

AFECTACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LAS COSTAS DE COLÓN Y CONCEPCIÓN DEL URUGUAY DEBIDO A LOS IMPACTOS BACTERIOLÓGICOS CAUSADOS POR DESCARGAS CLOACALES E INDUSTRIALES

Alejandro Zabalett¹, Julio Cardini¹, Néstor Oliver¹ y Cecilia Cardini¹

1: Grupo de Estudio de la Contaminación del Río Uruguay (GECRU)
Facultad Regional Concepción del Uruguay (FRCU)
Universidad Tecnológica Nacional (UTN)
Ingeniero Pereira 676 (CP 3260) TE/Fax: 03442425541 / 03442423803
e-mail: {zabaleta,cardinij,olivern,-}@frcu.utn.edu.ar,
web: <http://www.frcu.utn.edu.ar/investigacion/gecru/web/index.htm>

Resumen. *La presencia de indicadores de contaminación bacteriológica detectados a través de mediciones realizadas por el GECRU en los balnearios de la costa del Río Uruguay, motivó la realización de un estudio que permitiera identificar las causas del problema, a los efectos de evaluar y recomendar acciones de saneamiento. Para ello se realizó una identificación y cuantificación estimativa de las principales descargas cloacales e industriales en el tramo entre Pueblo Liebig y Concepción del Uruguay, y se modeló bidimensionalmente la calidad de agua resultante en el curso fluvial, utilizando los modelos hidrodinámico RMA2 y de transporte de contaminantes RMA4 en el entorno Surface Modelling System, determinando el impacto de cada descarga en la calidad de agua de las áreas balnearias de Colón y Concepción del Uruguay (Banco Pelay). Se evaluó el grado de contaminación, medido a través de la concentración de bacterias coliformes fecales, en diferentes puntos de la costa, considerando la situación actual y escenarios en un horizonte de 30 años. El modelo RMA4, permitió identificar los principales procesos de dilución-dispersión, siendo sus resultados muy dependientes de los coeficientes de dispersión, los cuales se ajustaron en base a mediciones efectuadas por el GECRU. La calidad de agua en la zona balnearia de Banco Pelay es afectada por la descarga cloacal de Colón cuyo efluente no se corresponde con el hecho de que dispone de lagunas de tratamiento. El estudio evolutivo, al final del período, prevé un incremento de la concentración bacteriológica sobre los balnearios de aproximadamente un 63% respecto a la actual. Se concluyó que resulta imperioso realizar obras de saneamiento que puedan reducir estas importantes cargas contaminantes.*

Palabras Clave: Impacto Bacteriológico, Río Uruguay, Modelación Matemática Bidimensional, Concepción del Uruguay.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El área de estudio comprende el tramo que se extiende desde Pueblo Liebig hasta Concepción del Uruguay, a lo largo del río Uruguay. El objetivo del estudio es el de analizar las principales descargas cloacales e industriales al Río Uruguay en dicho tramo, debido a presencia de indicadores de contaminación detectados en balnearios de la ciudad de Colón.

Para ello se realizó un relevamiento puntual en la zona del Frigorífico Las Camelias SA, otro general en el área de Estudio y se finalizó con una determinación del estado de las piletas de Tratamiento de Efluentes Cloacales de la ciudad de Colón.

A través del muestreo se pretendió evaluar en forma puntual la evolución en el recorrido de la pluma contaminante proveniente de vuelco de efluentes de industrias y arroyos de la zona. Para ello se ejecutaron mediciones de contaminación, durante los años 2002 a 2008, se realizó un trabajo integrador de 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.

2. IDENTIFICACIÓN DE SITIOS DE VUELCO

Se identificaron las principales descargas cloacales y de industrias frigoríficas al río Uruguay provenientes de las ciudades que se encuentran en el tramo de estudio, y que puedan tener influencia en la calidad del agua en los balnearios de la ciudad de Colón.

Se realizó un análisis visual previo sobre el Sistema Hídrico Pueblo Liebig, Villa San José, y Colón a los efectos de detectar posibles fuentes puntuales de contaminación. El estudio se realizó analizando los tributarios desde sus nacientes a los fines de detectar posibles focos de contaminación.

