

IMPACTO DE LAS DESCARGAS CLOCALES DE CONCORDIA Y SALTO EN EL RÍO URUGUAY

Alejandro Zabalett, Julio Cardini, Daniel Mársico y Néstor Oliver

Grupo de Estudio de la Contaminación del Río Uruguay (GECRU)
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay (FRCU)
Ingeniero Pereira 676 (CP 3260) TE/Fax: 03442425541 / 03442423803
e-mail: zabaleta@frcu.utn.edu.ar

RESUMEN

Se ha efectuado una modelación unidimensional de la calidad de agua del Río Uruguay para evaluar el impacto de las descargas de líquidos cloacales crudos de las ciudades de Concordia y Salto, empleando el Modelo MIKE11. Se evaluó el impacto en la zona de Colón, ubicada 80 km aguas abajo.

Se implementó un modelo matemático unidimensional del Río Uruguay, se estimaron las descargas cloacales máxicas medias diarias de Concordia y Salto y se modeló el impacto sobre la concentración de bacterias coliformes fecales en el área de Colón bajo diferentes hipótesis de caudal.

Las concentraciones de bacterias coliformes fecales resultantes en el río por dilución y decaimiento bacteriano son del orden de 300 UFC/100ml en condiciones de aguas bajas en invierno (con menor decaimiento y mínima dilución) hasta 35 a 40 UFC/100ml en condiciones de aguas medias o altas en verano (mayor decaimiento y dilución).

En aguas bajas, debido a la menor dilución, las concentraciones que arriban a la zona de Colón pueden llegar a exceder el nivel Guía promedio de balneabilidad establecido por la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU) que es de 200 UFC/100ml. Si se trataran los líquidos cloacales de la ciudad de Concordia, se reduciría a un 36 % la descarga, con lo que la influencia sobre la ciudad de Colón se verá reducida en la misma magnitud, alcanzando unos 110 UFC/100ml en condiciones de aguas bajas en invierno (la mitad del nivel Guía promedio).

Si dentro de 30 años, se produjera el tratamiento de los líquidos de Concordia y no los de Salto, se incrementaría en un 26% la concentración de colifecales en Colón respecto a la condición actual, ascendiendo a unos 140 UFC/100ml, valor cercano al nivel Guía promedio.

Gran parte de la contaminación que el río trae a la altura de Colón, según los resultados de los muestreos y análisis efectuados, está causada por las descargas de las ciudades de Concordia y Salto las cuales acercan los valores de base de bacterias coliformes fecales en el río, al nivel Guía promedio para balneabilidad.

Palabras Clave: Contaminación Cloacal, Río Uruguay, Modelación Matemática Unidimensional, Concordia, Colón.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del estudio consistió en evaluar el impacto en la calidad del agua del Río Uruguay de los vertidos cloacales de las ciudades de Concordia (República Argentina) y Salto (República Oriental del Uruguay), y su efecto sobre ciudades como Colón (República Argentina) varios kilómetros aguas debajo de la descarga.

METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para la investigación parte de la selección de un indicador de calidad de agua representativo del fenómeno que se desea estudiar (habiéndose elegido la concentración de bacterias coliformes fecales), la realización de muestreos de agua y análisis para determinar la distribución de dicha concentración en el río, la implementación y calibración de un modelo hidrodinámico para obtener el campo de velocidades del flujo en un sector fluvial representativo del área de estudio, y la posterior simulación del transporte de los contaminantes vertidos por las descargas cloacales de las ciudades comprendidas en dicho sector.

La obtención de un razonable ajuste de las concentraciones medidas en relación con los resultados del modelo, permite confirmar que el fenómeno de dispersión de contaminantes está correctamente analizado, simular otras condiciones hídricas no medidas, y obtener conclusiones válidas.

Modelación unidimensional

A través del modelo Unidimensional Hidrodinámico MIKE 11, previamente calibrado, se realizó una simulación de los niveles y caudales en el Río Uruguay desde Concordia (cerca a la Presa de Salto Grande) hasta Nueva Palmira.

Este modelo requiere para su operación de la especificación de los niveles aguas abajo (en Nueva Palmira) y los caudales erogados por la represa Salto Grande aguas arriba, los cuales se determinan en función de los niveles del río en Concordia, aplicando una ley altura/caudal, verificada con los datos de caudal de la represa.

Con los datos de niveles y caudales registrados durante para distintos puertos del río, se realizaron comparaciones entre los resultados de las corridas de modelo y los datos medidos, a partir de lo cual fue posible la calibración. Para el tramo considerado, se tomaron coeficientes de rugosidad ó Manning, variables longitudinalmente entre 0.021 a 0.040 concordantes con simulaciones realizadas para el período 2002-2003.

