

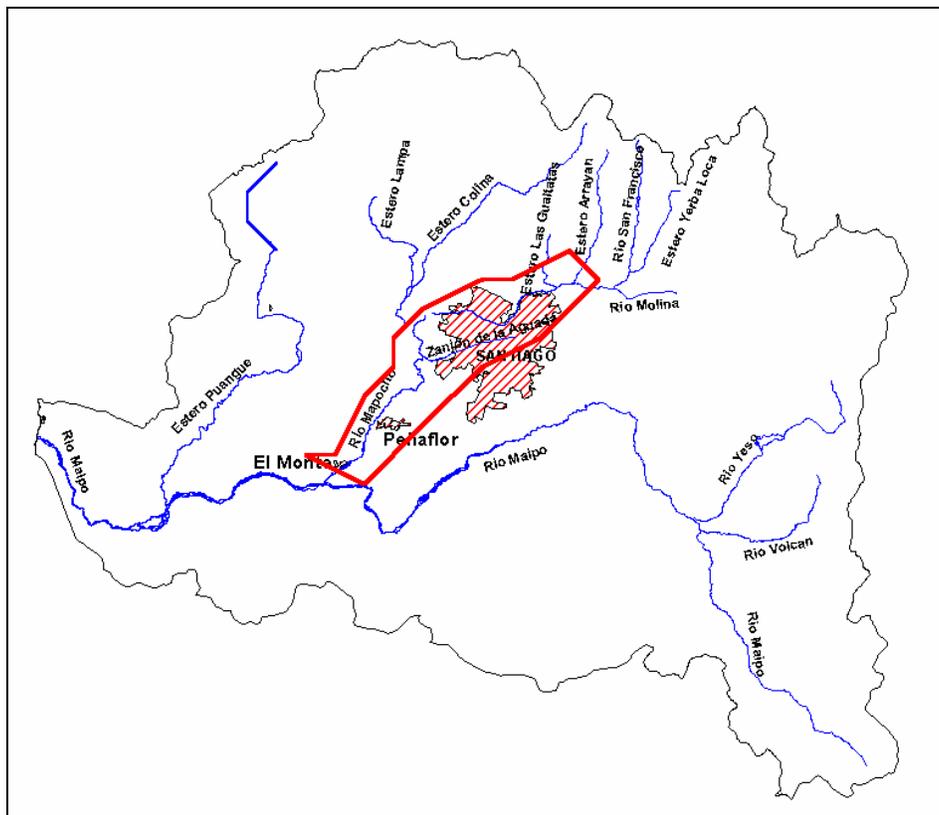
**CI 51D CONTAMINACION DE RECURSOS HIDRICOS  
SEMESTRE PRIMAVERA 2005  
EJERCICIO PRACTICO 2**

**Noviembre 8, 2005**

El objetivo de esta Ejercicio es desarrollar un modelo de simulación para estudiar la calidad del agua a lo largo del río Mapocho. Los parámetros a analizar son OD y DBO.

El río Mapocho recibe diversas descargas en diferentes sectores a lo largo de su recorrido, el cual termina en el río Maipo a 96 Km de su nacimiento en la zona de Mapocho en Los Almendros. La ubicación del área de estudio se presenta en la Figura 1, mientras que un diagrama que ilustra las entradas y salidas a lo largo del río se presenta en la Figura 2.

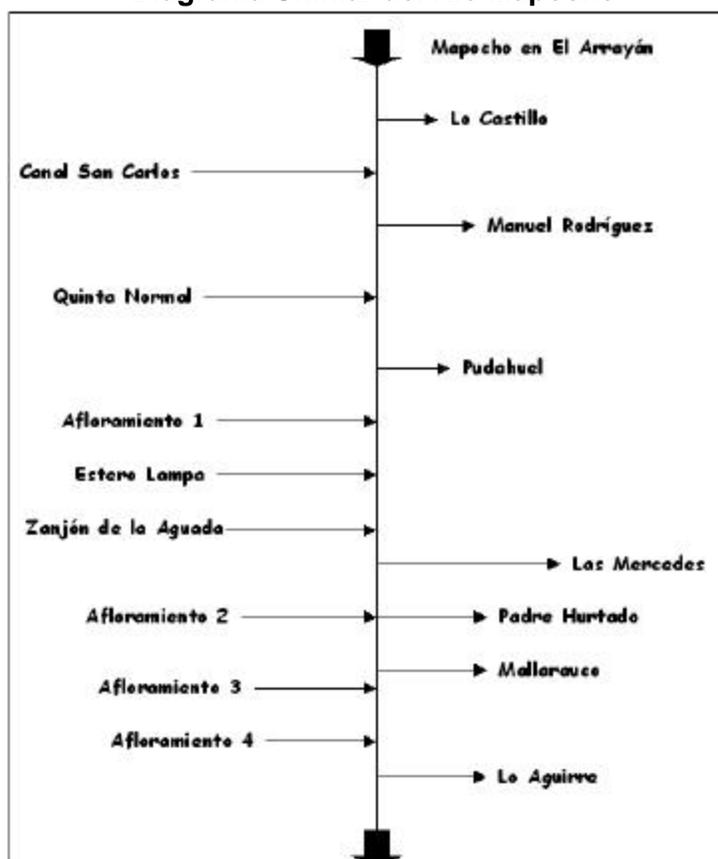
**Figura 1  
Ubicación del Área de Estudio**



