

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1970

05.70.40.

RG

061.3: 551.5(82)

C76

1970

05.70.40

ESTUDIO EXPERIMENTAL ATMOSFERICO DE LA VELOCIDAD DE DEPOSITO DE AEROSOLES

Lic. NICOLAS MAZZEO
Sr. CARLOS M. MULLER
Sr. ROBERTO MICHELONI
Dr. MIGUEL VANDER ELST
Comisión Nacional de Energía
Atómica

RESUMEN

En el Centro Atómico Ezeiza se realizaron experimentos emitiendo aerosoles de uranina (sal disódica de fluoresceína) con el objeto de estudiar su velocidad de depósito y correlacionarla con diferentes variables meteorológicas.

Se estudió la variación de soluciones de uranina con la temperatura ambiente, con la radiación solar y con el pH.

Se emitieron aerosoles de uranina desde una altura de 10 metros y se midieron sus concentraciones en aire y su depósito a diferentes distancias de la fuente inyectora.

Se correlacionaron las velocidades de depósito con la velocidad de viento a diferentes alturas, con el gradiente de temperatura y con las componentes de la intensidad de la turbulencia atmosférica.

Las velocidades de depósito obtenidas se clasificaron según diferentes condiciones atmosféricas, observándose velocidades más altas durante inversiones de temperatura y más bajas durante inestabilidad atmosférica.

1. INTRODUCCION

En el presente estudio se describe un método experimental puesto a punto en el Centro Atómico Ezeiza, con el objeto de obtener valores de la velocidad de depósito de aerosoles de uranina y correlacionarlos con diferentes parámetros meteorológicos, relacionando la velocidad de depósito con diversas condiciones atmosféricas.

El conocimiento de la magnitud de la velocidad de depósito de aerosoles dispersados en la atmósfera es de fundamental importancia en los problemas vinculados con la contaminación atmosférica en general y la radiactiva en particular.

Desde el punto de vista de la contaminación atmosférica la industria nuclear puede considerarse actualmente como una de las más "limpias", debido a sus

Meteorológica, v. 2, n° 1/3, 1971, p. 7-23.

(Trabajo presentado en: Congreso Argentino de Meteorología. 1.,
Buenos Aires, 4-9 oct. 1970.)

características intrínsecas y al alto grado de seguridad obtenido en la operación de sus instalaciones. Este resultado refleja el esfuerzo realizado en el campo de la protección radiológica tanto en su aspecto tecnológico como en el normativo. En este último aspecto, debe señalarse que en cada instalación nuclear existen límites operativos para la eliminación de residuos radiactivos a la atmósfera. Para establecer estos límites operativos es necesario el conocimiento de diversos parámetros relacionados con el mecanismo de transporte, dispersión y depósito de aerosoles en la atmósfera.

2. ELECCION Y PROPIEDADES DEL TRAZADOR

Para seleccionar el trazador más conveniente se tuvieron en cuenta las propiedades y condiciones requeridas para un trazador ideal, (1), (2) y (3). La uranina (sal disódica de fluoresceína) reúne estas condiciones, es fácilmente soluble en agua, en solución es detectable fluorimétricamente a muy bajas concentraciones y su espectro de fluorescencia permite diferenciarla sin dificultad de otras interferencias orgánicas.

Con el objeto de disponer de los factores de corrección a aplicar en las determinaciones cuantitativas posteriores, se investigó en laboratorio el comportamiento de la uranina en solución acuosa frente a distintos factores ambientales y químicos.

2.1. VARIACION DE LA FLUORESCENCIA DE UNA SOLUCION ACUOSA DE URANINA CON EL pH

En la Figura 1 se observa que la fluorescencia de la solución de uranina en agua destilada no varía sensiblemente en el rango de pH comprendido entre 6 y 11. Fuera de estos límites la fluorescencia experimenta una disminución notoria atribuible a modificaciones en su estructura molecular orgánica.

2.2. VARIACION DE LA FLUORESCENCIA DE UNA SOLUCION ACUOSA DE URANINA CON LA TEMPERATURA AMBIENTE

La Figura 2 muestra que la fluorescencia de una solución acuosa de uranina es inversamente proporcional a la temperatura. Debe señalarse sin embargo que este efecto es mínimo y reversible dentro del rango de temperaturas estudiado y a su vez válido para las condiciones de experimentación locales.

2.3. FOTSENSIBILIDAD DE LA URANINA Y DE SUS SOLUCIONES ACUOSAS

La uranina en su forma sólida no sufre alteraciones de estructura por efecto de la luz solar. En cambio no ocurre lo mismo cuando es puesta en solución

acuosa, observándose una rápida disminución de carácter irreversible en su respuesta fluorescente. La Figura 3 ejemplifica el efecto de la luz solar sobre soluciones acuosas de 10^{-2} , 10^{-1} y 1 ppm.

3. TECNICA EXPERIMENTAL

Los experimentos consistieron en emitir bajo forma de un aerosol una solución acuosa de uranina de una concentración de 50 g/l desde una altura de 10 metros y recolectar simultáneamente muestras de aire y depósito a distancias variables del lugar de emisión. Esta se realizó por medio de un dispositivo diseñado especialmente acoplado a un compresor de aire (2). La presión de 7 atmósferas suministrada por el compresor permitió que las gotas de solución emitidas se transformaran casi inmediatamente, por evaporación al contacto con el aire, en partículas sólidas de uranina de un diámetro promedio de 1 micrón. Se realizaron cinco emisiones de trazador fluorescente liberándose en cada una aproximadamente cinco litros de solución a un caudal promedio de 90 ml/min durante 50 minutos (4.5 g de uranina/min.).

