).

Br<sup>82</sup>

Vida media 35.34 h.

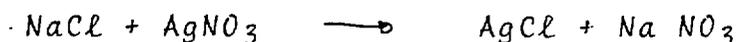
Energía: Beta= 0.444 máx. Alfa= 0.554 (66%), 0.619 (41%) 0.698 (27%), 0.777 (83%), 0.828 (25%) 1.0441 (29%), 1.317 (26%), 1.475 (17%).

### CONCENTRACION CON RESINAS.

Se conoce como intercambio iónico a un intercambio reversible de iones entre un sólido y un líquido en el cual no hay un cambio, substancial en la estructura del sólido. El sólido sería el material o resina de intercambio.

La mayoría de las resinas de intercambio empleadas hoy en día son las resinas orgánicas sintéticas que son un tipo especial de polielectrolitos, por ejemplo polielectrolitos con entrecruzamientos que puede visualizarse como un hidrocarburo de tres dimensiones, elástico, el cual tiene insertado un gran número de grupos iónicos activos. Los de mayor utilidad, han sido formados por copolimerización de estireno y divinilbenceno. Esta estructura da una resistencia máxima a oxidaciones, reducciones, y rompimientos, y son insolubles en solventes comunes.

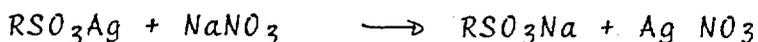
Los fenómenos de intercambio se pueden comprender fácilmente si se recuerda que sólo compuestos en forma de iones en solución son objeto de reacciones de intercambio iónico, se puede comprender totalmente el fenómeno, por comparación de las reacciones de intercambio, con reacciones en soluciones. Por ejemplo:



En esta reacción los iones sodio de la molécula de cloruro de sodio puede considerarse que se intercambia con los iones Ag de las moléculas de nitrato. De manera semejante la forma sódica de una resina catiónica, puede intercambiar el ión sodio, que es el ión móvil de la resina, y que puede intercambiarse con otros iones de la misma carga eléctrica, se podría intercambiar con los iones Ag de una solución.



Así también las reacciones de intercambio son reversibles, por ejemplo será reversible en contacto de una solución de NaNO<sub>3</sub>.



Esta reacción reversible, se conoce como regeneración. En general las resinas de intercambio iónico se pueden considerar como insolubles.

Para facilidad de nomenclatura tenemos las siguientes reglas:

1) Resinas catiónicas, en la forma de ácido libre o forma hidrógeno, pueden ser neutralizados con (NaOH) y la sal sódica formada puede ser convertida a la forma ácido por tratamiento con ácidos tales como HCl.

2) Cualquier sal formada, tanto la forma de ácido libre de las resinas catiónicas, puede ser empleada para el intercambio de cationes.

3) La base libre, o la forma de hidróxido de las resinas aniónicas puede ser neutralizada con ácido y regresar a la forma de base libre con alcoholes.

4) Cualquier sal formada, tanto como la forma de base libre, de las resinas aniónicas, puede ser empleado para el intercambio de aniones.

#### PROPIEDADES DE LAS RESINAS:

**CAPACIDAD:**- La capacidad total de intercambio de la resina, es el número de iones (o potenciales) que se colocan por unidad de peso o volumen de la resina. La capacidad total en peso seco se expresa generalmente en miliequivalentes/g de resina anhidra.

**Selectividad de la Resina:** Hay resinas cuya acidez es comparable a tener HCl por ejemplo y formarán uniones estables "tipo sales" con cualquier catión. Algunos son comparables a tener hidróxido de sodio y formarán uniones estables con cualquier anión.

Sólo iones complejos o iones orgánicos no podrán ser atrapados por estas resinas ya sea por su tamaño o su forma. Sin embargo no todas las uniones entre resinas fuertes y los diferentes iones son igualmente fuertes. Todas las resinas tienen preferencia por un tipo particular de iones que puedan ser atrapados si son escogidos. La preferencia se define como "la selectividad de la resina".

