

BIBLIOTECA	
PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1980

DETERMINACIONES DE DISPERSION Y DILUCION EN EL RIO
PARANA DE LAS PALMAS, (VUELTA DEL HINOJO), CON APLI-
CACION DE TRAZADORES RADIOACTIVOS.

Juan J. LAGO, Roberto C. ROSSO, Mauricio NAVON, Hector R. GOMEZ.

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNICAS HIDRICAS
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Con motivo del estudio de contaminantes realizado por el INCYTH en el río Paraná de las Palmas, se tomó especial atención a la zona de descarga del área de investigaciones, a fin de poder evaluar los mecanismos de dispersión de los contaminantes a la salida de la misma.

Para éstos fines se formó un grupo de trabajo integrado por personal del Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas y de la Comisión Nacional de Energía Atómica que, en el mes de Julio de 1977, realizaron por primera vez en nuestro país determinaciones cualitativas de dilución y dispersión en grandes ríos con empleo de trazadores radiactivos.

La técnica experimental consistió en inyectar en la corriente en forma puntual, un trazador radiactivo y determinar el desplazamiento de la nube desde una embarcación con corridas de rastreo realizadas a diferentes distancias del punto de inyección.

Sobre el río Paraná de las Palmas, la vuelta del Hinojo está situada a 7 Km. aguas abajo de la ciudad de Campana a la altura del Km. 90. Esta vuelta o curva que presenta el río posee un ángulo de ataque de 100° aproximadamente.

El primer paso para la ejecución de este tipo de investigaciones consistió en la obtención de mapas del área a investigar a escala muy grande, debiéndose hacer una triangulación de apoyo, a efectos de posicionar 2 puntos fijos que debían cumplimentar la posibilidad de ubicar la embarcación utilizada, en cualquier punto de la Vuelta del Hinojo, mediante visuales bisectadas con sendos teodolitos.

Por éste motivo se confeccionó un nuevo mapa de la zona de operaciones en donde se incluían los puntos fijos determinados, como así también se trazaron los semiarcos graduados correspondientes a cada punto.

SE utilizaron para el presente estudio dos embarcaciones Catamarán SRH-49 (donde se estableció la central de operaciones y de infección) y lancha de casco plástico y fibra de vidrio con motor fuera de borda para rastreo.

Se operó con cuatro grupos de trabajo simultáneos con las siguientes características:

Grupo Localización: Constituido por dos operadores de teodolitos, ubicados en los dos puntos fijos, cuya función consistió en posicionar con los teodolitos, la embarcación de rastreo cada 30 seg., transmitiendo el valor del ángulo correspondiente, a la Central de Operaciones.

Grupo Inyección: Compuesto por dos o tres operadores de sustancias trazadoras colorantes y radiactivas, que debió operar desde el Catamarán, según las distintas inyecciones de trazador realizadas.

Grupo Rastreo: La función de este grupo consistió en el seguimiento y ubicación (con la lancha) de

las sustancias trazadoras inyectadas en el río siendo, posicionado cada 30 segundos por el grupo localización.

Grupo Central de Operaciones: Operando desde el Catamarán, este grupo tenía la tarea de dirigir todas las operaciones a realizarse y coordinar las acciones que debía llevar a cabo cada grupo. Esta coordinación fué posible gracias al enlace radial mantenido en forma constante entre todos los grupos.

Como trazadores radiactivos se utilizaron, I-131 y In-113m a fin de que simultáneamente además de investigar los parámetros de referencia, se pudiera determinar el comportamiento y la compatibilidad de ambos como trazadores en este tipo de investigaciones.

Se conoce ya perfectamente las bondades del I-131 como trazador utilizado en hidrología, pero su vida media constituye en muchos casos una desventaja operativa.

Esto visto de otra forma, implica que en casos de que la concentración del trazador sufra factores de dilución y dispersión muy pequeños, a grandes actividades inyectadas, el peligro de contaminación radiactiva se hace mayor en el espacio y el tiempo, obligando a montar un dispositivo de protección radiosanitaria muy grande y en muchos casos imposible de controlar.