Los aerosoles de uranina fueron recolectados por muestreadores de aire portátiles y cajas de Petri dispuestos en la dirección del viento. La eficiencia de recolección de los filtros de papel de los muestreadores de aire fue del 91%. En el caso de realizarse un experimento en momentos en que existe una alta velocidad de viento, el depósito debe recolectarse sobre cajas de Petri conteniendo una capa de agua en el fondo para asegurar un correcto muestreo. En ese caso los valores medidos por fluorimetría deberán corregirse por efecto de la luz solar en base a gráficos similares a los presentados en la Figura 3. La uranina recogida en los filtros fue extraída por lavado con 100 ml de solución 0.05 M de monohidrógeno fosfato de sodio, mientras que en cada caja de Petri se utilizaron 20 ml de la misma solución. Se utilizó la solución monohidrógeno fosfato de sodio 0,05 M para mantener las soluciones a un valor de pH constante de 9, adecuado para su medición. Para esta última se utilizó un fluorímetro de líquidos en el cual se midieron alícuotas de las soluciones obtenidas dispuestas en cubetas de cuarzo. El límite de detección del aparato es de 10^{-5} ppm.

4. METEOROLOGIA

Los datos meteorológicos se obtuvieron de una torre meteorológica de aproximadamente 25 m de altura situada en la zona de experimentación (4). Los parámetros meteorológicos que se utilizaron en los análisis incluyeron velocidad media del viento a 10 m y 20 m de altura, gradiente de temperatura entre 5 y 25 metros y las componentes Este, Norte y vertical de la intensidad de la turbulencia (Apéndice), (5).

En la Figura 4 se muestra el desarrollo de la ecuación matemática que permite determinar la velocidad de depósito de partículas conociendo su concentración en aire y su depósito, (6).

5. RESULTADOS

Los valores de las concentraciones de uranina en aire y de su depósito por unidad de tiempo sobre una superficie paralela al suelo se presentan en la Tabla I.

En la Tabla II se presentan los valores de la velocidad de depósito y de los parámetros meteorológicos para cada experiencia.

Las Figuras 5, 6, 7, 8, 9 y 10 representan las curvas de correlación lineal simple entre las velocidades de depósito y los valores de las variables meteorológicas.

Si bien el número de experiencias no es muy grande, el índice de correlación observado entre velocidad de depósito y parámetro de estabilidad n resultó ser muy alto, destacándose que para valores de n altos (estabilidad atmosférica) (7) correspondieron los mayores valores de velocidad de depósito. En los otros casos la correlación no fue tan fuerte, observándose índices menores.

6. CONCLUSIONES

Los experimentos realizados hasta el presente permiten comprobar que los valores de la velocidad de depósito de los aerosoles dispersados en la atmósfera no deben ser obtenidos a partir de la ecuación de Stokes y sus modificaciones para fluidos turbulentos. Debe puntualizarse que esta velocidad depende entre otras cosas de diversos factores meteorológicos; es mayor en condiciones atmosféricas estables y menor cuando existe inestabilidad.

En próximas experiencias se intentará introducir otros parámetros meteorológicos, como por ejemplo la humedad relativa del aire y la radiación solar con el objeto de encontrar una correlación múltiple entre velocidad de depósito de aerosoles y variables meteorológicas.

APENDICE

1. Parámetro de estabilidad atmosférica (adimensional) (n)

$$\frac{\bar{u}_{20}}{\bar{u}_{10}} = \left(\frac{20 \text{ m}}{10 \text{ m}} \right)^{\frac{n}{2-n}}$$

$\bar{u}$ = velocidad media del viento

2. Intensidades de la turbulencia atmosférica (adimensional) (i_E , i_N , i_W) en cada eje: Este, Norte, vertical.

$$i_E = \left(\frac{\overline{u'^2}}{\bar{u}^2} \right)^{1/2} \approx \frac{\sigma_u}{\bar{u}} \quad ; \quad i_N = \left(\frac{\overline{v'^2}}{\bar{u}^2} \right)^{1/2} \approx \frac{\sigma_\Theta}{\bar{u}}$$

$$i_W = \left(\frac{\overline{w'^2}}{\bar{u}^2} \right)^{1/2} \approx \frac{\sigma_\varphi}{\bar{u}} \quad i_E + i_N = i_H$$

u' , v' , w' : velocidades de fluctuación

σ : desviación standar

Θ : dirección del viento

φ : componente vertical de la dirección del flujo del aire.

TABLA I
VALORES DE CONCENTRACION EN AIRE (C) Y FLUJO DE AEROSOLES (F)
DE URANINA A TRAVES DE UNA SUPERFICIE PARALELA AL SUELO

FECHA	MUESTREADOR 1		MUESTREADOR 2		MUESTREADOR 3		MUESTREADOR 4	
	C $\left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$	F $\left[\frac{\mu g}{m^2/s} \right]$	C $\left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$	F $\left[\frac{\mu g}{m^2/s} \right]$	C $\left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$	F $\left[\frac{\mu g}{m^2/s} \right]$	C $\left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$	F $\left[\frac{\mu g}{m^2/s} \right]$
26/9/69	2.44×10^{-1}	3.00×10^{-2}	1.29×10^{-1}	1.06×10^{-2}	1.90×10^{-1}	2.70×10^{-2}	—	—
9/10/69	4.91	2.34×10^{-1}	6.38	2.70×10^{-1}	8.33	4.14×10^{-1}	3.97	1.90×10^{-1}
13/11/69	1.58	1.42×10^{-2}	4.09	2.48×10^{-2}	3.54	2.83×10^{-2}	10.63	4.71×10^{-2}
15/12/69	3.36	2.22×10^{-2}	3.68	2.04×10^{-2}	6.80×10^{-1}	3.25×10^{-3}	—	—
5/3/70	1.17	4.33×10^{-2}	3.85	1.23×10^{-1}	4.20	1.85×10^{-1}	3.15	1.13×10^{-1}

TABLA II
VALORES DE LA VELOCIDAD DE DEPOSITO DE AEROSOLES
DE URANINA Y PARAMETROS MICROMETEOROLOGICOS

FECHA	v_d (cm/s)	$\bar{u}_{10}$ (m/s)	$\bar{u}_{20}$ (m/s)	n	i_E	i_N	i_w
26/9/69	10.4	4.2	6.2	0.73	0.91	0.64	0.58
9/10/69	4.6	4.3	5.0	0.40	0.80	0.63	0.38
13/11/69	0.7	2.7	3.0	0.30	0.27	0.22	0.19
15/12/69	0.6	4.1	4.6	0.30	0.72	0.46	0.44
5/3/70	3.7	4.0	4.7	0.41	0.63	0.49	0.38