Descargas cloacales

Para efectuar la estimación de las descargas cloacales, ante la imposibilidad material de muestrear estadísticamente la calidad de los líquidos descargados, se emplearon los procedimientos que se resumen a continuación:

- Parámetros de cantidad de conexiones cloacales y dotaciones medias correspondientes.
- Condiciones típicas de variabilidad diurna y anual de las dotaciones de agua y de descargas.

- Cierres aproximados de balances de masa de coliformes fecales para las fechas de medición, teniendo en cuenta los valores de base que llegan desde aguas arriba de Colón, y los valores medidos en las diferentes transectas muestreadas.

A los efectos de nuestro estudio, los caudales máximos, medios y mínimos diarios representan condiciones extremas y medias de carga contaminante descargada en el río, que combinadas con las condiciones de caudal fluvial que se produzcan, generarán un impacto variable sobre las concentraciones de contaminantes que se registren aguas abajo de las descargas.

En consecuencia, puede estimarse que los máximos impactos en términos de concentraciones de bacterias coliformes en el río se producirán en coincidencia con bajos caudales fluviales (que suelen producirse en verano), junto con máximos consumos de agua y por lo tanto máximas descargas medias diarias (que también ocurren en verano). Por lo tanto, se advierte que este proceso es muy dinámico y variable en el tiempo, siendo imposible caracterizarlo fehacientemente en forma “estática” empleando unas pocas mediciones “representativas”.

De acuerdo a la información recopilada la descarga cloacal de la Ciudad de Concordia se realiza principalmente a través de los colectores de calles San Luis y 25 de Mayo ubicados en la posición que se presenta en la Figura N° 1.

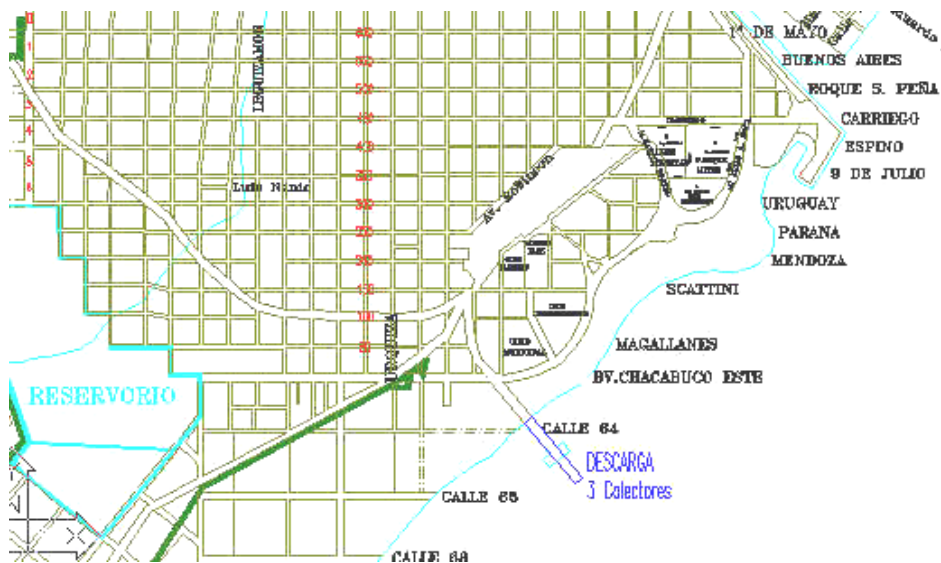


Figura N° 1. Ubicación de la descarga cloacal de la ciudad de Concordia

La población de la ciudad de Concordia según Censo del año 2001 es de 141.528 hab., asumiendo una población servida de 145.000 hab. (dato proporcionado por los responsables de la prestación del servicio) cuya descarga sale predominantemente por la Cloaca San Luis/25 de Mayo, en coordenadas aprox. E 6403500, N 6525200, se estima el caudal másico de la siguiente manera:

Se asume además, que un valor de 3,5 habitantes servidos por conexión sobre un total de 25000 conexiones cloacales informadas, equivaldría a una población servida de 87.500 habitantes.

La suma de todas las parcelas de consumo mencionadas llevan al valor medio total, generalmente designado como “consumo per cápita” o “cuota per cápita” (valor medio anual), que puede estimarse en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1. Valores típicos de la Cuota per cápita de poblaciones con y sin servicio de medidores.

Población	Servicio con Medidores	Servicio sin Medidores
Hasta 5.000 habitantes	100-150 litros/cap.	200-300 litros/cap
De 5.000 a 25.000 hab.	150-200 litros/cap.	300-400 litros/cap
De 25.000 a 100.000 hab.	200-250 litros/cap	400-500 litros/cap
Encima de 100.000 hab. ¹	250-300 litros/cap	500-600 litros/cap

Notas: ¹ Dentro de este rango se encuentran las ciudades de Concordia y Salto, aunque la ciudad de Salto apenas supera el límite del rango anterior, y la población servida es inferior a 100.000 hab.

