

PRIORIDADES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CLOACALES VERTIDAS EN EL TRAMO CONCORDIA-CONCEPCIÓN DEL URUGUAY DEL RÍO URUGUAY

Alejandro Zabalett, Julio Cardini, Cecilia Cardini 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 evaluó la influencia de las principales descargas cloacales e industriales vertidas en el Río Uruguay sobre la concentración de bacterias coliformes fecales en áreas balnearias de las localidades de San José, Colón y Concepción del Uruguay, comparando las influencias relativas de cada fuente contaminante, a fin de establecer prioridades para la construcción de sistemas de tratamiento eficientes de los efluentes, de modo de mantener los niveles de contaminación bacteriológica en las playas por debajo de los valores Guía promedio establecidos por la CARU para Uso Recreativo con contacto directo, tanto en el corto como en el largo plazo.

Mediante muestreos y análisis de calidad de agua se ha conformado una base de datos en SIG, la cual ha sido empleada para ajustar una modelación de la calidad de agua en el tramo Concordia – Concepción del Uruguay, combinando modelos unidimensionales (MIKE11) y bidimensionales (RMA2 y RMA4).

Se cuantificaron estimativamente las principales descargas cloacales e industriales con impacto en la calidad bacteriológica del agua del Río Uruguay, y se proyectó su posible evolución en 30 años a través de indicadores de crecimiento poblacional y de cobertura de servicios de saneamiento.

Actualmente en Colón y San José se presentan fluctuaciones de la concentración de bacterias coliformes fecales con valores muy superiores al nivel Guía promedio, cuando las descargas se realizan sin tratamiento previo. El incremento de la concentración de bacterias en los balnearios de margen argentina en un periodo de 30 años sería del 56%, respecto de la condición actual.

Resulta prioritario controlar las descargas sobre la margen del Río Uruguay aguas arriba de Colón. Luego debe mejorarse el tratamiento de efluentes de Colón para mejorar drásticamente la calidad de agua en la margen argentina aguas abajo, incluyendo las islas utilizadas por turistas para recreación, y en el balneario Banco Pelay de Concepción del Uruguay. Finalmente, es necesario el tratamiento de los efluentes cloacales de Concordia (Argentina) y de Salto (Uruguay), para mejorar las condiciones de calidad de agua en las playas de San José y Colón, eliminando un nivel de base que se acerca al Nivel Guía.

Palabras Clave: Tratamiento de efluentes cloacales, Río Uruguay, Contaminación Bacteriológica

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El presente trabajo constituye una síntesis de los estudios que se vienen realizando desde hace algunos años respecto de la influencia de los aportes de origen antrópicos tanto de la margen argentina como uruguaya al Río Uruguay, y su influencia sobre la calidad del agua del mismo. En particular se ha estudiado el tramo que se extiende desde la Ciudad de Concordia sobre la margen argentina del río, hasta la ciudad de Concepción del Uruguay.

El tramo de estudio presenta una extensión aproximada de 140 kilómetros a lo largo del río, en los cuales se han identificado aquellos aportes cloacales e industriales principales provenientes de las ciudades ribereñas que realizan sus vuelcos al mismo.

Se encuentran incluidas en el tramo de estudio las ciudades de Concordia, San José, Colón, Paysandú y Concepción del Uruguay, las cuales han sido caracterizadas desde el punto de vista de su crecimiento demográfico (a los fines de proyectar la evolución de las descargas en 30 años), características de los servicios de saneamiento básico actuales considerando el estado de los mismos, porcentaje de cobertura, tipo de tratamientos realizados, y características de los vuelcos. A partir de estos datos se procedió a calcular los aportes máxicos provenientes de las descargas cloacales.

El principal indicador utilizado para caracterizar contaminación en agua es el número de bacterias coliformes, dado que se distingue fácilmente el área contaminada de los valores naturales del medio. Del mismo modo que para las descargas cloacales se han analizado los aportes industriales de contaminación al río, en base al tipo de industrias instaladas, capacidad de producción, caudales vertidos, etc.

Una vez identificados los aportes y calculados sus aportes máxicos contaminantes, se determinaron las ubicaciones puntuales de los sitios de vuelco y fueron incorporadas a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

A los fines de tener un conocimiento más acabado del origen de las concentraciones de vuelco y de las potenciales mejoras factibles de ser propuestas, se realizó un diagnóstico de los sistemas de tratamiento aplicados a los líquidos cloacales. En base a este diagnóstico se pudieron observar las distintas ventajas y desventajas que presentan los tratamientos utilizados actualmente, los cuales se han centrado en el tratamiento biológico mediante lagunas aeróbicas, anaeróbicas y/o facultativas. A partir de las características de los tratamientos y de la estimación de la carga máxica de los vuelcos finalmente obtenidos, se ha puesto en evidencia su nivel de eficiencia real.