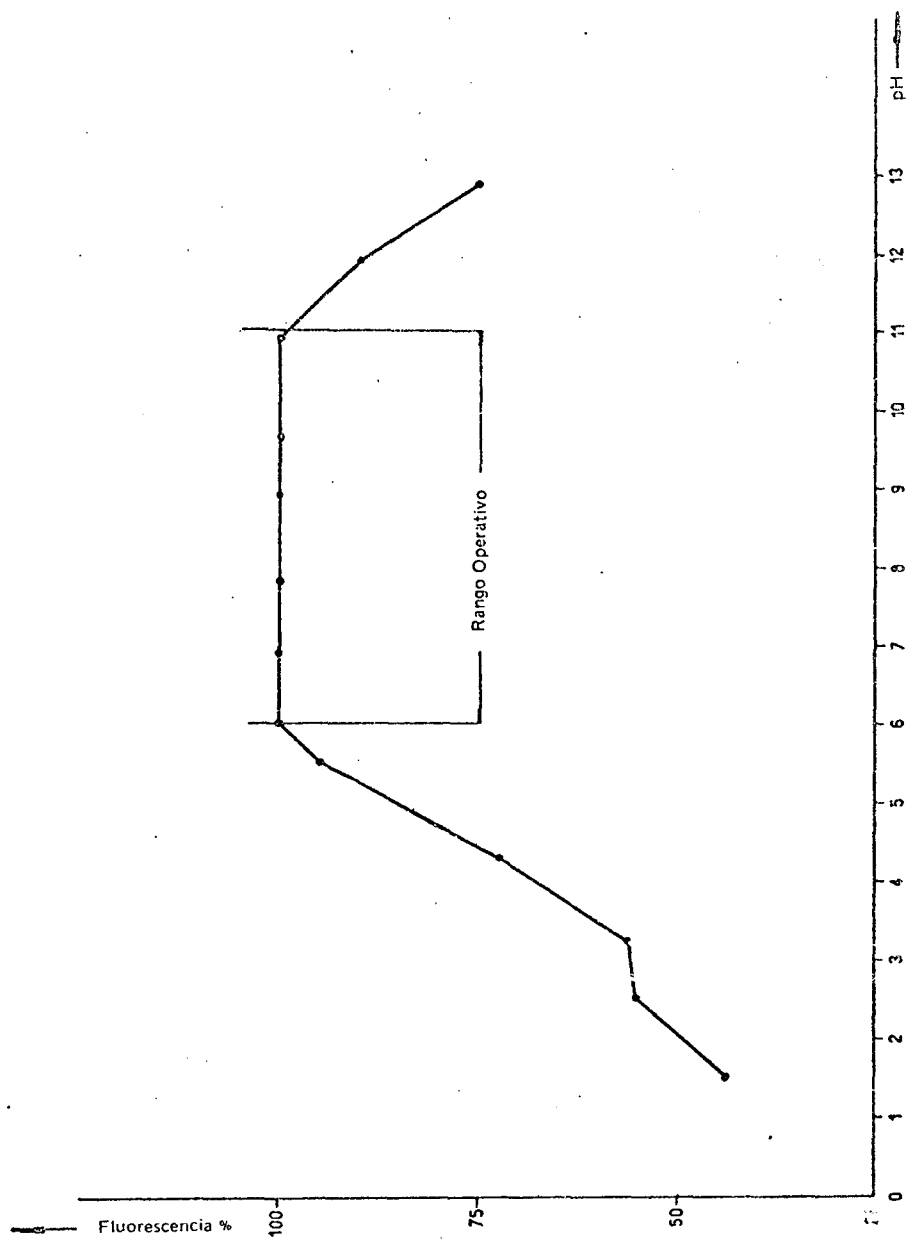


FIGURA 1. Variación de la fluorescencia de una solución de Uranina en agua destilada con el pH