Para ello se identificaron sobre imágenes satelitales, los tributarios en el área de Liebig-Colón, las vías de acceso, un basural en la Ciudad de Colón, descargas industriales (como la del frigorífico Las Camelias), el Balneario y Termas de San José, la planta Fana Química, la desembocadura en el río Uruguay del arroyo Artalaz, así como las principales plantas de producción, balnearios turísticos y desembocadura de Arroyos. Luego se estableció un plan de muestreo a los fines de caracterizar la influencia directa de estos vuelcos en la calidad del agua del río Uruguay.

3. PROGRAMA DE MONITOREO

Durante el período 2004 – 2008 se llevaron a cabo monitoreos de calidad de agua en las áreas prioritarias del curso de agua. Durante el año 2006 se realizaron muestreos sobre el tramo en estudio, así como la detección de características de las aguas en la desembocadura de tributarios al río Uruguay. El objetivo del muestreo fue la determinación de indicadores de contaminación bacteriológica, realizando la determinación de coliformes fecales mediante el método de la membrana filtrante. Los coliformes fecales, son aquellas bacterias coliformes provenientes específicamente del tracto intestinal de individuos de sangre caliente.

Durante el muestreo realizado el 21 de agosto de 2008 las condiciones de muestreo fueron óptimas desde el punto de vista climático y estacional del Río Uruguay.

La Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU) establece que para el uso 1 (aguas crudas o brutas destinadas al abastecimiento público con tratamiento convencional) los coliformes fecales (técnica de la membrana filtrante) no deberán exceder una media logarítmica de 2000/100 ml en al menos 5 muestras consecutivas y no podrán superar las 5000/100 ml en más del 20% de las muestras.

Para el uso 2 (aguas destinadas a actividades de recreación con contacto directo): los coliformes fecales, determinados mediante la técnica de la membrana filtrante y basada en un mínimo de 5 muestras en cualquier período de 30 días, no deberán exceder una media logarítmica de 200/100 ml ni superar los 500/100 ml en más del 20% de las muestras.

La realización de un muestreo aislado permite detectar la situación puntual en una zona determinada y poder detectar puntos “críticos” de vertidos, y permite realizar una proyección de las condiciones en los puntos de muestreos y emplearlos para la modelación. Los valores de coliformes fecales detectados en este muestreo varían de 50 U.F.C/100ml a 2.100.

El 30 de agosto de 2007, entre las 10:00 hs y 12:30 hs se realizó un muestreo para establecer el comportamiento de la zona en estudio, poder detectar nuevos vuelcos o confirmar los ya existentes. En la Figura N° 1 se presentan las 9 muestras, distribuidas espacialmente.

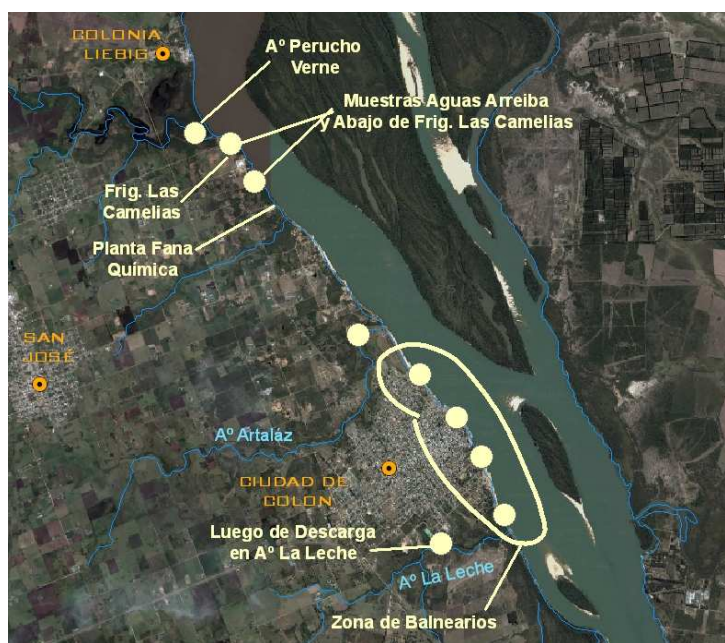


Figura N° 1: Zona general de estudio y sitios de muestreo.

Los resultados obtenidos del análisis de contaminación bacteriológica no mostraron la presencia de indicadores de contaminación en el curso de agua, a pesar de que la muestra de líquido crudo que vuelca al río presenta un alto grado de contaminación bacteriana.

Es coincidente con la presencia de contaminación la muestra extraída del Arroyo La Leche, lo que corrobora la falta de eficiencia en el tratamiento de líquidos cloacales proveniente de las piletas de tratamiento.