Si se adopta una dotación **media de 500 l/hab/día** (valor mínimo en el intervalo que corresponde a la ciudad de Concordia) para la población de 145.000 hab., resultarían 72.500 m³/día, lo que difiere con lo informado por el prestador del servicio (59100 m³/día). Esto representa un 82% de la dotación estimada.

Si tomáramos una población servida con red cloacal de 87.500 habitantes, y considerando que el flujo cloacal típicamente es del 70% del uso doméstico, se obtiene un caudal cloacal medio diario de 0,29 m³/s:

$$Q = 87.500 \text{ personas} * 500 \text{ l/hab/día} * 70\% * 82\% = 29.964 \text{ m}^3/\text{día} = 0,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

La descarga industrial posee una influencia menor en el caudal erogado por el sistema, y no aporta una cantidad significativa de coliformes fecales (Henry, 1999), por lo que no es considerada en el presente cálculo.

En cuanto a la variabilidad diaria del flujo cloacal urbano (no industrial), se puede adoptar un factor del orden de 1,5. Si estos factores se aplican al flujo urbano, implica que en el día pico, el **caudal máximo promedio diario** podría alcanzar un valor del orden de 0,43 m³/s.

El valor de **caudal mínimo** puede obtenerse aproximadamente con el cálculo del producto del caudal cloacal medio diario (0,29 m³/s) por la variabilidad diaria mínima (0,7) lo que da un valor de 0,20 m³/s. A su vez, el **caudal máximo horario** puede calcularse con un factor adicional del orden de 1,5, a través del producto del caudal total medio diario (0,29 m³/s) por dicho factor (1,5) lo que da un valor de 0,65 m³/s.

Según Kiely (1999), la calidad bacteriológica de un líquido cloacal crudo, puede estimarse en el siguiente rango:

Para coliformes totales: entre 100 y 1000 x 10⁶ UFC/100 ml,
 Para coliformes fecales: entre 10 y 100 x 10⁶ UFC/100 ml (un orden de magnitud menor).

La carga másica máxima considerada en Concordia, en condiciones medias de caudal, es:
 0,6 m³/s x 10⁸ UFC/100 ml = 6 x 10⁷ UFC/100 ml (coliformes fecales)

Para la ciudad de Salto, la descarga cloacal se ubica aproximadamente en las coordenadas E 6407200, N 6528000 (Figura N° 2).



Figura N° 2. Descarga cloacal de la ciudad de Salto

Los datos censales disponibles en la Tabla N° 2 muestran que el crecimiento del Departamento y ciudad de Salto.

Tabla N° 2. Datos demográficos de los últimos censos del departamento y ciudad de Salto

Departamento Salto (Superficie: 14.163 Km2)	Ciudad Salto
(1963) 92.216 habitantes	(1963) 57.714 habitantes
(1985) 108.487 habitantes	(1985) 80.823 habitantes
(1996) 118.013 habitantes	(1996) 93.417 habitantes

La tasa de crecimiento intercensal de la década precedente es del 15,6%, similar a la de Concordia, por lo que se estima para la actualidad una población de 108.000 habitantes, con una cobertura cloacal inferior a los 100.000 habitantes.

Considerando la información del Instituto Nacional de Estadística de la República Oriental del Uruguay, según los datos del VII Censo General de Población, III de Hogares y V de Viviendas - Año 1996, puede estimarse que en la actualidad existen al menos 24.000 viviendas conectadas a la red de agua potable, de las cuales al menos 16.000 se encuentran conectadas a la red cloacal.

Considerando una media de 3,5 personas por vivienda (104.031 habitantes/ 29.235 viviendas) (INE, 1996), las viviendas conectadas corresponden a $16.000 * 3,5 = 56.000$ personas, y teniendo en cuenta una dotación de 400 lt/hab/día, resulta un caudal medio de $Q = 56.000 \text{ personas} * 400 \text{ l/hab/día} * 70\% = 15.680 \text{ m}^3/\text{día} = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para Salto se informa al 2003 la existencia de 11.746 conexiones, correspondientes a una cobertura del 51% de una población de 82.779 habitantes (coincidentalmente, 3,5 habitantes/conexión). Considerando vertido directo, la concentración de bacterias coliformes en la descarga cruda debería ser similar a la adoptada para Concordia. Sin embargo, como se verá en lo sucesivo, esa hipótesis contradice los resultados de las mediciones de concentración de coliformes fecales en el río efectuadas en el año 2005, para las cuales se encontraron órdenes de magnitud muy superiores en la costa argentina que en la uruguaya.

