

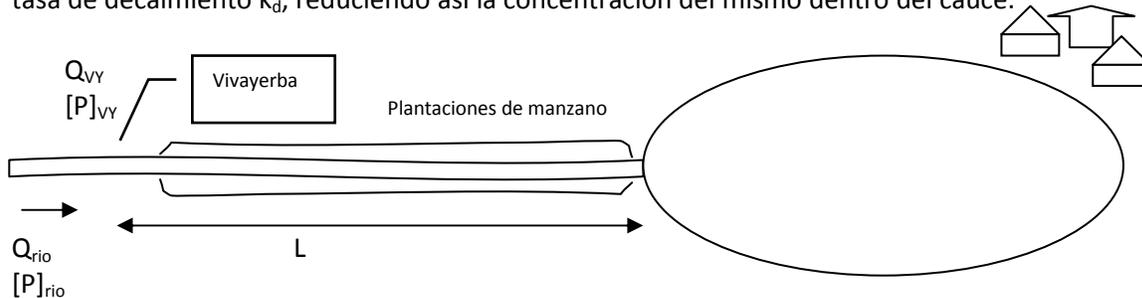
## Tarea 1

### Balance de masa, mezcla completa y flujo pistón

---

#### Problema 1.

La empresa productora de fertilizantes Vivayerba dentro de su cadena de producción genera un residuo industrial líquido de alto contenido de fósforo, el cual es descargado directamente al río Santa Beatriz. Este río desemboca en la laguna Alfonsina, la cual representa una fuente de turismo y desarrollo local dentro de la región, por lo cual su cuidado es particularmente regulado por las autoridades, y como consecuencia de esto la empresa se encuentra bajo estricta vigilancia y requiere de asegurar que la calidad de agua efluente al lado desde el río siga las indicaciones del decreto supremo 90, que regula la emisión de contaminantes en cauces de aguas naturales. Para realizar esto y cumplir con la normativa, la empresa al momento de la descarga agrega un elemento coagulante el cual genera una reacción de segundo orden del contaminante con una tasa de decaimiento  $k_d$ , reduciendo así la concentración del mismo dentro del cauce.



a. Encuentre una expresión algebraica que represente la concentración de fósforo en el río, dadas las condiciones anteriormente expuestas.

b. Gracias al convenio que las autoridades locales llegaron con los dueños de la empresa Vivayerba, plantaciones de manzanos comenzaron a desarrollarse en el último tramo del río previo a desembocar en el lago, por supuesto con la utilización de fertilizantes producidos en la planta local. La utilización en exceso de estos productos de base fosfato en este sector, hacen que debido a procesos de transporte de nutrientes cierta cantidad de fósforo percole hacia el río, constituyendo entonces un nuevo aporte de fósforo al cauce del río. Suponiendo que los cultivos generan una tasa de percolación de  $t_{\text{per}} \left[ \frac{M}{L \cdot T} \right]$  y un aporte de caudal por unidad de largo del río  $q \left( \frac{L^3/T}{L} \right)$ , encuentre las expresiones que representan la concentración para el río, sabiendo que los cultivos ocupan un largo  $\frac{2L}{3}$ .

Indicación: considerar cultivos a ambos lados del río y notar que se produce un cambio en la ecuación de balance volumétrico.

## Problema 2

Considere un lago con un volumen  $V_{\text{lago}}$ , que es alimentado por un río con un caudal constante  $Q_{\text{río}}$  y con una concentración de un contaminante orgánico  $C_{\text{río}}$ . Dentro de este lago, dos empresas que tienen sus instalaciones en el borde descargan sus residuos directamente sobre el lago con caudales  $Q_{\text{p1}}$  y  $Q_{\text{p2}}$ , y de concentraciones  $C_{\text{p1}}$  y  $C_{\text{p2}}$ . Este lago tiene un cauce de evacuación, de valor  $Q_{\text{sal}}$ . Además, posee la particularidad de tener un área  $A_{\text{inf}}$  en el fondo que filtra agua hacia un acuífero de grandes profundidades, a una tasa de infiltración  $I$ , donde se filtra solamente agua sin solución de contaminante. Estudios químicos del lago informan que dentro del lago se da una reacción de 1er orden del contaminante orgánico, con una constante de valor  $K_d$ .