Así también la constante de equilibrio no es aplicable estrictamente a los sistemas de resinas, es habitual substituir un coeficiente de selectividad. Para una resina conteniendo un ión B, en una solución de iones A, estando en equilibrio, el coeficiente de selectividad  $(K)^B$  se define para intercambio monovalente como:

$$\frac{(\text{conc. de ión A en la resina}) \times (\text{conc. de ión B en sol.})}{(\text{conc. de ión B en la resina}) \times (\text{conc. de ión A en sol.})}$$

0 algebraicamente para la reacción:



$$K \frac{A}{B} = \frac{[A]^r [B]}{[A]^r [B]^r}$$

Esta definición, hace caso omiso de los coeficientes de actividad de los iones en las dos fases. Hasta ahora no hay un método satisfactorio para determinar el coeficiente de actividad de iones en fase-resinas, por ello se omiten.

Otros factores.- La velocidad de intercambio depende de muchos factores notablemente del tamaño y de los iones involucrados, del grado de entrecruzamiento, de la temperatura del sistema y el tamaño de las partículas de resina.

Características de la resina empleada en este estudio:

La resina en cuestión es la Amberlita IRA-402, de la Rohm and Haas Co., que es una resina sintética, tipo gel, con alta capacidad, de intercambio aniónico y de forma cloruro.

Características físicas:

Forma: partículas esféricas, resistentes a la presión;

Peso de empaquetamiento: 43 lb/pie<sup>3</sup>.

Tamaño: 16 a 50 mallas.

Tamaño efectivo: 0.36-0.46 mm

Características de operación:

Límite de pH - ninguno

Temp. máxima:

Forma hidróxido: 140°F

Forma cloruro: 170°F

Concentración del regenerante NaOH 4%

Nivel de regeneración: 6 veces

Procedimientos de fijado en la resina:

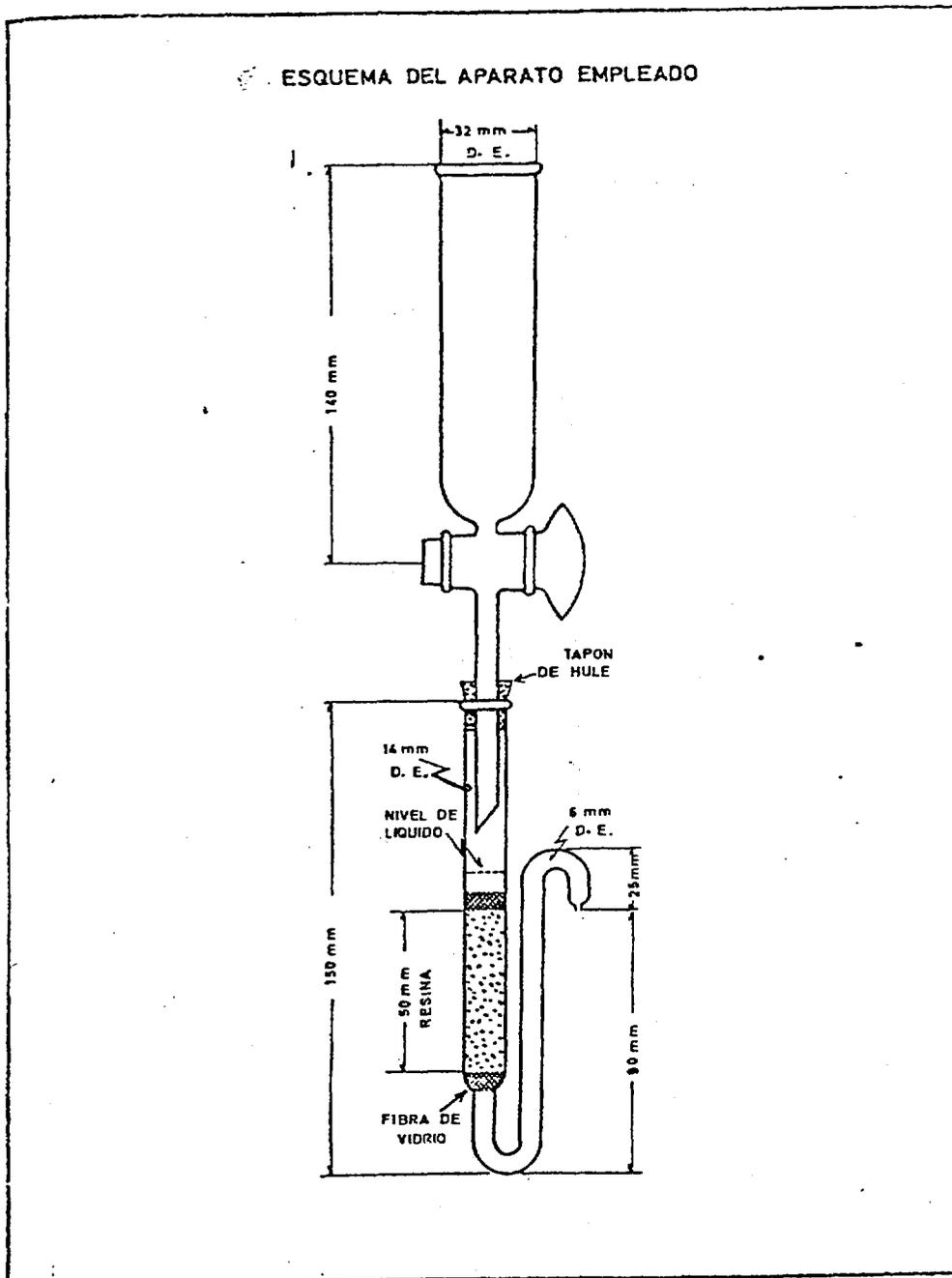
El yodo-<sup>131</sup> se utiliza en forma de yoduro de sodio; los diferentes estados de oxidación que puede presentar el yodo, constituyen un inconveniente, si existen agentes oxidantes en el medio, sobre todo a pH < 7. Sus propiedades mejoran notablemente en presencia de portador en concentraciones del orden de 1 ppm. Así pues, se establecerá la siguiente técnica:

Se prepararon soluciones de agua conteniendo actividades del orden de 10<sup>-6</sup> uci/l, se agregó en cada ocasión: 1 ml

de portador en concentraciones del orden de 1 ppm. Así pues se establece la siguiente técnica:

Se prepararon soluciones de agua conteniendo actividades del orden de  $10^{-6}$   $\mu\text{Ci/l}$ , se agregó en cada ocasión: 1 ml de una sol. de NaI de 20 mg/ml, 5 ml de una sol. de  $\text{HNO}_3$  1 M, y se pasó a través de una columna de la resina citada; previamente hidratada.

### DIAGRAMA



gotas/min

- a) Determinación del rendimiento de retención de  $^{131}\text{I}$  por la Amberlita IRA-402.

Se tomó en diferentes ocasiones un testigo y una --- muestra de igual actividad. Se trató y llevó a seguir el procedimiento de fijado, manteniendo el tiempo de tránsito del líquido a través de la resina en 40-60 ~~gotas/min~~ <sup>min</sup>; se evaluó la cantidad retenida y el ~~liberada~~ <sup>liberada</sup> por medio del testigo y resina. ~~y sobimina~~ <sup>reproducido</sup> aproximadamente las mismas condiciones geométricas en un detector de pozo, asociado a un sistema monocal Nuclear Chicago modelo 181B y Contador <sup>181B</sup>, midiendo el pico de 0.34 Mev. La elusión se hizo con  $\text{HClO}_4$  de diferentes molaridades a fin de ~~caracterizar~~ <sup>encontrar</sup> las condiciones óptimas para ello, no pudiéndose alcanzar más de un 50% de elusión.

## RESULTADOS:

Cuentas Netas Testigo	Cuentas Netas Res <del>men</del> <sup>ma</sup>	Cuentas Netas Eluido	$\text{HClO}_4$ <del>Cuentas</del> (Molaridad)	$\Sigma$	Rend. de retenc. %	Rend. de Elusión %
2934	2702				91.5	
2934	2685				91.5	
1475	1675*				100	
2433	2471				100	
4492*	3436	1266	1 M	4702	100	26.4
8150	4818	3371	2 M	7961	97.6	40.9
8228	5009	2952	2 M	8186	99.5	38.0
630	289	287	3 M	576	91.5	47.0
758	393	393	3 M	786*	100	50.0
786	372	348	4 M	720	92	48.2
1313	781	775	4 M	1556	92.2	49.8
786	362	337	4 M	720	91.6	46.8

\* Los datos en que tenemos una actividad mayor que la del testigo, pueden ser debidos a: error estadístico del conteo, error experimental (pipeteo, geometría, etc.).