Se debió suponer entonces, que al menos durante el período de tiempo en el que se realizaron las mediciones en el río, la concentración de coliformes en la descarga se encontraba reducida (hipótesis que se consideró que debía ser confirmada o refutada en estudios posteriores con mayor cantidad de información de campo).

El muestro realizado en el año 2005, como se verá a continuación, arrojó la existencia de niveles altos de contaminación también en cercanías de la costa uruguaya, con lo cual no fue necesario adoptar una hipótesis de reducción de la carga contaminante en este caso.

Considerando entonces un caudal del orden de $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ y una descarga cloacal con una concentración igual a la asumida para Concordia ($100.000.000 \text{ UFC}/100\text{ml}$), la carga másica máxima adoptada es de $0,2 \text{ m}^3/\text{s} \times 10^8 \text{ UFC}/100 \text{ ml} = 2 \cdot 10^7 \text{ UFC} /100 \text{ ml}$. (coliformes fecales)

EVOLUCION ESPACIAL DE LOS COLIFORMES FECALES EN EL TRAMO CONCORDIA-COLON

Cargas másicas consideradas

Ciudad de Concordia

La carga másica considerada, en condiciones medias, para el Escenario Actual, es:
 $0,287 \text{ m}^3/\text{s} \times 10^7 \text{ UFC}/100 \text{ ml} = 2,87 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{UFC}/100 \text{ ml}$

Para el Escenario a 30 años, si no se efectuara una planta de tratamiento, considerando una proyección demográfica con una tasa de crecimiento del 14.5 %, resultaría una descarga másica de $4,87 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{UFC}/100 \text{ ml}$

Ciudad de Salto

La carga másica considerada, en condiciones medias, para el Escenario Actual, es:
 $0,159 \text{ m}^3/\text{s} \times 10^7 \text{ UFC}/100 \text{ ml} = 1,59 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{UFC}/100 \text{ ml}$

De igual manera a lo realizado para la ciudad de Concordia, para Salto un escenario a 30 años, de no efectuarse una planta de tratamiento, considerando una proyección demográfica con una tasa de crecimiento del 8 %, resultaría una descarga másica de $2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{UFC}/100 \text{ ml}$.

Condiciones hidráulicas fluviales

Se analizó primeramente una corrida para el año 2004, individualizando las fechas en que, en Concepción del Uruguay se dan los niveles bajos, medios y altos de las aguas, a los efectos de estudiar la influencia de las descargas de Concordia sobre la ciudad de Colón, como indicador del efecto sobre la zona de intenso uso balneario/turístico del río, que se desarrolla desde dicha ciudad hasta Concepción del Uruguay. Se estudió la variación espacial y temporal de la contaminación analizando diferentes condiciones iniciales de contaminantes y coeficientes de decaimiento según la época del año en consideración.

A continuación se desarrolla el estudio de la evolución de contaminantes realizado en condiciones de Aguas Bajas.

Análisis para niveles de Aguas Bajas (1 metro en Concepción del Uruguay)

Sobre todo el período simulado de la corrida hidrodinámica, se eligió el período de invierno que va desde 26/05/04 al 2/06/04.

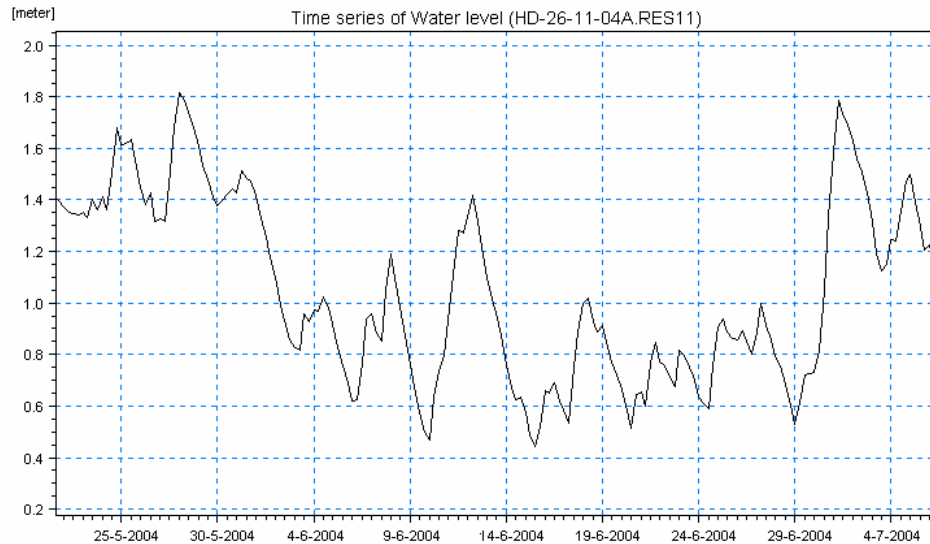


Figura N° 3. Variación de niveles en Aguas Bajas para una serie de tiempo en Concepción del Uruguay (2004)

Las condiciones de descarga consideradas en Concordia y Salto, si bien son estimativas, permiten representar adecuadamente el orden de magnitud del fenómeno.