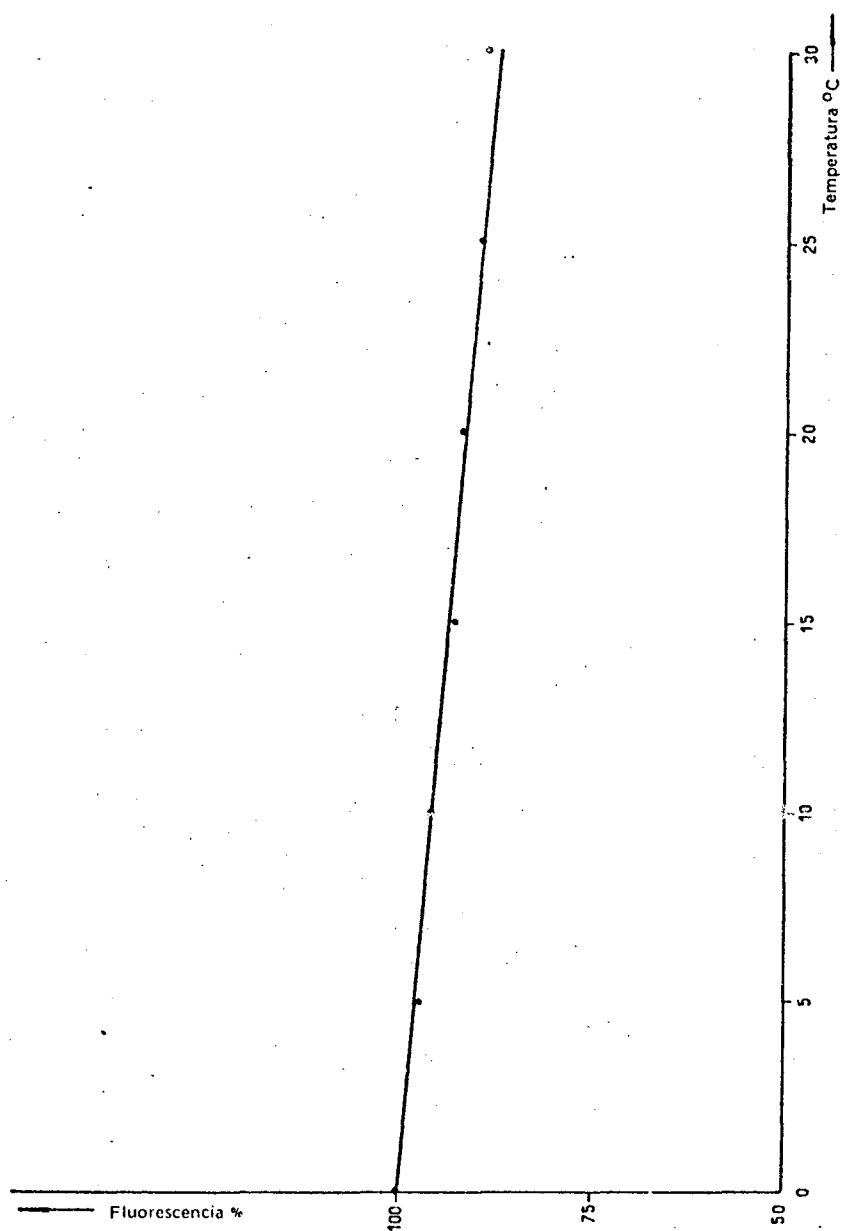


FIGURA 2. Variación de la fluoescencia de una solución de Uranina en agua destilada con la Temperatura ambiente

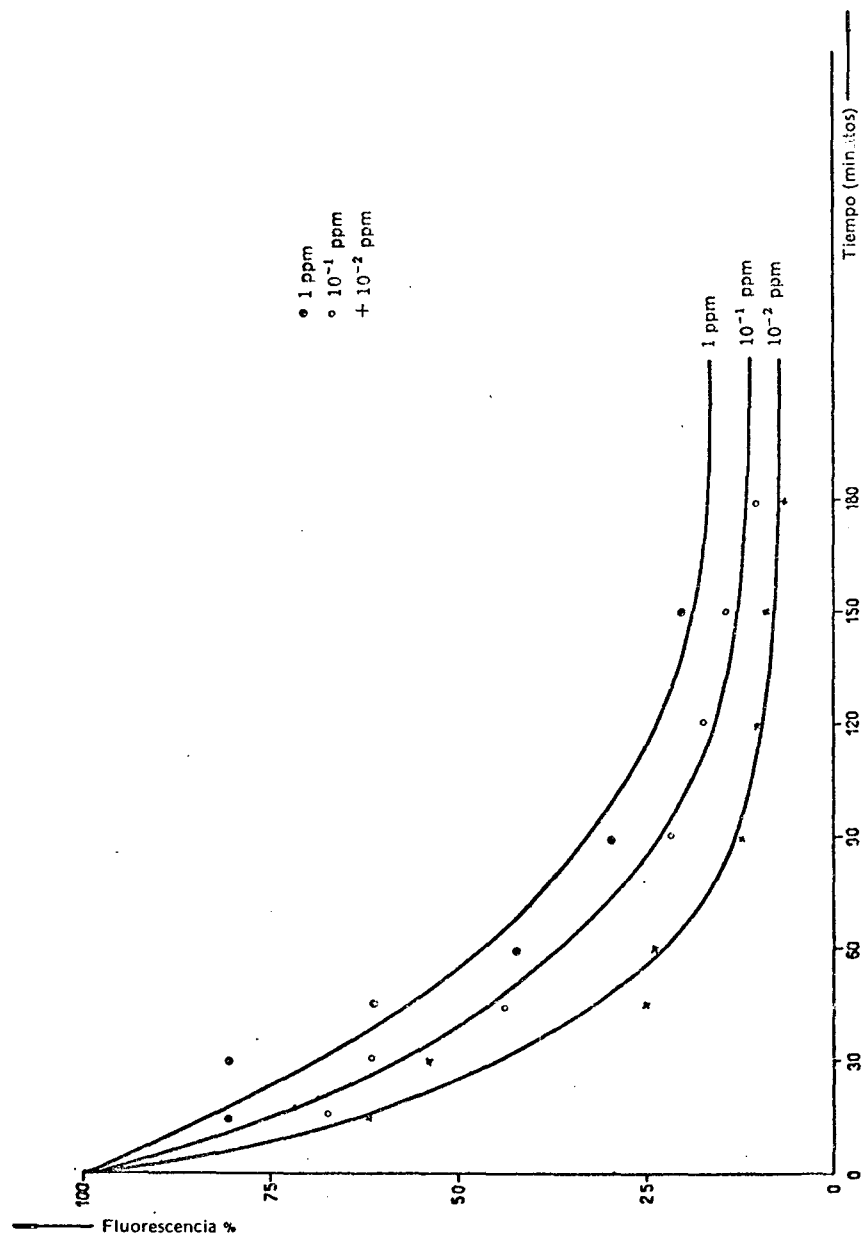
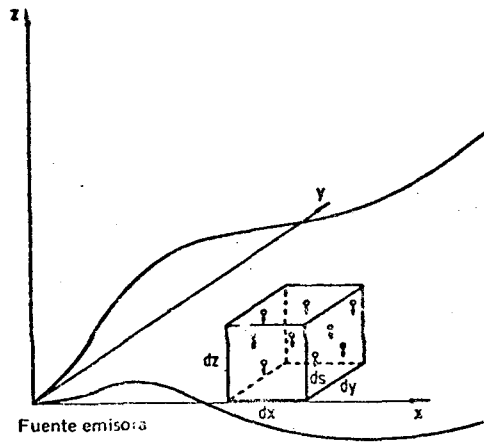