La sensibilidad alcanzada es del orden de  $10^{-6}$   $\mu\text{ci/ml}$ .

La exactitud de retención fue:

$$\Sigma \text{ Rendimientos} = 963.2$$

$$\bar{x} = 96.3\% \quad \text{exac} = \frac{9.8}{963.2} \times 100 = 10.1\%$$

$$\text{La reproducibilidad de retención: } \frac{8.5^{-0}}{3.6} = 2.36$$

$$\bar{x} \text{ de los dif.} = 3.6$$

De aquí podemos concluir que el  $I^{131}$  se retendrá en la resina IRA-402; bajo las condiciones ya apuntadas, ~~en~~ un promedio del 96.3%.

Para la elusión no se llegó a obtener más de un 50% de eficiencia lo que puede deberse a la fuerte fijación del I en la resina.

b) Para  $\text{Br}^{82}$ , se hicieron pruebas en la resina IRA-402, que se tenía disponible, empleando 3 ml de bromuro de potasio al 20% como acarreador y 10 ml  $\text{HNO}_3$  1 M como oxidante. El sistema de fijación fue el mismo que el empleado para  $I^{131}$ . Los resultados no fueron halagadores pues solo se obtuvo una fijación del 32.3%.

2) Dado lo anterior se procedió a emplear la precipitación, obteniendo buenos resultados que se enlista en seguida, la precipitación se hizo con 15 ml de  $\text{AgNO}_3$  al 1%.

Pruebas de precipitación de  $\text{Br}^{82}$  empleando 60 mg de acarreador de bromuro de potasio/l de muestra, 10 ml de  $\text{HNO}_3$ , 1 M y 15 ml de  $\text{AgNO}_3$  al 1%.

C. Netas Testigo	C. Netas Precip.	Rendimiento %	Diferencias a 100
1743	1519	87.1	11.9
1743	1432	2.1	17.9
1743	1457	82.0	18.0
2459	2519	89.0	11.0
2459	2374	96.5	13.5
2431	2424	99.7	0.3
2431	2339	96.2	3.8
2431	2219	91.2	8.8
4160	3771	90.6	9.4
4160	3787	91.0	9.0

$$\Sigma X = 905.4$$

$$\Sigma X^2 = 90.5$$

$$n = 9.5$$

$$\bar{x} = 103.6$$

$$\bar{x} = 10.3$$

24

Exactitud  $\frac{9.5}{90.5} \times 100 = 0.01 \times 100$  (1%)

Reproduc. =  $\frac{18 - 0.3}{10.3} = (1.72)$

Rendimiento medio del 90.5%

Sensibilidad =  $10^{-6}$   $\mu$ ci/ml.