Primera Estimación: sin concentración de base inicial y sin decaimiento (Colis 0.000000 millones UFC/100 ml iniciales, Decaimiento 0, Archivo: HD-16-02-05B.res11)

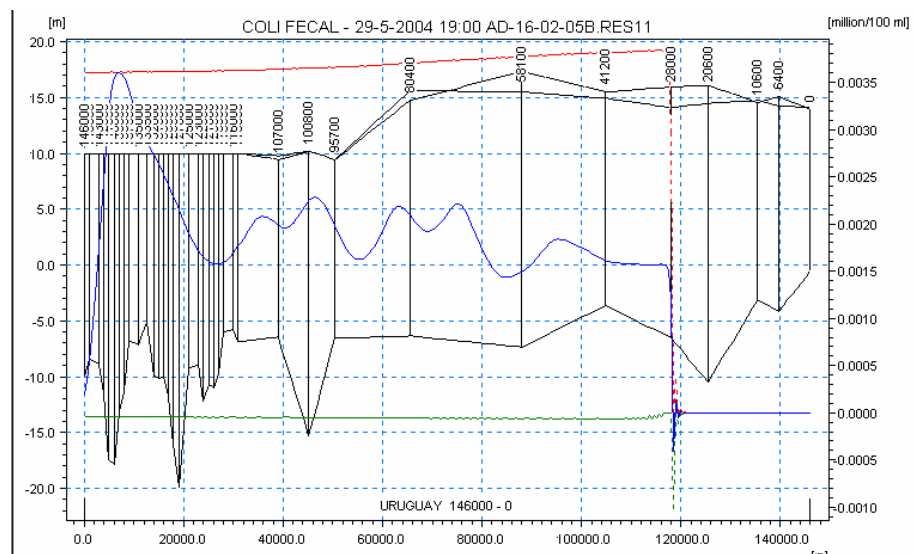


Figura N° 4. Simulación longitudinal de la concentración de Coliformes Fecales sin concentración de base inicial y sin decaimiento (Aguas Bajas-2004)

Nota: la línea azul muestra la concentración instantánea, mientras que las líneas roja y verde muestran los valores máximo y mínimo, respectivamente. La progresiva del tramo aguas abajo de Colón comienza en la escala del gráfico en 30.000 m aproximadamente, equivaliendo a la progresiva 115.000 m medida en el modelo desde Salto Grande.

La concentración sin decaimiento para esta primera estimación, oscila entre 1500 y 3500 UFC/100ml.

Segunda Estimación: con concentración de base inicial y sin decaimiento (Colis 0.000050 millones UFC/100 ml iniciales, Decaimiento 0, Archivo: HD-16-02-05C.res11)

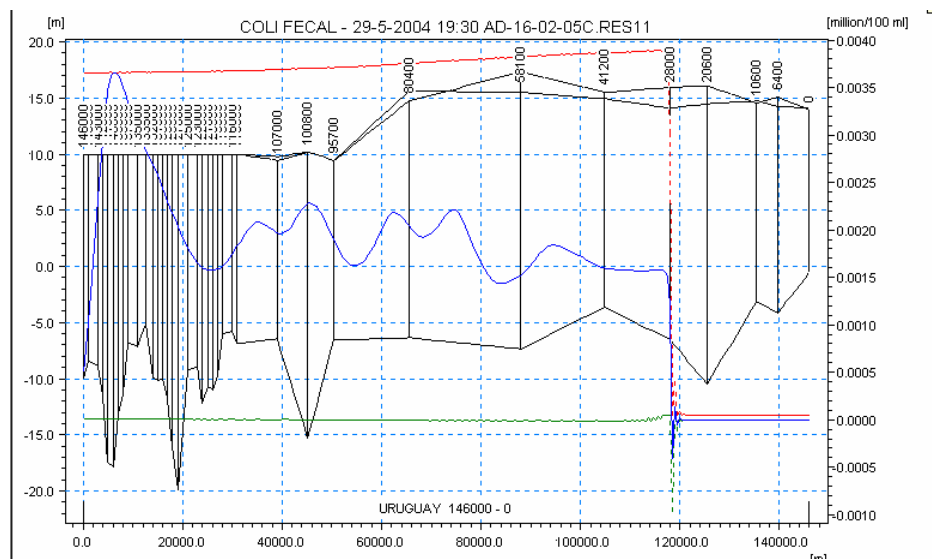


Figura N° 5. Simulación longitudinal de la concentración de Coliformes Fecales con concentración de base inicial y sin decaimiento (Aguas Bajas-2004)

Realizada la simulación, la concentración sin decaimiento oscila entre 1500 y 3500 UFC/100ml.