In-113m es un trazador radiactivo resultante de una Generación Isotópica. Específicamente el generador isotópico utilizado es el Sn-113 - In-113m. Esto significa que una columna generadora de Sn-113 llamada madre, genera al cabo de un período de 12 hs. una actividad similar a su original, el Indio-113 metaestable, llamada hija. Mediante un proceso llamado de elución realizado con HCl se separa la hija de la madre con la

solución eluyente. El In-113m posee una vida media de 100 minutos, es decir que los factores de protección que se necesitan son menores.

Además, se debe tener en cuenta que la aplicación de trazadores radiactivos producidos en reactores, implica un transporte o envío de dicho material desde el reactor hasta la zona de trabajo por cada inyección o experiencia que se realice. Los generadores isotópicos, por el contrario, permiten obtener el trazador diariamente en el lugar de operaciones.

Se utilizaron para realizar este estudio 1Ci de I-131 fraccionado en dos partes, un generador isotópico de Sn-113 - In-113m de 50 mCi de actividad y 5Kg. de Rodamina B-500, con los cuales se realizaron varias inyecciones experimentales para determinar el comportamiento de los trazadores radiactivos utilizados.

Dado que una vez inyectado el trazador, éste se pone en movimiento siguiendo la velocidad y características del río, es menester inyectar simultáneamente con el trazador radiactivo, un trazador colorante, de tal forma que permita al grupo rastreo ubicar la marcha de la nube radiactiva en forma visual, para lograr una primera aproximación.

El sistema de rastreo consiste en realizar piernas transversales a la dirección de la corriente sobre la nube radiactiva. El movimiento de la lancha es seguido y ubicado cada 30 seg. por el grupo localización y mediante un sistema de cuerdas ubicado sobre los puntos fijos en un mapa escala 1:2000 con arcos de semicircunferencia graduados, fue posible, en la Central de Operaciones, ubicar el desplazamiento del Grupo rastreo, con solo ubicar las cuerdas de referencia en los valores dictados por el grupo, localización y

marcado los puntos de cruce de las mismas.

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

$$D_x = \frac{a^2}{4 \cdot t \cdot \ln\left(\frac{C_1}{C}\right)}$$

Donde:

- (Dx) - es el coeficiente de dispersión longitudinal,
- (C) - es la concentración del contaminante al tiempo t, y
- (a) - es el eje mayor o longitudinal de la nube radiactiva y realizando algunas otras consideraciones obtenemos las fórmulas que permiten calcular, en forma experimental los coeficientes de dispersión.

$$D_y = \frac{b^2}{4 \cdot t \cdot \ln\left(\frac{C_1}{C}\right)}$$

Donde:

- (Dy) - es el coeficiente de dispersión transversal.
- (b) - es el eje menor o transversal de la nube radiactiva.

Esta fórmula se aplica una vez obtenida las elipses de las nubes radiactivas, en la cual se mide los ejes de la misma y se toman los valores de la Concentración del Centro (Cl) y del perímetro (C) de la elipse y con el tiempo transcurrido desde el momento de la inyección t, se calculan los coeficientes respectivos.

Asimismo, considerando que en los ríos la dispersión transversal frente a la longitudinal es mucho menor, la dispersión longitudinal de un trazador en régimen turbulento, suponiendo que el coeficiente de dispersión es constante (lo cual sólo se cumple después que el trazador recorre una determinada distancia desde el punto de inyección) y aceptando una distribución normal del trazador en función del tiempo, será:

$$D_x = \left(\frac{A}{C_m}\right)^2 \cdot \frac{1}{S^2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot t}$$

Donde:

(A) - es la actividad inyectada; (Cm) - la concentración máxima por m³; (S) - la sección de la corriente en la zona de paso de la nube radiactiva y (t) - el tiempo medio transcurrido desde el punto de inyección y el de medición.

Debemos destacar que dada la naturaleza del presente trabajo, todos los cálculos realizados pretenden establecer solo cualitativamente órdenes de magnitud de los parámetros considerados.