FIGURA 3. Variación de la fluorescencia de soluciones de Uranina en agua destilada con el tiempo por efecto de la luz solar

dv = volumen de aire
 dN = número de aerosoles
 ds = superficie horizontal
 v_d = velocidad de depósito
 $F(x, y)$ = flujo de aerosoles
 $C(x, y, o)$ = concentración de aerosoles en el aire



$$dv = dx \, dy \, dz$$

$$v_d = \frac{dz}{dt}$$

$$dv = v_d \, dx \, dy \, dt$$

$$\frac{dN}{ds \, dt} = \frac{dN}{dv} \, v_d$$

$$F(x, y) = v_d \, C(x, y, o)$$

$$v_d = \frac{F(x, y)}{C(x, y, o)}$$

FIGURA 4. Expresión matemática de la velocidad de depósito de aerosoles

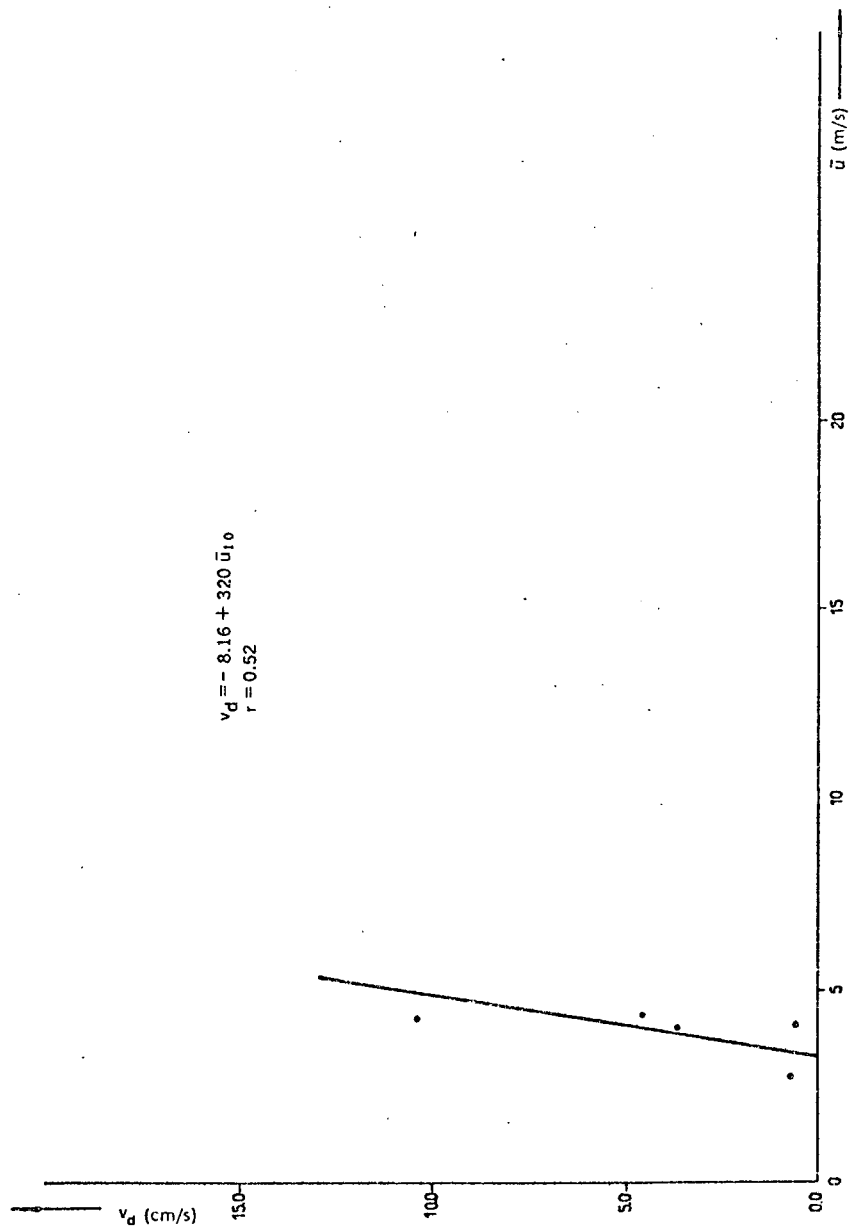


FIGURA 5. Velocidad de depósito (v_d)
 Velocidad de viento a 10m de altura ($\bar{u}$)