Tercera Estimación: sin concentración de base inicial y con decaimiento invernal (Colis 0.000000 millones UFC/100 ml iniciales, Decaimiento 0.03 1/hora, Archivo: HD-16-02-05D.res11)

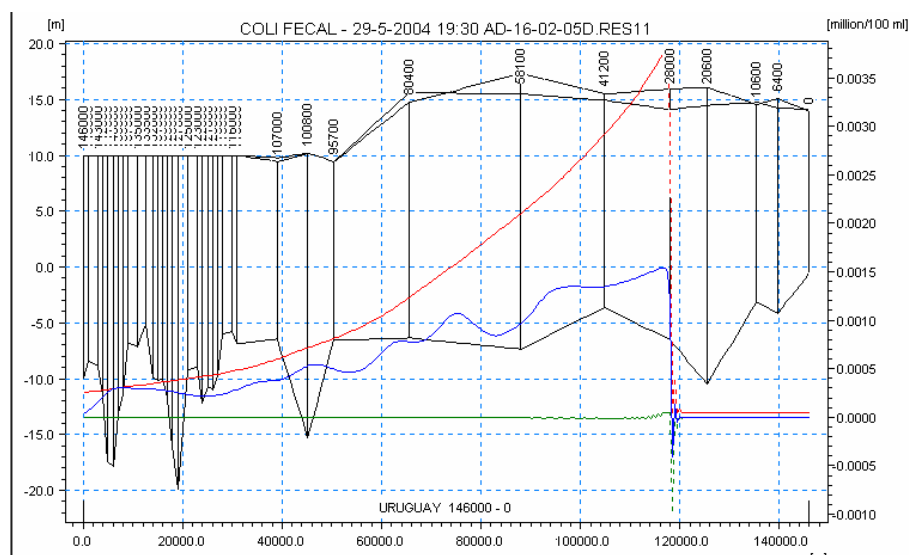


Figura N° 6. Simulación longitudinal de la concentración de Coliformes Fecales sin concentración de base inicial y con decaimiento invernal (Aguas Bajas-2004)

La concentración con decaimiento para esta tercera estimación, oscila en Colón entre 300 y 500 UFC/100ml.

Cuarta Estimación: con concentración de base inicial y con decaimiento invernal (Colis 0.000050 millones UFC/100 ml iniciales, Decaimiento 0.03 1/hora, Archivo: HD-16-02-05E.res11)

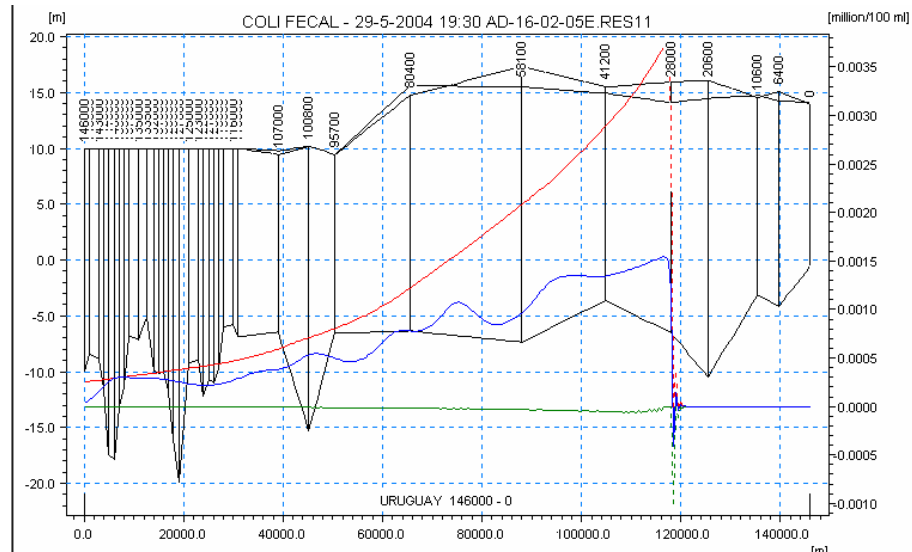


Figura N° 7. Simulación longitudinal de la concentración de Coliformes Fecales con concentración de base inicial y con decaimiento invernal (Aguas Bajas-2004)

Las concentración con decaimiento oscila en la ciudad de Colón entre 300 y 500 UFC/100ml.