Simultáneamente se realizó la recopilación, carga en el SIG y análisis de los muestreos realizados durante el período 1991 – 2001 por la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU). Se realizó una caracterización espacial y temporal de la contaminación bacteriológica en relación a los niveles recomendado por la CARU y por la legislación nacional para distintos usos.

Con el objetivo de utilizar toda la información recopilada y analizada para el desarrollo de un modelo matemático de predicción de la dispersión de la contaminación en la zona de estudio, se realizaron muestreos complementarios en áreas específicas que permitieron conocer en mayor detalle la distribución transversal de la contaminación. A partir de los resultados de estos muestreos específicos se definieron zonas de especial interés para la modelación, en base a aquellos sitios que mostraron valores altos de concentración de coliformes fecales.

Mediante la operación de un modelo hidrodinámico unidimensional (MIKE 11) se calcularon los niveles y caudales del río utilizados como condiciones de borde para efectuar simulaciones con el modelo bidimensional hidrodinámico (RMA2). Éste fue calibrado mediante el ajuste de los coeficientes de rugosidad y de dispersión hasta obtener una solución estable y velocidades similares a las medidas en campo.

Se estudió la variación espacial y temporal de la contaminación en forma unidimensional y bidimensional analizando diferentes condiciones iniciales de contaminantes y coeficientes de decaimiento según la época del año en consideración.

Se analizaron diversas alternativas de implantación de plantas de tratamiento de efluentes estimando el impacto sobre la calidad de agua de las mismas, tanto en la situación actual como en una proyección futura a 30 años, de manera de poder plantear las prioridades de implementación de las mismas.

RECOPIACIÓN, SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE BASE

El presente estudio se ha llevado a cabo realizando en primer lugar una investigación de las posibles fuentes de información presentes en las ciudades de estudio, gobiernos municipales, provinciales así como los relevamientos realizados por organismos internacionales como la CARU.

La CARU implementa controles periódicos de la calidad de las aguas del río, para ello ha creado la Subcomisión de Calidad de Aguas y Prevención de la Contaminación Ambiental, la cual a través de Asesores Técnicos de ambos países desarrollan el "Programa de Calidad de las Aguas y Control de la Contaminación del Río Uruguay (PROCON)". Este programa tiene como algunos de sus objetivos conocer mejor las condiciones actuales del curso de agua e identificar áreas contaminadas (críticas), para ello se realiza la toma regular de muestras de agua y sedimentos en estaciones a lo largo del tramo compartido de ambos países (537 km.), verificándose últimamente en aquellos sitios en los que se verifican niveles críticos de contaminación.

Se han obtenido datos de las etapas del PROCON que abarcan los períodos 1987 – 2001 enfocados en el monitoreo del cuerpo principal del río y de sectores específicos como costas y puntos críticos. Los datos de monitoreos obtenidos fueron procesados para el tramo en estudio e informatizados a través de un Sistema de Información Geográfica.

Se realizó una caracterización de base de las ciudades que forman parte del estudio respecto de los sistemas de captación de agua, porcentaje de la población con agua potable, caudales medios de tratamiento en planta, caudales pico, población servida con redes cloacales, sistemas de tratamiento de aguas servidas, etc.

Luego se realizó la estimación de los parámetros de descarga de contaminantes para estudiar la dispersión en los tramos del Río Uruguay a partir de las distintas fuentes de contaminación determinadas.

Asimismo, se realizó un estudio demográfico consistente en la estimación de la población estable futura en las ciudades en estudio, mediante la implementación de diferentes métodos disponibles en base a datos de censos locales y nacionales. Los métodos utilizados son: ajuste lineal de la tendencia histórica; tasa geométrica decreciente; incrementos relativos y relación tendencia.

El área principal de interés comprende dos tramos principales del río, por un lado, desde la Cantera “El Terrible” sobre la ciudad de Salto unos metros aguas debajo de la represa de Salto Grande hasta la Playa Corralitos ubicada también sobre la ciudad de Salto. Por otro lado, el tramo que se extiende desde el norte de la ciudad de Colón en el sitio denominado Perucho Verne hasta el balneario Municipal Itapé en la ciudad de Concepción del Uruguay.