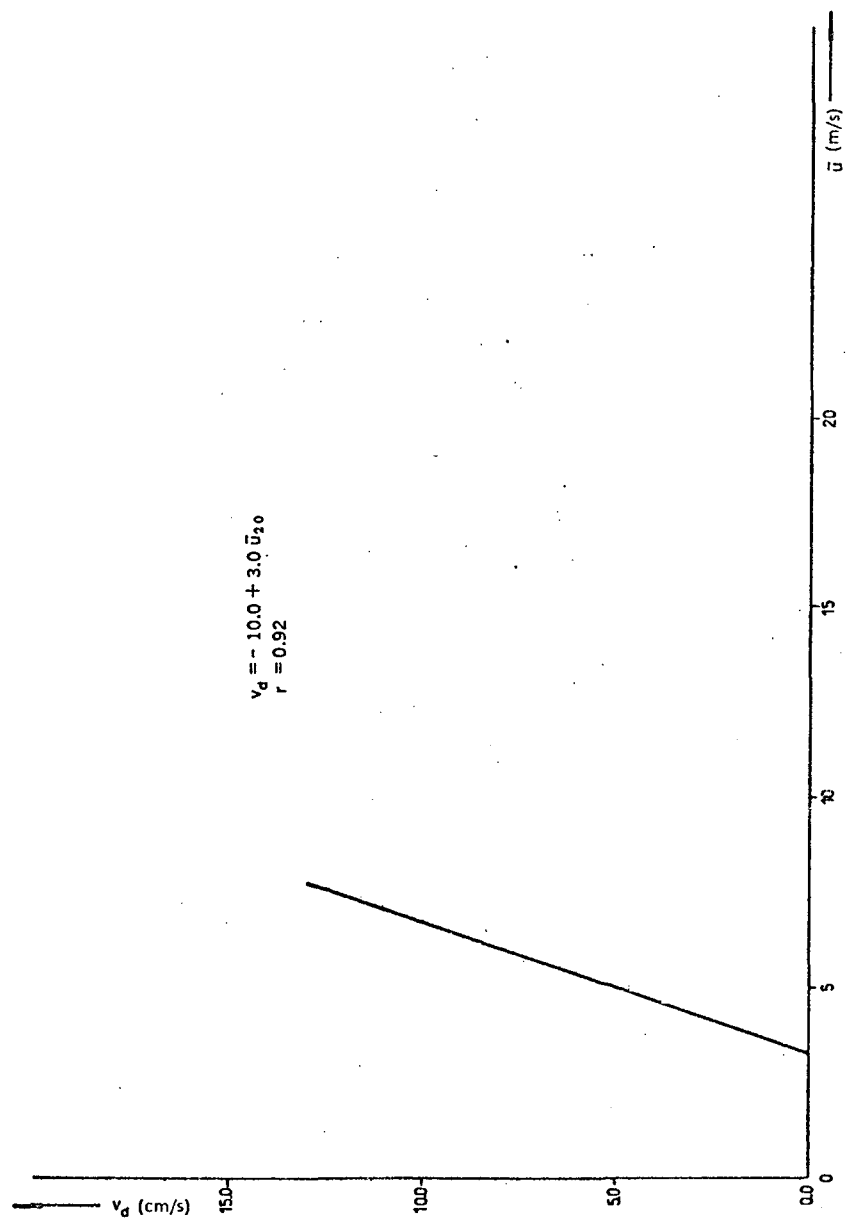


FIGURA 6. Velocidad de depósito (v_d)
 Velocidad media del viento a 20 m ($\bar{u}$)

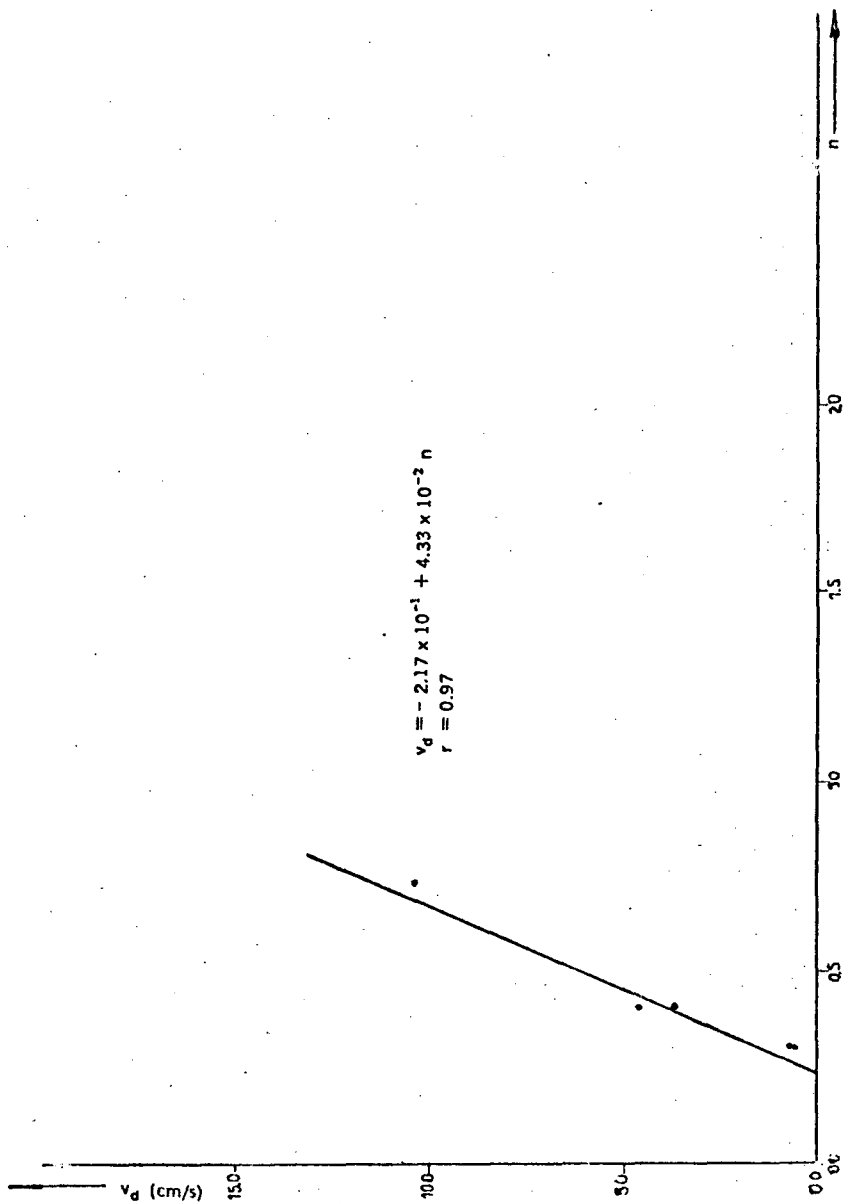


FIGURA 7. Velocidad de depósito (v_d)
 Parámetro de estabilidad atmosférica (n)