Dada esta situación y asumiendo mezcla completa para el lago, se solicita:

- a. Calcular la concentración de equilibrio del lago, asumiendo régimen permanente.
- b. El valor de concentración anteriormente obtenido resulta inaceptable, por lo cual es imperante cerrar una o ambas empresas. Determine cuál(es) de ella(s) deben ser clausuradas para obtener un valor de concentración del contaminante inferior a 7 [mg/L].
- c. ¿Cuánto tiempo tardará en alcanzarse una concentración de 7 mg/L una vez cerrada la(s) planta(s)? Considere para este cálculo como condición inicial el equilibrio obtenido en la parte a.

Parámetro	Unidad	Medida	Parámetro	Unidad	Medida
$Q_{\text{río}}$	$[\text{m}^3/\text{s}]$	9,2	$C_{\text{río}}$	$[\text{mg}/\text{L}]$	15
$Q_{\text{P1}}$	$[\text{m}^3/\text{s}]$	0,8	$C_{\text{P1}}$	$[\text{mg}/\text{L}]$	300
$Q_{\text{P2}}$	$[\text{m}^3/\text{s}]$	0,6	$C_{\text{P2}}$	$[\text{mg}/\text{L}]$	250
$A_{\text{inf}}$	$[\text{m}^2]$	750	$K_d$	$[\text{1}/\text{día}]$	0,18
$l$	$[\text{m}/\text{día}]$	86,4	$V_{\text{lago}}$	$[\text{m}^3]$	$1,8 * 10^7$

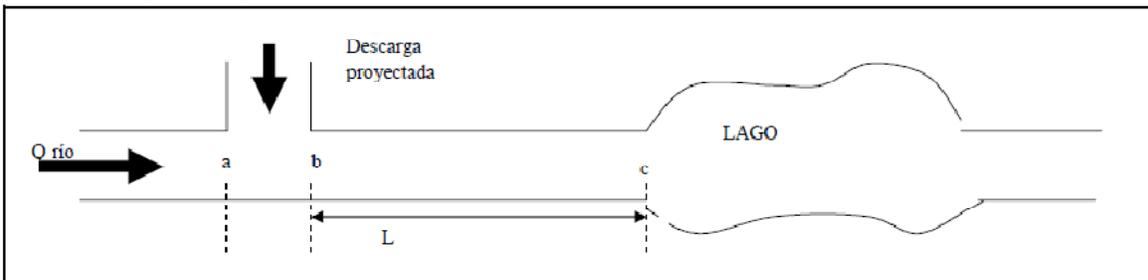
Indicación: el volumen del lago se mantiene constante.

### Problema 3

El sistema de la figura muestra un río que desemboca en un lago, el cual transporta una cierta cantidad de sedimentos en suspensión. Se contempla incorporar al río agua que proviene de un proceso industrial y que se obtuvo de la napa subterránea. Se quiere calcular el efecto que tendrá este aporte de caudal en la cantidad de sedimentos que llegará al lago. Para esto se pide que determines la concentración de entrada en el lago considerando los siguientes datos del problema.

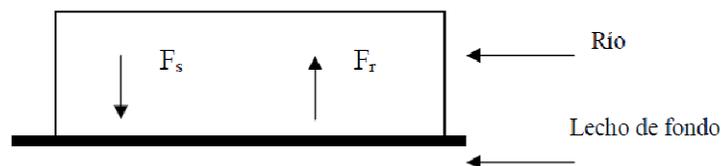
Datos del problema

$Q_a$ ,  $C_a$ ,  $Q_{\text{descarga}}$ ,  $C_{\text{descarga}}$ ,  $b$  (ancho de río),  $h$  (altura de escurrimiento),  $L$ .



### Indicaciones

1. Asuma que el sistema está bien mezclado en la vertical
2. Desarrollar como Flujo Pistón.
3. El problema de sedimentos implica que hay resuspensión y sedimentación, con sus respectivas tasas. Para incluir este efecto se sugiere considerar el siguiente sistema.



Donde:

$F_r$  = Flujo de resuspensión por unidad de área. Este proceso se define como de orden cero con una tasa igual a  $E_r$   $[\text{M}/\text{T}/\text{L}^3]$

$F_s$  = flujo de sedimentación por unidad de área. Este proceso se define como de primer orden con una tasa de sedimentación igual a  $K_s$   $[\text{1}/\text{T}]$