La caracterización de la calidad del agua se realizó en base a los estándares establecidos en primer lugar por la CARU y luego por los límites del Decreto de Montevideo N° 253/79 y el Decreto Nacional N° 831/93. A continuación en la Figura N° 1 se puede observar la ubicación relativa de las zonas de estudio.

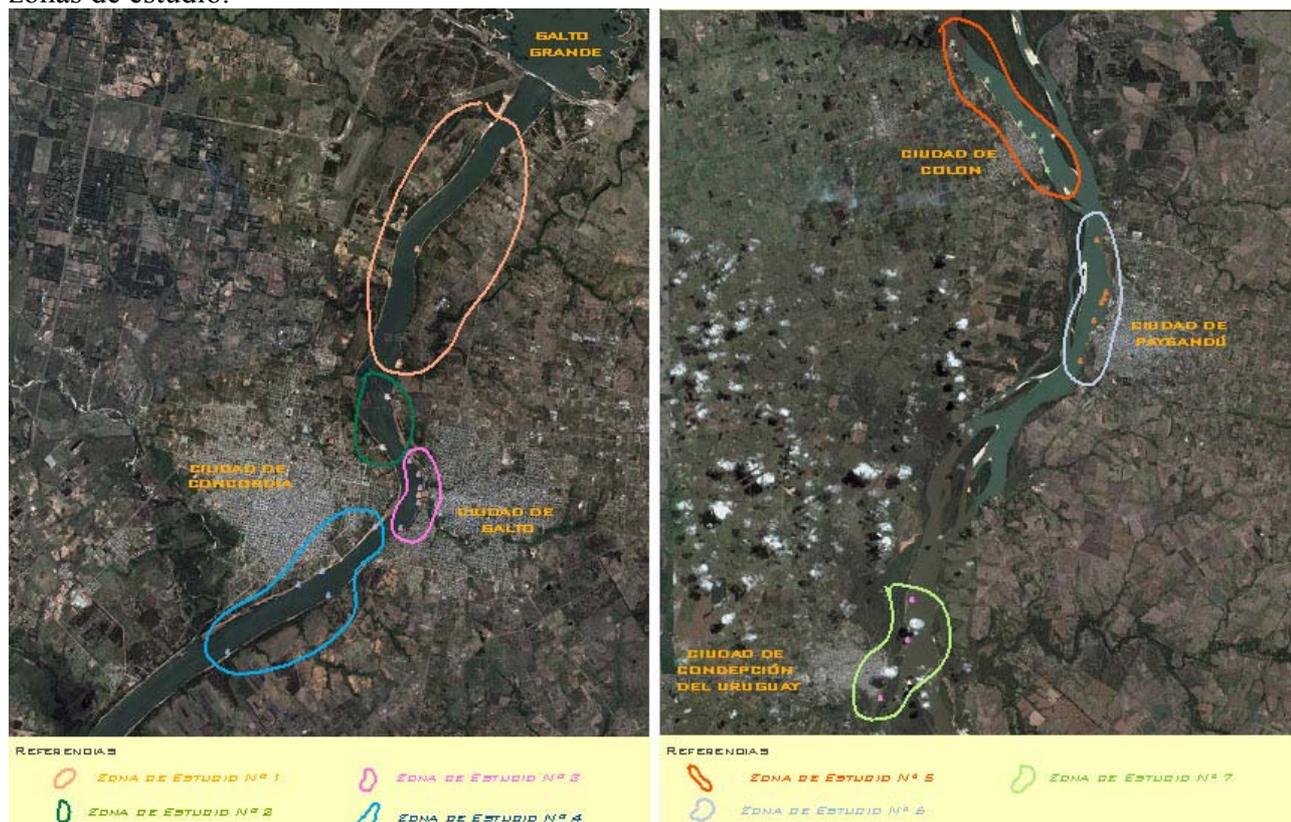


Figura N° 1 Sitios de muestreo de CARU

Se realizó una caracterización de cada uno de los parámetros que han sido determinados en los muestreos realizados por la CARU, así como de la normativa relativa a la calidad del agua a fin de evaluar el nivel de cumplimiento de los límites máximos establecidos por la CARU para los distintos usos, así como por el Decreto N° 831/93, de la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos y por el Decreto N° 253/79 de la Ciudad de Montevideo.