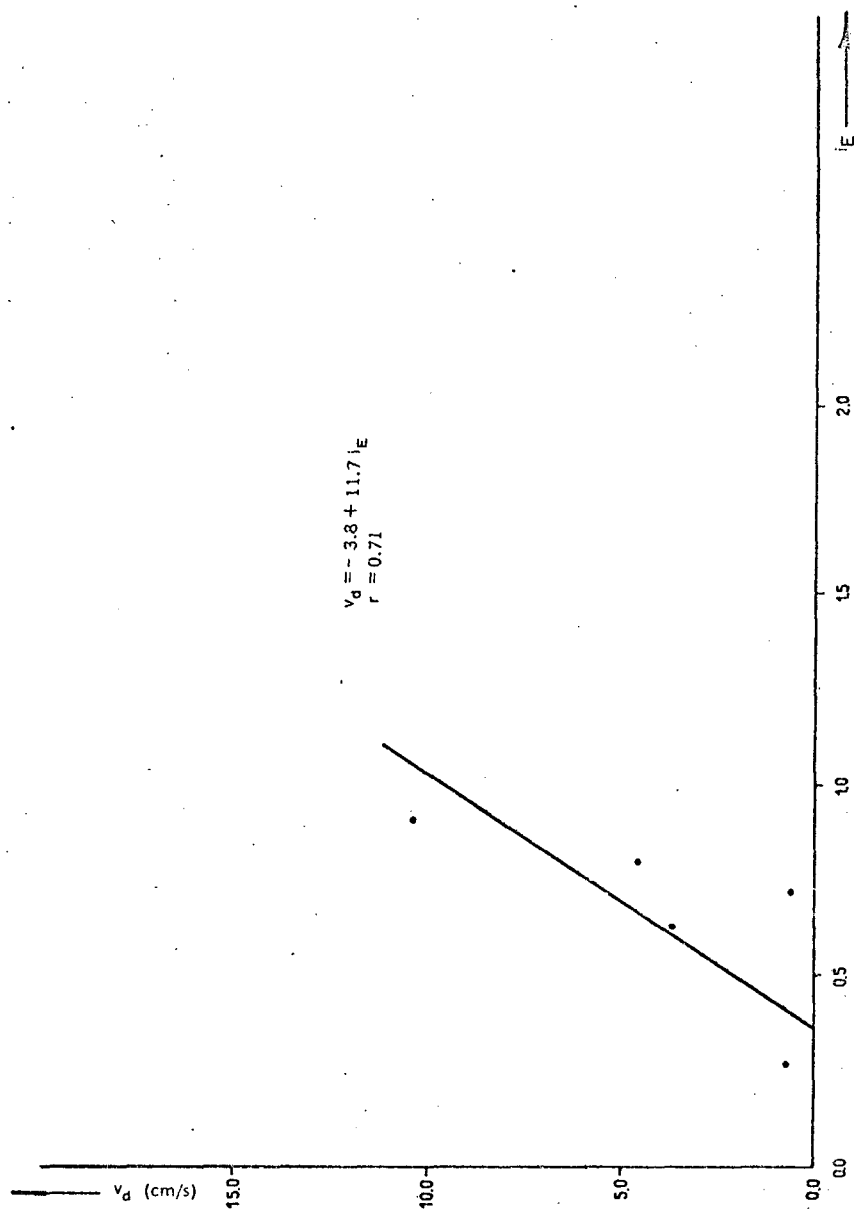


FIGURA 8. Velocidad de depósito (v_d)
Componente Este de la intensidad de la turbulencia (i_E)

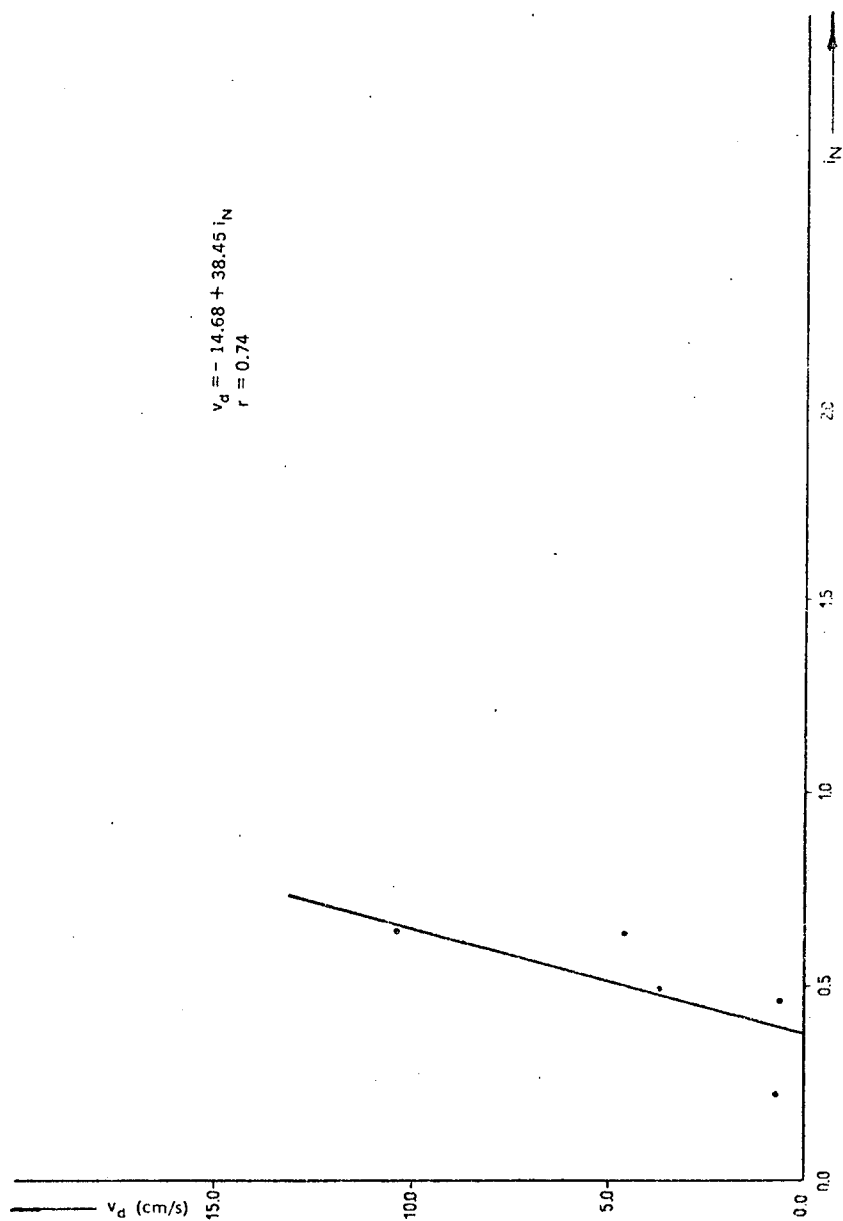


FIGURA 9. Velocidad de depósito (v_d)
 Componente norte de la intensidad de la turbulencia (i_N)