Se realizaron tres inyecciones de material radiactivo, de las cuales se pudieron obtener valores

calculados que pretenden representar a la nube radiactiva en forma instantánea, teniendo en cuenta que se produce constantemente una dilución y dispersión diferencial según los ejes x e y de la elipse.

En la tercera inyección se realizó un registro continuo de máxima actividad de la nube radiactiva mediante el desplazamiento simultáneo del grupo rastreo sobre la misma.

De las mediciones realizadas se pudieron establecer factores de dispersión encuadrados en los siguientes órdenes de magnitud:

$$\begin{array}{rclclcl} 2 \text{ m}^2/\text{seg.} & \gg & D_x & \gg & 0,03 \text{ m}^2/\text{seg.} \\ 0,03 \text{ m}^2/\text{seg.} & \gg & D_y & \gg & 0,008 \text{ m}^2/\text{seg.} \end{array}$$

Todos los trazadores pudieron ser rastreados hasta una distancia de aproximadamente 1000 m aguas abajo de la zona de inyección. Esto se debió a la presencia de una barrera de remolinos situada en la zona de ingreso a la Vuelta del Hinojo, que provocando una dispersión extrema de la nube radiactiva ha llevado los valores de concentración a niveles iguales o menores a los valores de Actividad de fondo.

En presencia de este fenómeno y con el objeto de interpretar la mecánica del mismo se realizaron con las Sondas Ecoicas instaladas en el Catamarán SRH-49 cuatro perfiles del lecho del río, donde se pudo observar que en la zona de ingreso a la Vuelta del Hinojo se ha formado una depresión en el lecho del río que posee una profundidad de 50 m. aproximadamente. Esta depresión, con la forma de una "olla", comienza unos 100 m. aguas arriba de la barrera de mezcla, y con la influencia de la curva de aproximadamente 100° que describe el Talweg en la Vuelta del Hinojo, provoca variaciones con-

siderables en la magnitud y dirección de la velocidad de las partículas del escurrimiento, que origina una dispersión extrema de los contaminantes solubles que transporta el río.

La dilución que experimenta un agente contaminante está en correlación con la solubilidad, del mismo en el agua, caudal, velocidad del flujo, profundidad del cauce, efectos zonales, Coeficientes de dispersión, Coeficientes de difusión, etc.

En razón de esta interrelación de parámetros se ha tomado la actividad máxima medida, en cada una de las inyecciones realizadas, como un factor de concentración para un determinado espacio (x) y tiempo (t) correlacionando estos valores a fin de establecer órdenes de magnitud en la dilución sufrida por los contaminantes inyectados en el área comprendida entre el punto de inyección y la Barrera de Mezcla, partiendo de:

$$A = A_0 \cdot e^{-Dl \cdot m}$$

En función del espacio.

$$A = A_0 \cdot e^{-Dl \cdot t}$$

En función del tiempo

Se establecieron valores de dilución de los siguientes órdenes:

$$\begin{array}{llll} 0,003 & \gg & Dl_{(x)} & \gg 0,004 \text{ m}^{-1} \\ 0,002 & \gg & Dl_{(t)} & \gg 0,0005 \text{ seg}^{-1} \end{array}$$

En nuestro caso particular, por tratarse de una zona considerada como "Cola de Estuario" está sujeta a las variaciones de marea que sufre el Río de la Plata por cuanto diariamente se registran cambios continuos en la velocidad del flujo del río lo cual provoca dispersiones diferenciales diarias.

A esto debemos sumar los efectos zonales que como hemos visto, la presencia de una Barrera de Mezcla, por variaciones en la magnitud y dirección de la velocidad de las partículas del escurrimiento, provoca factores de dilución extrema.

Como hemos expresado al principio de este trabajo con la metodología descripta intentamos establecer órdenes de magnitud de los parámetros buscados. La aplicación de trazadores radiactivos en grandes ríos para la obtención de valores cuantitativos, es prácticamente imposible de lograr debido a las altas actividades de material radiactivo necesarias para tales fines y que en casi todas las oportunidades, la contaminación radiactiva que se origina o la imposibilidad de su manipulación, constituyen las barreras de su aplicación.