Todos los sitios de toma de muestra (en total 32) fueron agrupados en base a su proximidad espacial en 7 zonas de estudio. El total de las muestras analizadas incluyendo todas las zonas es de 589 y los parámetros analizados en cada una de las muestras varía en función del tiempo pero básicamente incluyen: nivel de demanda biológica de oxígeno determinada en 5 días (DBO₅), coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia Coli*.

En cada zona de estudio se compararon los resultados de muestreos obtenidos para cada uno de estos parámetros analizados con la normativa correspondiente. Finalmente se realizó un análisis respecto a la distribución espacial de la contaminación y luego respecto de la distribución temporal

de la contaminación. En el último caso se graficaron y analizaron los niveles obtenidos para cada uno de los parámetros medidos en el río a lo largo del tiempo.

Finalmente en base al análisis de la distribución espacial de los respectivos parámetros analizados, se obtiene que especialmente en las zonas de estudio correspondientes a la ciudad de Paysandú y a la ciudad de Colón, no se cumplen los estándares establecidos para DBO, coliformes totales, coliformes totales, E. Coli, y Enterococos.

MUESTREOS DE CAMPO

Se realizaron muestreos complementarios de campo en las áreas Concordia – Salto, Liebig – Colón; y Paysandú-Casa Blanca del río Uruguay a los fines de permitir conocer con mayor detalle la distribución transversal de la contaminación.

Los resultados en el área Concordia - Salto mostraron que en el tramo superior, aguas arriba del colector de Concordia las condiciones de calidad de agua no presentan una contaminación bacteriológica significativa, razón por la cual se modeló el tramo aguas abajo del arroyo Ayuí Chico. Se obtuvieron valores muy altos de concentración de coliformes fecales (entre 1 y 3 millones de UFC/100 ml) en cercanías tanto de la margen Argentina como de la Uruguaya aguas abajo de las descargas.

Del mismo modo se realizó un muestreo de la descarga industrial del Frigorífico Las Camelias al Río Uruguay ubicado en la localidad de San José, departamento de Colón, que vuelca sus efluentes tratados al río Uruguay, aguas arriba de los balnearios de la ciudad de San José, Termas de San José y balnearios de la ciudad de Colón. El mismo fue realizado de forma secuencial, relevando las condiciones del cuerpo receptor en sitios ubicados antes y después del vuelco de efluentes cada una hora.

En la Figura N° 2 se presenta un gráfico que muestra la variación temporal de la concentración de coliformes fecales medidos antes y después del vuelco industrial del Frigorífico Las Camelias.

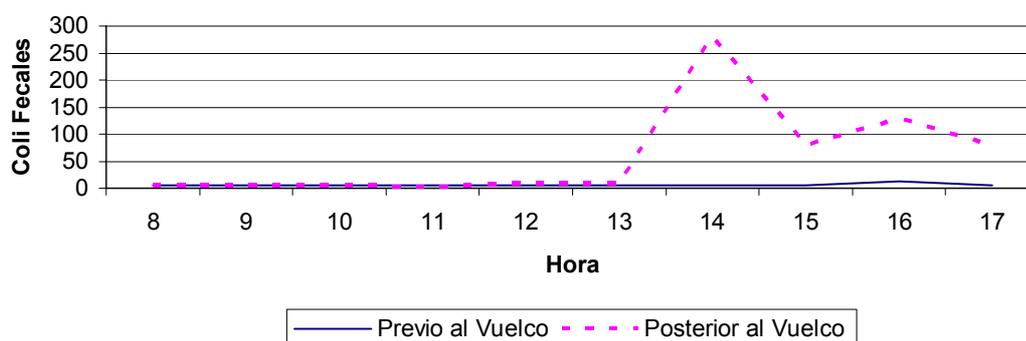


Figura N° 2 Variación temporal de los Coliformes Fecales antes y después del vuelco industrial del Frigorífico Las Camelias

Del mismo modo, en la zona del Arroyo La Leche se realizó un muestreo a los fines de verificar si las bacterias coliformes fecales presentes, proceden de las descargas de las lagunas de tratamientos de líquidos cloacales de la ciudad de Colón.

Otros muestreos realizados correspondieron a los efluentes cloacales de la ciudad de Paysandú y Arroyo La Curtiembre (marzo de 2008); un relevamiento realizado del estado actual de las Piletas de Tratamiento de Efluentes Cloacales de Colón (agosto de 2007); un relevamiento realizado del estado actual de las Piletas de Tratamiento de Efluentes Industriales del Frigorífico Las Camelias y un muestreo de los efluentes industriales del Frigorífico Casa Blanca (junio de 2008).

CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS APORTES DE LOS SISTEMAS CLOACALES Y LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS

Se ha realizado una caracterización de los aportes cloacales así como de las principales industrias de las ciudades de Concordia, Colón, Paysandú, San José y Concepción del Uruguay a los fines de realizar una posterior identificación de los sitios específicos de vuelco y la estimación de las cargas contaminantes en cada uno de ellos.

En la ciudad de Concordia, la captación de agua para la red se realiza en forma superficial y subterránea, el promedio diario anual de la extracción total es de 59472 m³/día. Respecto de la red cloacal las conexiones existentes son en total 25.000 incluyendo las conexiones para el servicio de población residente y para el servicio de industrias, establecimientos, etc.

En la ciudad de Colón, la captación se realiza del Río Uruguay y el tratamiento de agua en la Planta de Obras Sanitarias de la ciudad, la cual tiene una capacidad de producción de 500 m³/h produciendo actualmente en meses pico 11.000 m³/día. La población servida es de aproximadamente 15.000 pobladores. Durante los meses de enero y febrero el consumo per cápita se eleva a 650 lts/día. Se sirve aprox. a un 80% de la planta urbana. No hay industrias que produzcan un alto grado de contaminación.

En cuanto a la red cloacal, la población servida es de un 65% de la planta urbana y el estado actual del sistema se considera bueno y en condiciones normales de funcionamiento. El tratamiento cloacal se realiza en lagunas mixtas (dos anaeróbicas y dos facultativas) con descarga al Arroyo La Leche (aguas arriba de la ciudad de Concepción del Uruguay), cuyo caudal de salida del líquido cloacal registrado es de 150 m³/h con una DBO que varía entre 35 y 90 mg/lit. No obstante, la capacidad instalada de tratamiento del efluente se encuentra en los parámetros límites de explotación (2003), por lo cuál resulta necesario la ampliación y traslado de las lagunas a una zona que permita su ampliación.

En la ciudad de Paysandú la captación se realiza del Río Uruguay. La población servida es de aproximadamente el 94% de la población (cerca de 80.370 habitantes). Respecto a la red de saneamiento, la población servida es de 60.180 habitantes lo que representa una cobertura de aprox. 70%. La descarga se efectúa directamente en el Río Uruguay sin ningún tipo de acondicionamiento de los efluentes. Se prevé la construcción de una planta de tratamiento para el 2010.

El parque industrial de la ciudad está compuesto por varios establecimientos de pequeño, mediano y gran porte, cuyo efluente representa el 85% de la carga orgánica total y un 60% del caudal medio vertido actualmente al Río Uruguay.

La ciudad de San José posee un sistema de recolección de aguas servidas dividido en dos subsistemas que recolectan las aguas servidas las cuales son tratadas en dos piletas de tratamiento independientes. El sistema de lagunas de la ciudad de San José se conforma por una laguna

anaeróbica la cual se encuentra en un deteriorado estado de mantenimiento, seguida de una laguna facultativa y luego el vuelco al cuerpo receptor.

A su vez existen dos piletas privadas que tratan los efluentes de industrias específicas, las cuatro piletas desaguan en el Arroyo El Doctor de escaso caudal (especialmente en épocas sin lluvia) el cual desemboca en el Arroyo Perucho Verne (de mayor caudal) desembocando este a su vez en el Río Uruguay.

En la ciudad de Concepción del Uruguay la captación se realiza del Río Uruguay así como de pozos de bombeo. La producción máxima de la Planta Potabilizadora es de 22.000 m³/día y la producción de los pozos semisurgentes es de 368 m³/día siendo el total de la producción de 22.368 m³/día. La población servida es de 61.500 hab. lo que representa un 88% de la población con cobertura actual. Presenta un incremento en los consumos per capita durante los meses estivales.

Respecto al sistema de desagüe de la ciudad, el mismo fue diseñado para 32.000 habitantes con vuelco directo sin tratamiento de los líquidos. Considerando que esta ciudad posee una población del orden de los 74.000 habitantes, se concluye que el sistema se encuentra en un estado crítico de funcionamiento. Si bien en general la descarga se produce por gravedad, ante la necesidad de dar respuesta a la demanda poblacional y a la falta de planificación entre otros factores, se debió recurrir a las estaciones elevadoras de líquidos cloacales para resolver aquellas situaciones en las cuales la topografía no era favorable. Actualmente, la población con servicio de desagües cloacales es de 56.400 habitantes lo que representa un 79,5% del total.