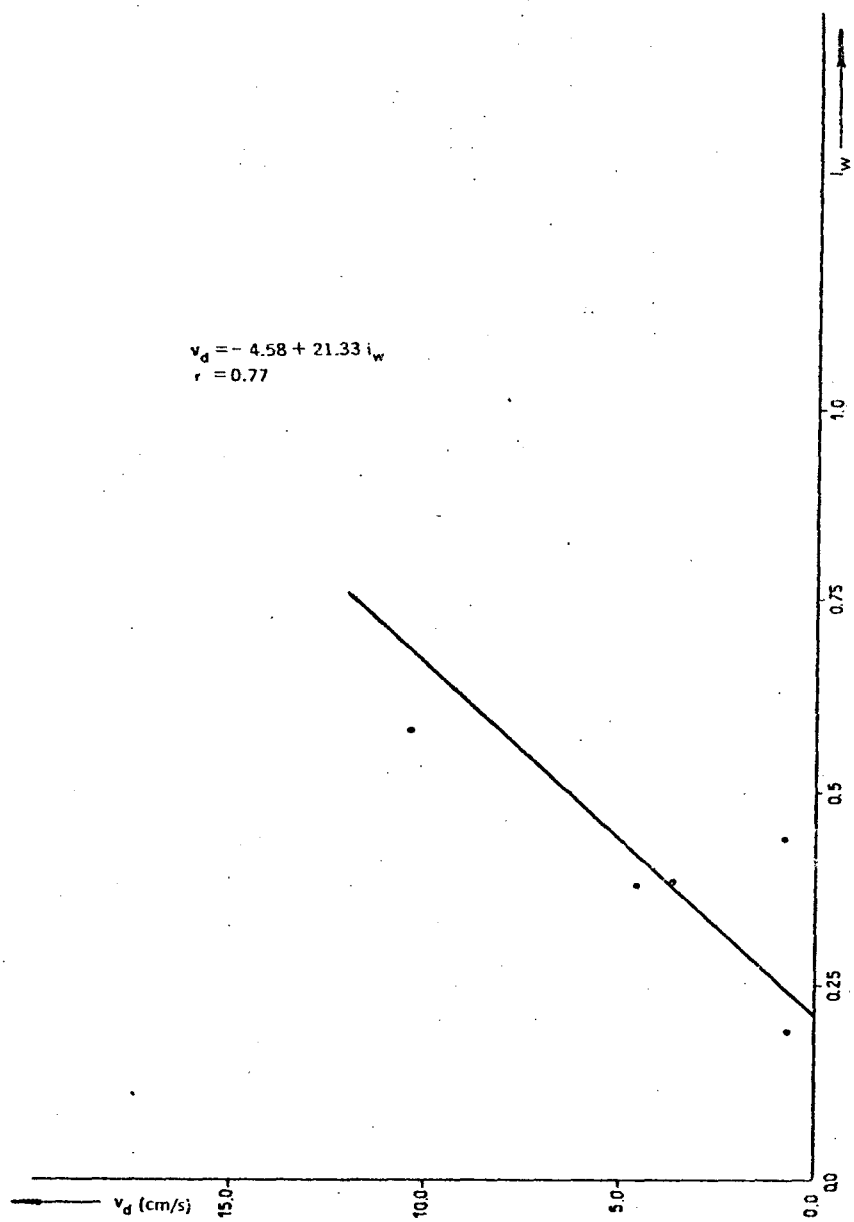


FIGURA 10. Velocidad de depósito (v_d)
 Componente vertical de la intensidad de la turbulencia (i_w)

REFERENCIAS

- (1) Leighton, P.A., Perkins, W.A., Grinnell, S.W. and Webster, F.X., *The Fluorescent Particle Atmospheric Tracer*, Journal of Applied Meteorology, Vol. 4, 1965.
- (2) Robinson, E., McLeod, J.A. and Lapple, C.E., *A Meteorological Tracer Technique Using Uranine Dye*, Journal of Meteorology, Vol. 16, 1959.
- (3) Dumbauld, R.K., *Meteorological Tracer Techniques for Atmospheric Diffusion Studies*, Journal of Applied Meteorology, Vol. 1, 1962.
- (4) González, A.J., Díaz, E., Dunn, P.C., etc., *Estación Micrometeorológica Automática*, XXI Semana de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Buenos Aires 1969; Primer Congreso Argentino de Meteorología, Buenos Aires, 1970.
- (5) United States Atomic Energy Commission, *Meteorology and Atomic Energy*, U.S.A., 1968.
- (6) Chamberlain, A.C. and Chadwick, R.C., *Transport of Iodine from Atmosphere to Ground*, Tellus, Vol. 18, 1966.
- (7) Sutton, O.G., *Micrometeorology*, Mc. Graw Hill, 1953.

DISCUSION

Ing. EDUARDO A. PEDACE: ¿Cuál es la característica de los aerosoles, su distribución, composición y cómo se los genera? (¿Cómo se caracterizaron los aerosoles?).

Dr. MIGUEL Van der ELST: Los aerosoles fueron generados a partir de una solución de uranina en agua (50 g/l) emitidos por medio de aire a 7 atmósferas de presión, suministrado por un compresor de aire. Las gotitas pulverizadas se evaporan al contacto con el aire y queda una partícula de uranina de un tamaño promedio de 1 micrón.

La distribución se estudió combinando impactadores en cascada, microfotografía por fluorescencia y recuento en analizador granulométrico. Esta técnica permitió la caracterización y el conocimiento de la distribución en tamaño y en masa de los aerosoles emitidos.