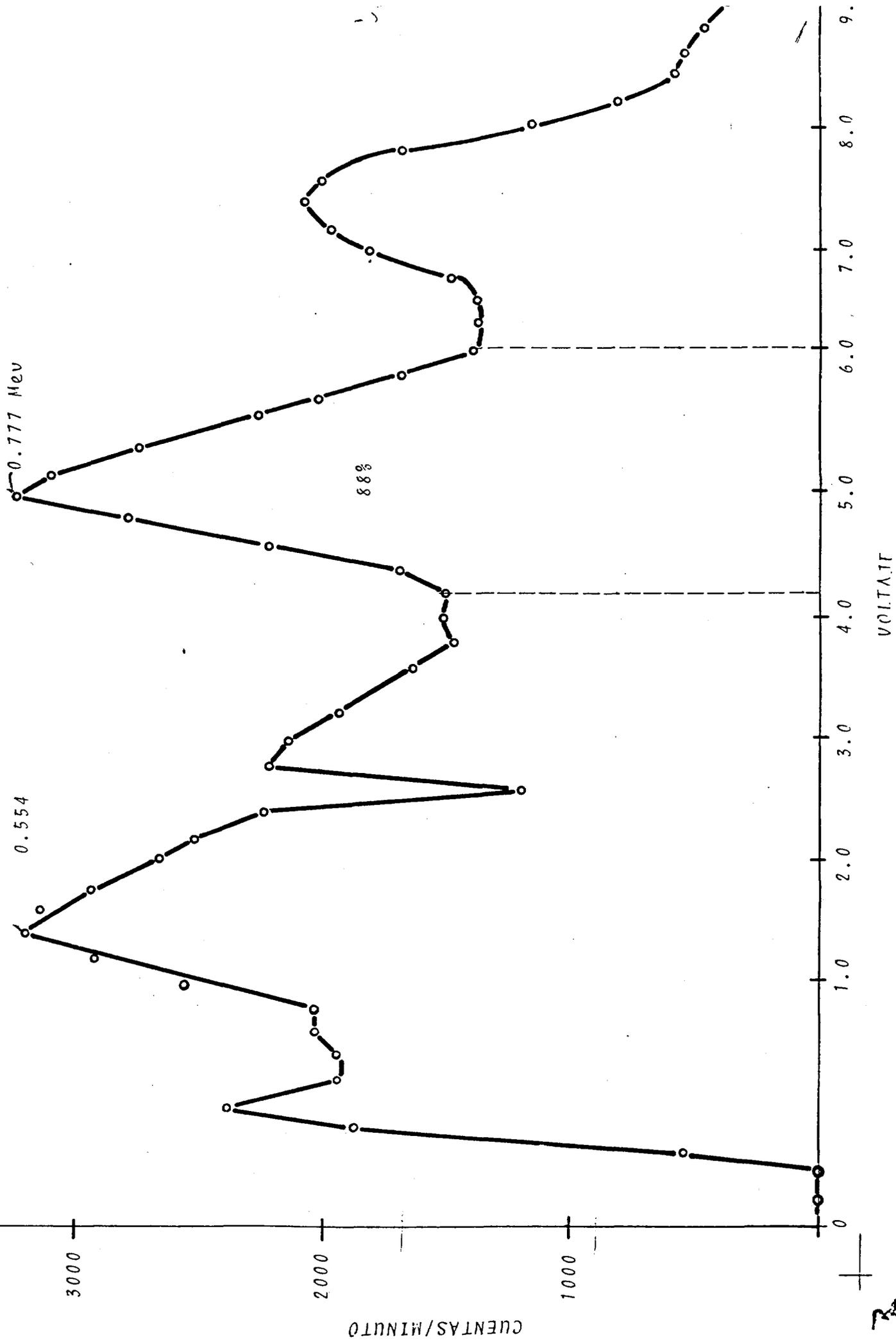
c) Trazadores activables:- Se hizo un pequeño estudio bibliográfico y de acuerdo a la disponibilidad y facilidad de detección se decidió emprender el estudio empleando manganeso, en forma de sal soluble.

Las características de este elemento son las siguientes:

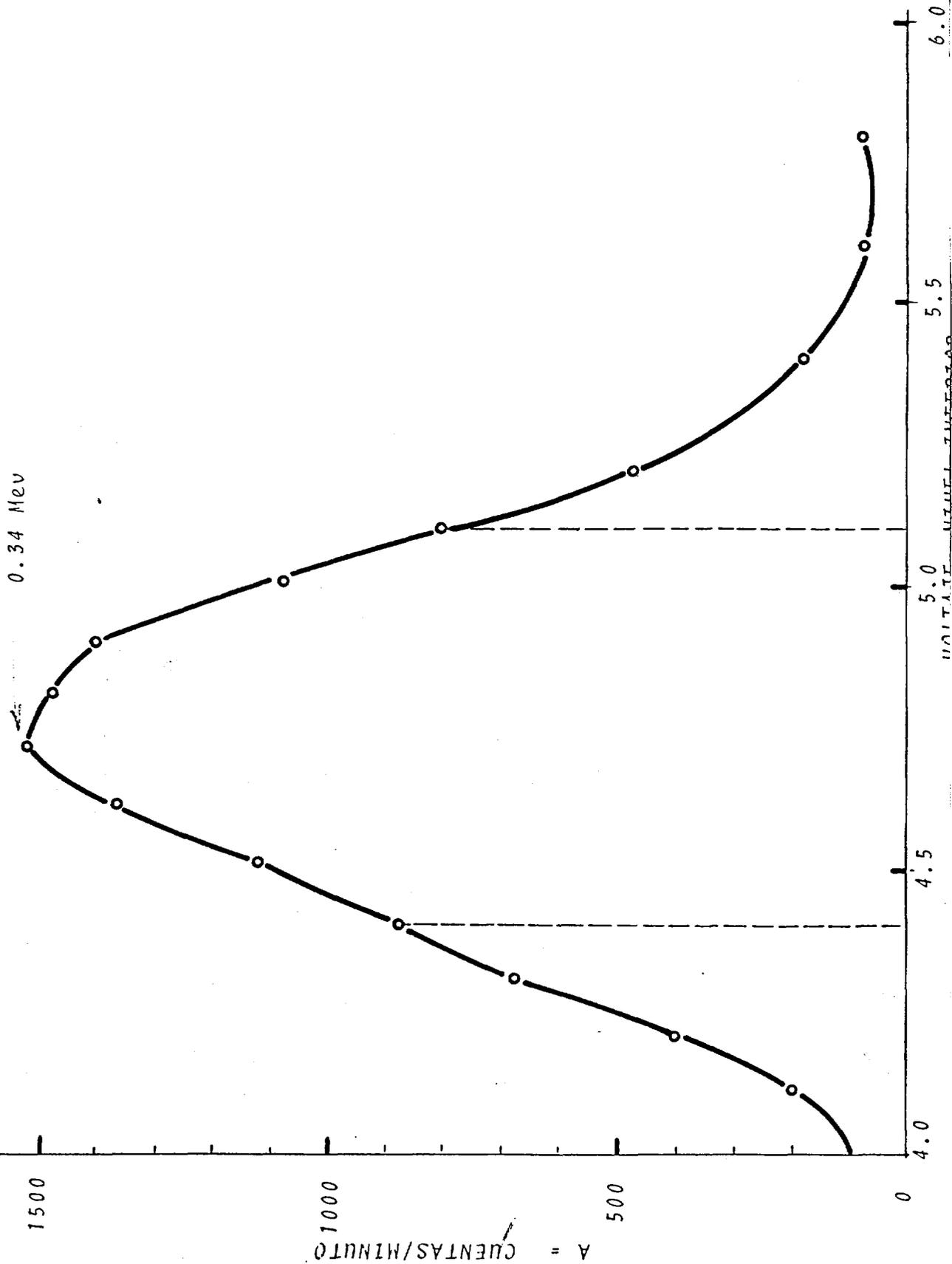
$Mn^{55} (\gamma)$	$Mn^{56}$	
$m^{55}$ % abund. = 100 %		$\sigma = 13.3$ barns
$mm^{56}$	$T_{1/2} = 2.576$ h	= 0.874 (99%) , 1.811 (29%) 2.11 (15%) = 2.85 máx.

Se irradiaron muestras de patrón y de aguas provenientes de los acuíferos Agua Zarca, El Borbollón y los Manantiales situados en el Edo. de Morelos obteniéndose una sensibilidad de 1 ppm con irradiación de 30 min. concentración de las soluciones y empleando un detector de cristal de yoduro de sodio y un sistema de conteo monocanal. Se contó el pico de 0.874 Mev (99%). El espectro se da en hoja anexa.

ESPECTROS DE  $Ba^{88}$  EN FI  
 DETECTOR DE CENILLEO DE POZO  
 COLTAJE DE OP. DEL DETECTOR = 598 Volt.  
 VENTANA = 0.25 VOLTS.



$I^{131}$  EN DETECTOR DE POZO  
VENTANA 0.24  $V_{op} = 800$



## BIBLIOGRAFIA :

- 1) Janier F. Wilson Sr. Fluorometric procedures for ~~tra~~ tracing.
- 2) Buchonan, T.J. 1964. Time of travel of <sup>soluble</sup> ~~solute~~ contaminants in streams. Am. Soc. Civil. Engineers Proc.; V-90, No SA 3 Paper 3932-12 p.
- 3) Cobb. E.D., and Bailey, J.F. 1965 Measumerents of discharge by ~~dye~~ dye dilution methods. U.S. Geol. Survey Techniques of Water-Resources.
- 4) <sup>Feurstain</sup> ~~Fluoration~~, D.L. and Selleck, R. 1963a, Tracer for dispersion measurements in ~~the~~ Surface Water; Calif. Univ. SERL, Rept. 63 , 69 p.
- 5) Manual de Turner.
- 6) Rohm and Hass Co. Boletín Información especializada IRA-402
- 7) Dowex Ion Exchange Información especializada.