

DETERMINACIÓN DE LA DECLINACIÓN BACTERIANA (T-90) EN LA BAHÍA DE CHIMBOTE

Sebastián C. ⁽¹⁾ csebastian@ipen.gob.pe, Maghella G. ⁽¹⁾ gmaghella@ipen.gob.pe,
Mamani E. ⁽¹⁾ emamani@ipen.gob.pe, Maguiña J. ⁽¹⁾ jmaguiña@ipen.gob.pe

(1) Dirección de Aplicaciones – IPEN / Lima, Perú

1. RESUMEN

El trabajo consistió en calibrar un modelo teórico de inactivación para determinación de T-90, mediante la utilización de trazadores Rodamina B y Iodo-131, inyectados conjuntamente de manera continua en un punto cercano a las descargas actuales de aguas residuales. Así, la influencia de los principales factores ecológicos implicados en la declinación bacteriana (muerte o inactivación), se pueden chequear para la determinación de T-90, siguiendo igualmente la nube de trazador y determinando los picos de máxima concentración o actividad para la toma de muestras para análisis bacteriológico.

2. CONTENIDO

En la costa peruana hay una serie de industrias que normalmente arrojan sus residuos al mar a través de colectores, (siderúrgicas, harineras, pesqueras, etc.), aparte de los efluentes municipales propios de toda ciudad. Como consecuencia de estos colectores, toda una gama de microorganismos se desarrollan y contaminan el mar, perjudicando tanto a la fauna como floras marinas y haciendo imposibles e inseguras tanto las actividades de recreo como la pesca. En el caso que nos concierne, en la Bahía de Chimbote los colectores principales de la ciudad desembocan justamente en esta bahía. La concentración de microorganismos presentes, tanto coliformes totales como fecales, determinan, entre otros, lo que se llama la carga microbiana, que repercute en la calidad de las aguas. En este estudio, se determinó, el grado de declinación bacteriana (T-90), que ocurre cuando la población de microorganismos presentes en un sistema se reduce al 90%.

Un modelo simple logarítmico de mortalidad bacterial provee la predicción adecuada de la desaparición de coliformes con el fin de diseñar emisarios submarinos. El modelo es el siguiente:

$$S_b = 10^{\frac{t}{T_{90}}}$$

En donde:

- S_b = Desaparición de coliformes
- t = tiempo de traslado del campo de aguas residuales en condiciones de movimiento y dilución progresiva.
- T_{90} = tiempo necesario para la desaparición del 90% de los coliformes, en horas.

La dilución total obtenida es simplemente el producto de las diluciones individuales. Esto es para bacteria:

$$S_T = S_i \cdot S_h \cdot S_b = \frac{C_0}{C_t}$$

En donde:

- S_T = Dilución total
- S_i = Dilución inicial
- S_h = Dilución horizontal
- S_b = Desaparición de coliformes
- C_0 = Concentración inicial de coliformes en aguas residuales
- C_t = Concentración de coliformes después de T horas (en las playas)

Los parámetros más importantes en el diseño de emisarios submarinos son el perfil de la densidad de las aguas receptoras, el régimen de corrientes y el T-90. Por lo tanto, las campañas de recolección de datos deben concentrarse en obtener mediciones buenas de estos fenómenos.

Para conocer la tasa de mortandad bacteriana, es necesario descontar el efecto de la dilución. Así, la declinación bacteriana obedece a la Ley de Chick, representada por la ecuación:

$$C_t = C_0 \cdot 10^{-t/T_{90}}$$

donde:

- C_t = Población de coliformes remanentes, después de transcurrido el tiempo t .
 C_0 = Población inicial.
 T_{90} = Tiempo transcurrido requerido para la desaparición del 90% de la población bacteriana.

La ecuación anterior también se puede expresar como:

$$C_t = C_0 e^{-kt}$$

en el cual:

- C_t = Concentración de bacterias en el tiempo t .
 C_0 = Concentración de microorganismos después de la dilución inicial.
 k = Constante de declinación.

de donde:

$$T_{90} = \frac{2.303}{k}$$

que es la Ec. que nos permite calcular el T-90 de las aguas estudiadas.

La medición de T-90 se puede realizar de varias formas, entre las cuales se puede considerar la conveniencia de transportar un volumen grande de desechos al área de descarga y luego se mezcla con éste un trazador conservativo apropiado como Rodamina B o una sustancia radiactiva. Esta mezcla se descarga en forma instantánea o continua al medio marino y se toman varias muestras en el centro de la nube. Es conveniente, medir la concentración inicial tanto del trazador como de los organismos indicadores (por ejemplo, coliformes totales y/o fecales). Para tal efecto, un fluorómetro a bordo brinda mediciones rápidas para definir concentraciones pico de tinte; esto es, la ubicación en donde deberían tomarse las muestras para realizar análisis subsiguientes de laboratorio para organismos indicadores.

En nuestro caso de determinación de T-90, no fue conveniente transportar aguas residuales, ya que la inyección de trazadores se realizó en un punto relativamente cercano a la zona de descarga actual de aguas negras, en donde existe la certeza de tener una gran concentración bacteriana que puede ser

considerada como concentración inicial para las mediciones de T-90. Se vio la conveniencia de asociar los trazadores Rodamina B y Iodo-131 para identificar el cuerpo de agua. Estos se inyectaron en forma continua durante media hora, en el lugar donde se colectó la primera muestra. A partir de ese momento se inició la toma de muestras hasta completar casi 4 horas de trabajo. Para ello fue necesario realizar monitoreos de la actividad a diversos intervalos de tiempo, cruzando la nube en forma transversal a fin de observar los picos de máximas concentración y actividad, para proceder luego al muestreo en dichos puntos.