La información sobre los caudales medios en el río, así como las diferentes extracciones y descargas a lo largo de su recorrido se presentan en la Tabla 1.

La información sobre la calidad del agua en diferentes descargas hacia el río Mapocho se presentan en la Tabla 2. Esta información histórica fue obtenida el año 1980 y corresponde a datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto.

**Figura 2**  
**Diagrama Unifilar del Río Mapocho**



**Tabla 1**  
**Topología y Caudales Río Mapocho (1980)**

NODO	NOMBRE	Km	APORTE (m <sup>3</sup> /s)	EXTRACCION (m <sup>3</sup> /s)
1	El Arrayán	0	7.90	-
2	Lo Castillo	8	-	1.31
3	Canal San Carlos	15	22.46	-
4	Manuel Rodríguez	21	-	2.78
5	Quinta Normal	28	2.92	-
6	Pudahuel	37	-	0.42
7	Afloramiento 1	41	1.13	-
8	Estero Lampa	43	2.00	-
9	Zanjón de la Aguada	49	2.00	-
10	Las Mercedes	53	-	8.25
11	Afloramientos 2	62	2.22	-
12	Padre Hurtado	63	-	0.79
13	El Trebal	70	-	-
14	Mallarauco	71	-	0.83
15	Afloramientos 3	74	2.22	-
16	Afloramientos 4	85	2.22	-
17	El Monte	88	-	0.95
18	Río Mapocho/Río Maipo	96	-	-

**Tabla 2**  
**Características de las Descargas Históricas (Año 1980)**

<b>Nodo</b>	<b>Nombre</b>	<b>DBO mg/l</b>	<b>OD mg/l</b>
1	El Arrayán	0.40	10.60
3	Canal San Carlos	12.60	10.20
5	Quinta Normal	280.00	0.00
7	Afloramiento 1	1.90	8.20
8	Esterio Lampa	9.60	1.80
9	Zanjón de la Aguada	50.00	4.00
11	Afloramiento 2	1.90	8.20
14	Afloramiento 3	1.90	8.20
15	Afloramiento 4	1.90	8.20

La tasa de reaeración,  $k_2$ , debe ser estimada con la fórmula de O'Connors y Dobbins. No existe dispersión. Utilice una temperatura promedio de 15°C para el agua en el río Mapocho a lo largo de su recorrido.

Las siguientes expresiones muestran las relaciones de velocidad y altura de escurrimiento en función del caudal de los tramos definidos. Estas expresiones fueron elaboradas a partir de datos de las estaciones fluviométricas existentes en Mapocho en Los Almendros y Mapocho en Rinconada.

- **Tramo 1: Mapocho en Arrayán - San Carlos**

$$u = 0,493 \cdot Q^{0,493} \quad (1a)$$

$$H = 0,21 \cdot Q^{0,323} \quad (1b)$$

- **Tramo 2: San Carlos – Mapocho en Desembocadura**

$$u = 0,201 \cdot Q^{0,431} \quad (2a)$$

$$H = 0,364 \cdot Q^{0,434} \quad (2b)$$

donde:

- u : Velocidad promedio en el tramo del cauce, m/s
- H : Altura de Escurrimiento de agua en el tramo, m
- Q : Caudal asociado al tramo, m<sup>3</sup>/s