Similares estudios se realizaron para condiciones de aguas medias y altas, con variación de la concentración de base inicial y decaimiento, a los efectos de evaluar la sensibilidad del modelo a las mismas.

DISCUSION DE RESULTADOS

Se puede apreciar que si bien las concentraciones en el río por dilución son del orden de los miles de UFC/100ml, empleando condiciones realistas de decaimiento bacteriano, las mismas descienden a valores del orden de 300 UFC/100ml en condiciones de aguas bajas en invierno (con menor decaimiento y mínima dilución) hasta 35 a 40 UFC/100ml en condiciones de aguas medias o altas en verano (mayor decaimiento y dilución).

Esto implica que gran parte de la contaminación que el río trae a la altura de Colón, según los resultados de los muestreos y análisis efectuados, está causada por las descargas de las ciudades de Concordia y Salto que se vuelcan aguas arriba a más de 80 km. de distancia, las cuales en condiciones de aguas medias y altas aportan unos 40 UFC/100ml acercando los valores de base del río al límite de balneabilidad (200 UFC/100ml).

En condiciones de aguas bajas, debido a la menor dilución, las concentraciones que arriban a la zona de Colón pueden llegar a exceder el límite de balneabilidad fijado por la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU).

En la tabla N° 3 se resume el análisis realizado.

Tabla N° 3. Resumen de los resultados obtenidos empleando distintos niveles de agua con diferentes coeficientes de decaimiento bacteriano.

Aguas	Nivel (metros)	Concentración Colifecales UFC/100ml		
		Sin Decaimiento	Con Decaimiento	
			Estival (0.076)	Invernal (0.03)
Bajas	1	1500-3500		300-500
Medias	3	700	40	
Altas	5-6	350	35-40	

Variación del porcentaje individual de incidencia sobre el vuelco total de las ciudades de Salto y Concordia

Este análisis nos permite predecir y trabajar sobre distintos escenarios futuros para así poder determinar un orden de prioridad y así establecer aquellos vuelcos más significativos desde el punto de vista del impacto que generan aguas abajo.

Se expresa en la tabla N° 4 la variación porcentual de la influencia del vuelco cloacal de las ciudades de Salto y Concordia, y su evolución en el tiempo en función de los crecimientos poblacionales estimados. Los resultados fueron calculados sin modificar porcentajes de cobertura cloacal en el tiempo.

Tabla N° 4. Variación temporal del caudal por ciudad y porcentual de influencia sobre el total del vuelco cloacal en las ciudades de Salto y Concordia.

Año	2006	2009	2019	2029	2039
	QC (m3/s)				
Concordia	0.287	0.309	0.353	0.406	0.471
Salto	0.159	0.159	0.171	0.185	0.200
Total	0.446	0.468	0.523	0.591	0.671
	Porcentaje Individual Incidencia (%)				
Concordia	64.3	66.0	67.4	68.7	70.2
Salto	35.7	34.0	32.6	31.3	29.8

En forma relativa al vuelco inicial de ambas ciudades se expresa la tendencia futura.

Tabla N° 5. Caudal Medio Diario Anual (QC) en relación al Inicial Simulado en las ciudades de Salto y Concordia.

Año	2006	2009	2019	2029	2039
	QC (m3/s)				
Concordia	1,00	1,08	1,23	1,42	1,64
Salto	1,00	1,00	1,07	1,16	1,26

De las anteriores tablas surge que si se trataran los líquidos cloacales de la ciudad de Concordia en la actualidad, reduciríamos a un 36 % la descarga en la condición actual, con lo que la influencia sobre la ciudad de Colón se verá reducida en la misma magnitud. Los valores así descenderían al orden de 110 UFC/100ml en condiciones de aguas bajas en invierno, lo que representa la mitad del límite de balneabilidad fijado por la CARU.

Por otro lado, si al cabo del tiempo proyectado de 30 años, se produjera el tratamiento de los líquidos de Concordia, no así los de la ciudad de Salto, se incrementaría en un 26% solamente la concentración de colifecales en la ciudad de Colón. Los niveles ascenderían al orden de 140 UFC/100ml, nivel establecido aún por debajo del límite.

Debemos aclarar que estas estimaciones fueron realizadas en base a las descargas cloacales de las ciudades con valores de Caudal Medio Diario Anual (QC), y que existen momentos diarios y mensuales en que estos valores son superados.

Otra aclaración, es que se utilizaron los porcentajes de cobertura de agua y del sistema cloacal de las distintas ciudades determinados a través del relevamiento de datos, la dotación media de agua por habitante, los habitantes por conexión, y los coeficientes de variación estacional y de pico horario. Estos coeficientes, con sus variaciones anuales, sirvieron para estimar los caudales de diseño pasados, y futuros.