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESCARGA DE CONTAMINANTES

El indicador más usual para caracterizar la contaminación en cursos de agua, es el número de coliformes, dado que se distingue fácilmente el área contaminada de los valores naturales del medio. El número de coliformes fecales aportado por las descargas cloacales puede oscilar típicamente entre 1 millón y 100 millones de UFC/100 ml. Por lo tanto, la concentración de coliformes es un valor variable en el tiempo a ser ajustado, dentro del rango de valores típicos, a los efectos de obtener órdenes de magnitud representativos de la realidad en los cursos de agua.

La estimación de los parámetros de descarga de contaminantes se realizó con la finalidad de estudiar la dispersión de las mismas en los tramos del Río Uruguay a partir de las distintas fuentes de contaminación determinadas.

Para efectuar una estimación preliminar de las principales descargas cloacales ubicadas aguas arriba de Concepción del Uruguay, se tuvieron en cuenta los parámetros de cantidad de conexiones cloacales y dotaciones medias correspondientes, las condiciones típicas de variabilidad diurna y anual de las dotaciones de agua y de descargas y los 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, y los valores medidos en las diferentes transectas muestreadas.

Asimismo, se tuvieron en cuenta otras descargas contaminantes de tipo industrial que incluyen el Frigorífico Las Camelias, aguas arriba de los balnearios de la ciudad de San José, Termas de San José y Colón, cuyo caudal de salida es de 2.200.000 lts/día.

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.

A los fines de proyectar la posible evolución en 30 años de las principales descargas cloacales e industriales con impacto en la calidad bacteriológica del agua del Río Uruguay, se emplearon diferentes indicadores de crecimiento poblacional y de cobertura de servicios de saneamiento.

Se expresa en la tabla N° 1 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 anteriormente. Los resultados fueron calculados sin modificar porcentajes de cobertura cloacal en el tiempo.

Tabla N° 1 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° 2 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

MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA CALIDAD DEL AGUA

Modelo Unidimensional

El Estudio de las características hidrodinámicas del Río Uruguay, en el tramo Concordia-Nueva Palmira, se realizó a través de la operación de un modelo matemático hidrodinámico unidimensional del cauce fluvial. MIKE 11 es un paquete de software desarrollado por el Danish Hydraulic Institute (DHI) para la simulación de flujos, calidad de aguas y transporte de sedimentos en ríos. El Módulo Hidrodinámico (HD) resuelve las ecuaciones de conservación de la continuidad y la cantidad de movimiento integradas verticalmente, es decir, las ecuaciones de Saint Venant.

El modelo matemático empleado para calcular los niveles y caudales del río, funciona actualmente en base a datos de caudal erogado por la represa Salto Grande o datos de nivel aguas abajo de la misma en la escala de Concordia, transformados en caudales por una ley H-Q, niveles del Puerto de Nueva Palmira, caudales del río Gualeguaychú y otros caudales de arroyos menores.

Con toda la información batimétrica, parámetros del modelo, y bases de datos de caudales y niveles, se realizaron las corridas que luego son utilizadas como condiciones de borde para las simulaciones bidimensionales.

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.

Si bien las concentraciones en el río por dilución resultan a la altura de Colón 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 CARU.

Modelo Bidimensional

Se aplicaron los modelos bidimensionales hidrodinámico RMA2 y de transporte RMA4 (U.S.Army Corps of Engineers - USACE). Dado que el valor de los coeficientes de dispersión a aplicar en el modelo de transporte no es conocido a priori, se efectuó un análisis de sensibilidad de los resultados del modelo con diferentes valores y criterios de cálculo en función de las condiciones de turbulencia, apreciándose que la magnitud de dichos coeficientes es determinante para definir como se distribuye la concentración en la sección transversal del río. Se verificó que dependiendo del valor asignado a los coeficientes de dispersión se produce o no un impacto de los vertidos cloacales de Paysandú (ROU) sobre las playas de Concepción del Uruguay (RA).

La calibración del modelo hidrodinámico consistió en el ajuste de los coeficientes de rugosidad de Manning y de dispersión hidrodinámica, hasta obtener una solución estable y con velocidades similares a las medidas mediante corridas de flotadores efectuadas en diversas oportunidades, bajo condiciones de estiaje, aguas medias altas y crecida extraordinaria.