## TRABAJO A DESARROLLAR

### 1. Construcción de Modelo de Simulación y Análisis de Sensibilidad

- Construya un modelo de simulación en EXCEL que represente la topología del río Mapocho al año 1980 (entradas y salidas de caudal, así como las distancias). Utilice las ecuaciones para OD y DBO que se incluyeron en los apuntes entregados a mediados del semestre. La tasa de reaireación,  $k_2$ , debe ser estimada con la fórmula de O'Connors y Dobbins. Considere un  $\Delta x$  de 0.5 Km.
- Considere un valor del coeficiente de desoxigenación,  $k_1$ , igual a 0.2 1/día y un coeficiente o tasa de sedimentación,  $k_s$ , igual a 0.0 1/día. Determine la distribución espacial de OD y DBO a lo largo del río. Comente sus resultados y relaciónelo con la existencia de descargas y extracciones.
- Aumente el valor de  $k_1$  a 0.4 1/día y mantenga  $k_s$  igual a 0.0 1/día. Compare sus resultados con el caso anterior y comente.
- Considere un valor de  $k_3$  igual a 3.0 1/día en el tramo comprendido entre Afloramiento 1 (7) y Zanjón de La Aguada (9). En el resto de los tramos considere este valor igual a 0 1/día. Mantenga  $k_1$  igual a 0.2 1/día. Compare con sus resultados anteriores. Comente.

### 2. Calibración Modelo de Simulación

- Calibre el modelo de simulación para que reproduzca datos medidos en el río Mapocho durante el año 1980. Los parámetros a modificar para este análisis son la tasa de desoxigenación,  $k_1$ , y la tasa de sedimentación,  $k_s$ . La información necesaria para este análisis se presenta en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3**  
**Valores Observados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)**

Nodo	Nombre	DBO observada		
		Mínima	Media	Máxima
1	El Arrayán	0.4	0.5	0.7
3	Canal San Carlos	10.3	16.6	21
6	Pudahuel	33.7	43.4	49.5
10	Las Mercedes	14.6	21.1	26
14	Afloramiento 3	15.2	20.2	22.8
16	El Monte	20.9	23.2	25.5

**Tabla 4**  
**Valores Observados de Oxígeno Disuelto (mg/L)**

Nodo	Nombre	OD observada		
		Mínima	Media	Máxima
1	El Arrayán	8.8	10.2	10.9
3	Canal San Carlos	8.7	9.7	10.5
4	Manuel Rodríguez	-	8.5	-
6	Pudahuel	3.2	6.6	8.8
10	Las Mercedes	4.6	5.6	6.7
14	Afloramiento 3	6.3	7.3	7.7
16	El Monte	7.1	8.3	11.4

Para efectos de la calibración considere que el valor de  $k_1$  puede estar comprendido entre 0.1 y 0.5 1/día, mientras que el valor de  $k_3$  debiera estar en el rango 0.0 a 6.0 1/día. Comente sus resultados. Ojo con el tramo en el cual los valores de  $k_3$  son diferentes a cero. Referirse a parte 1 de la actividad.

### 3. Uso en situación Predictiva

Utilice el modelo de simulación calibrado en el paso anterior para evaluar el cambio en la calidad del agua del río Mapocho considerando los cambios introducidos con la presencia de plantas de tratamiento a lo largo de su recorrido. Considere que la hidrología de 1980 se mantendrá invariante para el año 2010.

La presencia de las plantas de tratamiento y del Plan de Saneamiento de la Región Metropolitana significará un cambio en la calidad de las diferentes descargas existentes, las cuales se incluyen en la Tabla 5. En esta tabla se ha destacado en amarillo la presencia de las tres plantas que estarán operando al año 2010, las que producirán un caudal total de 15 m<sup>3</sup>/s cumpliendo con el Decreto 90/2000 sobre descargas de RILes a curso de agua.

**Tabla 5**  
**Características de las Descargas Futuras (Año 2010)**

Nodo	Nombre	Q (m <sup>3</sup> /s)	DBO mg/l	OD mg/l
1	El Arrayán	7.90	0.4	10.6
3	Canal San Carlos	22.46	0.4	10.6
5	Planta Nogales	5.00	35.0	7.0
7	Afloramiento 1	1.13	1.9	8.2
8	Esterio Lampa	2.00	0.4	10.6
9	Planta La Farfana	7.00	35.0	7.0
11	Afloramiento 2	2.22	1.9	8.2
13	Planta El Trebal	3.00	35.0	7.0
15	Afloramiento 3	2.22	1.9	8.2
16	Afloramiento 4	2.22	1.9	8.2

Grafique y comente sus resultados. ¿Cuánto se mejora la calidad del río Mapocho en el año 2010 comparado con el año 1980?

**Fecha Máxima de Entrega: 12 de Diciembre 2005 en grupos de a dos integrantes.**