El procedimiento se llevó a cabo a bordo de dos botes de 8 y 4 toneladas de capacidad, los mismos que permanecían en las inmediaciones de la zona; uno de ellos para permitir recargar Rodamina en el centro de la nube cuando disminuía el límite de detección visual debido a la dilución. La dilución física se realizó in - situ, midiéndose la concentración de Iodo - 131 por medio de un detector de centelleo, sumergido a 20 cm de profundidad, con ayuda de un flotador lastreado construido con boyas.

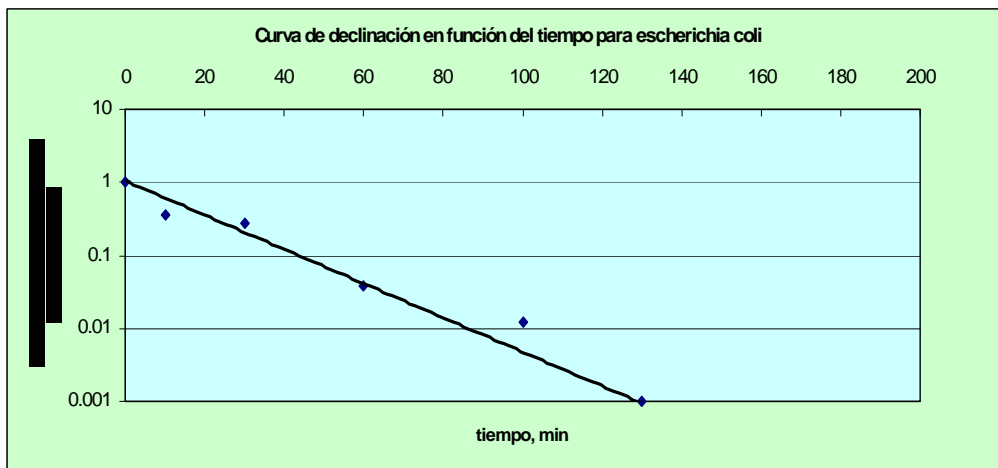
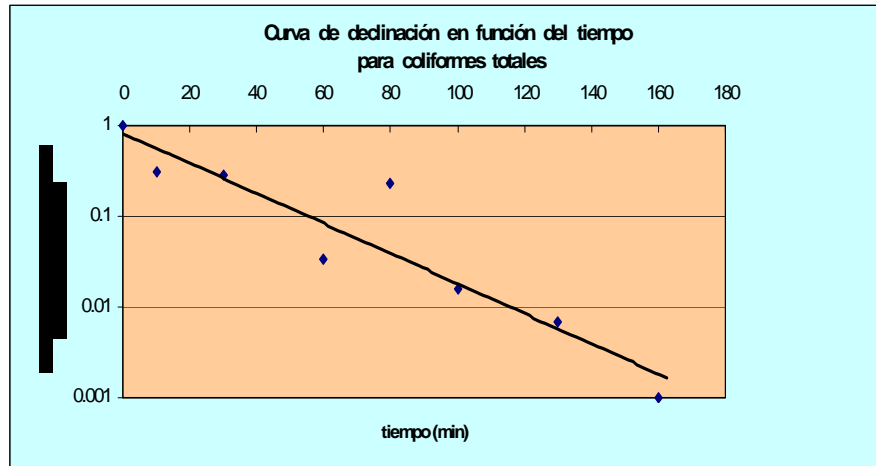
Nota: Las mediciones se iniciaron con la inyección continua, durante 30 minutos, de 5 kg de colorante mezclados y homogenizados con aproximadamente 600 mCi de I-131 como radiotrazador y con agua, hasta completar un volumen de 220 litros en un recipiente adecuado.

Entre dos muestreos sucesivos, el bote mayor aguardaba fuera de la mancha de colorante para evitar la perturbación del cuerpo de agua marcado. Al momento del muestreo, este se aproximaba con una velocidad mínima en dirección perpendicular al eje mayor del elipsoide formado y con el detector sumergido. A medida que el bote ingresaba al cuerpo de agua marcado, la concentración de I-131 aumentaba hasta alcanzar un valor máximo. En el punto de máximo conteo se tomaba la muestra para colimetría, registrándose además el valor de la actividad.

Los valores del T-90 obtenidos son de aproximadamente 55 y 45 minutos para coliformes totales y *Escherichia coli* respectivamente. Esto significa que al cabo de este tiempo solamente sobreviven el 10% de los microorganismos que inicialmente se encontraban presentes. Dado que se trata de un sistema dinámico debido a la

alimentación permanente de estos agentes microbianos por efecto de los colectores y a las características propias del agua de mar, mientras mueren unos, nacen otros, de modo que la carga microbiana siempre está presente en las proximidades del colector. Es muy importante el tiempo entre la toma de muestra y el análisis, dado que si no se realiza con

prontitud, se presenta la posibilidad de no obtener buenos resultados al hacer los cultivos correspondientes de los agentes microbianos, es por esto que se mantienen las muestras a temperatura baja. Es necesario realizar nuevas campañas para afinar la metodología para determinación del T – 90, evitando en lo posible muestras anómalas.



3. REFERENCIAS

- [1] Salas, H. Emisarios Submarinos, Enfoque General, Conceptos Básicos de Diseño. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente – Lima, 1994.
- [2] Salas, H. Historia y Aplicación de Normas Microbiológicas de Calidad de Agua en el Medio Marino. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente (CEPIS), Lima, 1994.