Para efectuar la modelación del tramo Concordia - Salto, se utilizó información sobre las profundidades del lecho fluvial, y datos sobre las concentraciones de contaminantes. Para lograr estabilidad numérica en este tramo se debió utilizar coeficientes de dispersión algo mayores a los que se debería adoptar conforme a las condiciones del medio, por lo que las plumas simuladas resultan transversalmente más anchas y de menor intensidad máxima que las condiciones reales. A

modo de ejemplo en la Figura N° 3 se presenta una vista general de la contaminación modelada considerando las descargas de las ciudades de Concordia y Salto. Se observó que los resultados obtenidos cerca de las costas ajustan en forma aceptable a los valores medidos. La contaminación transfronteriza atribuible a la descarga de Salto, según esta modelación cruzaría el centro del río con valores que superan las 1.000 UFC/100ml ya en el Perfil 1, y las 10.000 UFC/100ml en el Perfil 2.

Esto se encuentra en contradicción con los resultados del muestreo, por lo cual se reafirma el hecho que el coeficiente de dispersión transversal que debe ser utilizado, es más bajo que el que debió emplearse para obtener convergencia en la solución, con lo cual se requiere aplicar un software de modelación más estable que el RMA4 para poder representar adecuadamente la situación. Por otro lado, se confirma la magnitud de la carga contaminante arrojada al río, al menos por la ciudad de Concordia y aparentemente también por la ciudad de Salto.

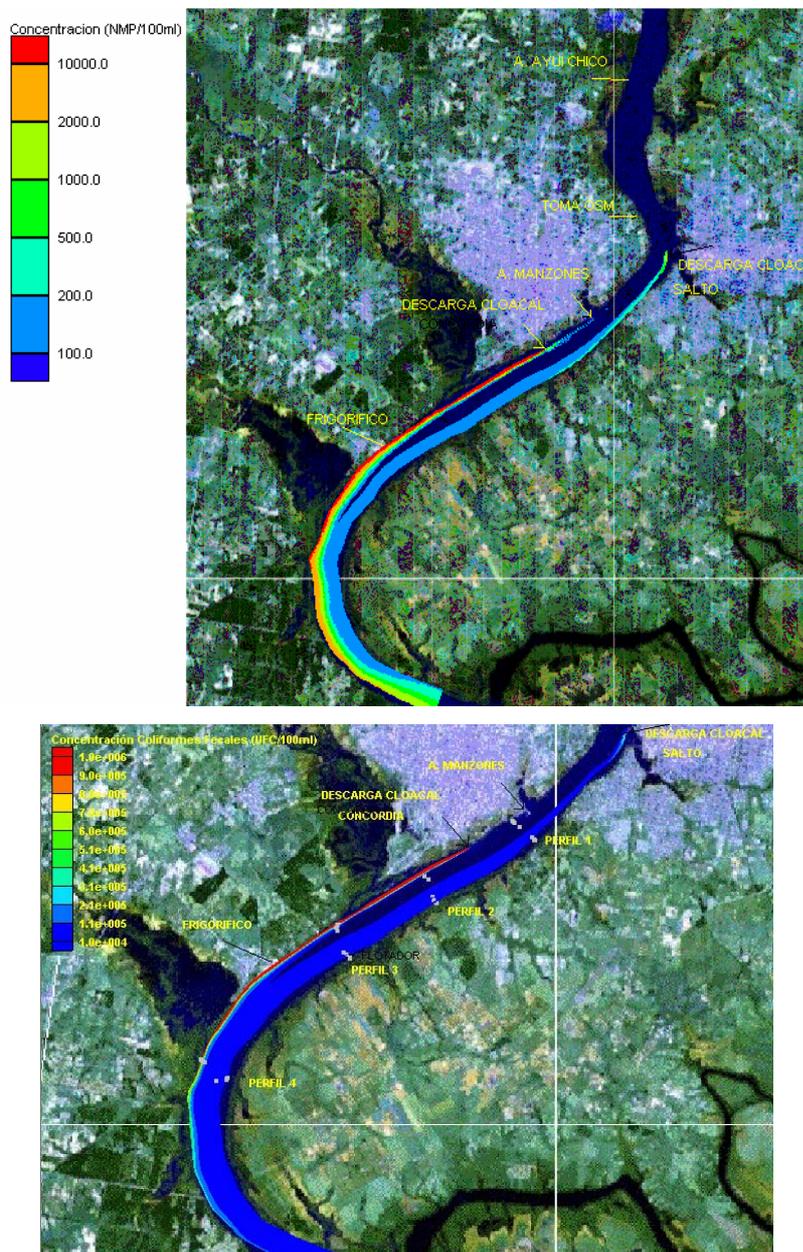


Figura N° 3 Vista general de la contaminación modelada considerando las descargas de Concordia y Salto (Rangos 100 a 10.000 y 10.000 a 1.000.000 UFC/100ml)

Si bien estos aportes no alcanzan a mezclarse frente a estas ciudades, afectan en forma conjunta la calidad de agua del río aguas abajo, incluso en sitios tan alejados como la ciudad de Colón, tal como resulta de la modelación unidimensional.