CONCLUSIONES

El total de la carga másica considerada para las ciudades de Salto y Concordia es de $4,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ x UFC/100 ml, siendo actualmente la influencia de Concordia sobre el total vertido al río Uruguay en el tramo ubicado inmediatamente aguas debajo de la represa de Salto grande, del 64%.

La concentración total de contaminantes resultante por la influencia directa de estas descargas sobre la ciudad de Colón es del orden de 300 UFC/100ml en condiciones de aguas bajas en invierno (con menor decaimiento y mínima dilución), hasta 35 a 40 UFC/100ml en condiciones de aguas medias o altas en verano (mayor decaimiento y dilución).

Si se realizara el tratamiento de los efluentes cloacales de la ciudad de Concordia, las concentraciones de bacterias coliformes fecales en el río a la altura de la ciudad de Colón sufrirían una disminución alcanzando un rango de 110 UFC/100ml en condiciones de aguas bajas en invierno, lo que representa la mitad del límite de balneabilidad fijado por la CARU.

Se analiza a continuación el efecto de construir plantas de tratamiento que a través de la fase de pasaje del líquido cloacal por una laguna facultativa, puedan reducir no sólo la DBO emitida, sino también las concentraciones de bacterias, al menos a un 10% de la correspondiente a un líquido cloacal crudo, lo cual sería factible de lograr según lo registrado en las plantas existentes, aunque sería también útil contar con el auxilio de una laguna de maduración.

En verano, y descartando condiciones de aguas bajas (aunque éstas se presentan en ocasiones), se verifica para aguas medias y altas que si se tratara el efluente de Concordia con la hipótesis precedente, los niveles de bacterias coliformes deberían descender por debajo de 20 UFC/100 ml. No obstante, en caso de ocurrir condiciones de estiaje, estos valores se incrementarían sensiblemente duplicándose al menos por la menor dilución disponible.

Haciendo una proyección a futuro, en los próximos 30 años, si no se trataran los desagües cloacales de ambas ciudades, y se mantuviera el porcentaje de cobertura, la carga contaminante se incrementaría en un 64% para Concordia y un 26% para Salto (adoptando las proyecciones demográficas realizadas). En consecuencia, por influencia de estas descargas a la altura de la ciudad de Colón, se tendrían concentraciones del orden de 450 UFC/100ml en condiciones de aguas bajas en invierno (con menor decaimiento y mínima dilución), hasta 60 UFC/100ml en condiciones de aguas medias o altas en verano (mayor decaimiento y dilución).

El tratamiento de los efluentes de Concordia llevaría estos valores futuros a unas 170 UFC/100 ml en las condiciones de estiaje en invierno, y algo más de 20 UFC/100 ml, en aguas medias y verano, valor que se podría duplicar si acaeciera un estiaje en la época estival.

Ello implica que el tratamiento de los vertidos cloacales de la Ciudad de Salto también resulta necesario para asegurar la calidad de agua del río en la margen argentina en la zona de Colón como en la uruguaya a la altura de la ciudad de Paysandú.

Los balnearios de la ciudad de Colón y San José son afectados en primera instancia por lo proveniente de Salto-Concordia, y luego por la descarga de un Frigorífico avícola que descarga sus efluentes tratados aguas arriba, que si bien es de menor magnitud, por su cercanía a las zonas balnearias y por descargarse cerca de la costa, afecta principalmente a las playas de la margen fluvial, logrando entre estos dos valores superar, para caudales bajos de río, el estándar establecido por CARU para balneabilidad.

A través muestreos se verificó que el impacto contaminante de ambas ciudades sobre el río es muy significativo, por lo que resulta importante brindar solución a las descargas de ambas márgenes para abatir los niveles de contaminación aguas abajo. A través de una modelación matemática realizada se concluyó que se alcanza a afectar la ciudad de Colón incrementando los niveles de base de contaminantes en el curso fluvial, alcanzando en ocasiones valores del orden de 100 UFC/100ml, que están próximos al 50% del nivel Guía para uso recreativo con contacto directo. Este aporte, sumado al propio de Colón e inmediaciones, también impacta en la zona de Balnearios de la ciudad de Concepción del Uruguay, provocando la frecuente superación del nivel Guía.

REFERENCIAS

Henry, Glynn, y Heinke, Gary (1999) *“Ingeniería Ambiental”*. Prentice Hall, p231, 430, México.

Kiely, Gerard. (1999) *“Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión”*. Interamericana de España. pág. 678.

VII Censo General de Población, III de Hogares y V de Viviendas. (1996) *“Cuadro V.1, Viviendas por área y condición de ocupación y población por área según tipo de vivienda”*, Instituto Nacional de Estadística de la República Oriental del Uruguay. Zona Urbana Departamento de Salto.