Para simular el transporte de contaminantes en el tramo Pueblo Liebig – Colón – Paysandú – Concepción del Uruguay, se utilizaron mediciones de contaminación realizadas durante los años 2002 a 2008, integrando todos los muestreos realizados hasta la fecha, y a partir de ello se realizaron los ajustes de la modelación necesarios para obtener conclusiones firmes en cuanto a las causas y efectos de la contaminación en la zona.

Las mediciones fueron realizadas comenzando con una distribución espacial amplia, para concentrarse luego en algunas transectas (tomando muestras en superficie y a media agua en cada punto), y se obtuvieron muestras secuenciales a lo largo del día en un único punto del balneario Banco Pelay de Concepción del Uruguay, para verificar la existencia de fluctuaciones diurnas de la contaminación.

CONCLUSIONES

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.

En verano se verifica para aguas medias y altas que si se tratara el efluente de Concordia, 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 uruguayana a la altura 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 del Frigorífico Las Camelias, 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 la carga contaminante proveniente por la falta de tratamiento de las ciudades de Salto y Concordia, se le adiciona la relativa a los distintos vuelcos en el tramo Liebig-Concepción del Uruguay, por lo que habría que atacar primero la descarga proveniente de la ciudad de Colón, por lo que con esta acción se estaría reduciendo en un 90% la concentración de colifecales, en los balnearios aguas debajo de la descarga sobre la margen argentina.

Si se mejorara el funcionamiento actual de la Planta de tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Colón, y se controlara el vuelco crudo y pérdidas frecuentes del sistema cloacal de esta ciudad, reduciendo a un 10 % la carga contaminante bacteriana de vuelco, nos encontraríamos que en todos los balnearios de la margen argentina estarían por debajo de los límites establecidos, inclusive el de la isla Caridad frente a la ciudad de Paysandú muy cerca de la ciudad de Colón.

El estudio evolutivo permitió demostrar que la carga contaminante sobre los balnearios de margen argentina, al final del período de 30 años considerado, produciría un incremento de aproximadamente un 56% en la concentración con respecto a la actual, por lo que se concluye que resulta imperioso realizar obras de saneamiento que puedan reducir estas importantes cargas contaminantes.

En cuanto a la asignación de prioridades, surge claramente la necesidad de controlar en primer lugar las descargas industriales que se hacen sobre la margen del Río Uruguay aguas arriba de Colón, mejorando las condiciones de calidad de agua en las playas de esta localidad y de San José, las cuales presentan fluctuaciones con niveles de concentración de bacterias coliformes fecales muy superiores al nivel Guía para uso balneario, cuando estas descargas se realizan sin tratamiento previo.

En segundo lugar es necesaria la mejora del tratamiento de los efluentes de la Ciudad de Colón para mejorar drásticamente la calidad de agua en la margen argentina aguas abajo, incluyendo las islas que son utilizadas por los turistas para recreación y baño, y principalmente en el balneario Banco Pelay de Concepción del Uruguay, donde en ocasiones los niveles de contaminación exceden significativamente los niveles Guía.

En tercer lugar, es necesario implementar el tratamiento de los efluentes cloacales de las localidades de Concordia (Argentina) y de Salto (Uruguay), los cuales tenderán a mejorar en forma significativa las condiciones de calidad de agua en las playas de San José y Colón, eliminando un nivel de base que se acerca en ocasiones peligrosamente al Nivel Guía, con lo cual cualquier aporte adicional conlleva una situación sanitaria negativa para este importante recurso turístico. Si bien la solución del aporte de Concordia representaría más de las dos terceras partes de la mitigación del problema, y tiene especial importancia por las proyecciones de fuerte crecimiento demográfico futuro para esta localidad, la implementación del tratamiento de los efluentes de Salto es una acción con importantes consecuencias que contribuiría a solucionar en forma definitiva el problema.