En fecha 27 de junio de 2007 se practicó el muestreo de control del funcionamiento del Frigorífico La Camelias 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 muestreo fue realizado en forma secuencial, relevando las condiciones del cuerpo receptor en sitios ubicados antes y después del vuelco de efluentes cada una hora.

En base a las mediciones realizadas se pudo apreciar que en el curso de agua existen valores menores a 5 UFC/ 100 ml en el 90% de las muestras obtenidas, en el punto de muestreo antes de la descarga, con una sola muestra de 13 UFC/100 ml que representa un valor puntual luego de 9 horas de muestreo en el mismo punto.

Se determinaron concentraciones de coliformes fecales que oscilan entre 80 y 230 UFC/100ml, a la hora 7, 8, 9 y 10 en el punto de muestreo aguas abajo de la descarga de Las Camelias, valores que son altos en relación a los obtenidos para el punto aguas arriba, lo cual claramente indica la incidencia de la descarga del efluente.

Se realizó además el análisis de una muestra de efluente crudo proveniente de las piletas de tratamiento, previo a su ingreso al cuerpo receptor, resultando una concentración de coliformes fecales igual a 2.300.000 UFC/100ml. Es de destacar que el valor encontrado en la descarga en relación con los determinados en el curso de agua receptor, muestra que existe una importante dilución, lo cual deberá corroborarse con muestreos a través de distintas transectas, para observar la incidencia de la pluma de descarga en el cuerpo receptor.

Si bien es prematuro concluir con una sola campaña de muestreo, es un avance importante para proseguir con este tipo de parámetro complementado a través de distintas transectas aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga del efluente de este establecimiento.

Luego del estudio de descargas y vuelcos puntuales realizado, tanto industriales como cloacales de las ciudades, se pueden considerar para una primera aproximación a la condición actual del río, las concentraciones que se presentan en la Tabla N° 1, caudales y carga másica de contaminantes.

Simulación SMS				
Descarga	Caudal (m ³ /s)	Concentracion mu-g/m ³	Colis millon/100ml	Carga másica
Arroyo Juan Santos	0.01	3000	100	1000000
Arroyo Sacra	0.29		4	1160000
Arroyo La Leche	0.035		5	175000
Arroyo La Curtiembre	2	2000	0.03	60000
Frigorífico Las Camelias SA	0.06	200	0.3	18000

Tabla N° 1. Condiciones de descarga de los vuelcos puntuales al río. Tramo Pueblo Liebig - Concepción del Uruguay.

4. APLICACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO

Sobre finales del año 1999 quedó implementado un sistema de predicción de niveles mediante la implementación y calibración del modelo MIKE 11, desarrollado por el Danish Hydraulic Institute (DHI), entre las ciudades de Concordia y Nueva Palmira. Mediante este modelo

implementado, se generaron las condiciones de borde de nivel aguas abajo de Concepción del Uruguay y de caudal aguas arriba de Pueblo Liebig, a ser utilizadas por el modelo bidimensional hidrodinámico RMA2.

La calibración del modelo 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.

El tramo de interés del presente estudio fue simulado empleando los programas RMA2 y RMA4 del modelo bidimensional SMS (U.S.Army Corps of Engineers) durante los años 2007 y 2008.

El modelo RMA2 permite simular flujos naturales a superficie libre, donde el movimiento es esencialmente horizontal, utilizando el método de elementos finitos para calcular las velocidades medias del flujo y los niveles de agua. La calibración del modelo 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.

Para simular el problema del transporte de contaminantes en el río debe resolverse la Ecuación de Advección - Dispersión Bidimensional, cuya solución depende fundamentalmente de las condiciones de borde impuestas y de los siguientes parámetros: D_{lon} y D_{tran} (Coeficientes de dispersión longitudinal y transversal), K (coeficiente de decaimiento para una reacción de primer orden). Se aplica para ello el modelo RMA4 del USACE, el cual permite especificar descargas de contaminantes y calcular su transporte en el campo de velocidades y niveles calculado por el RMA2.

A medida que se fueron realizando las campañas de mediciones se fueron ejecutando modelaciones de la calidad de agua para las fechas de muestreo, a los efectos de ir evaluando el grado de acuerdo entre los resultados del modelo y la realidad. Dado que el valor de los coeficientes de dispersión a aplicar 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 (República Oriental del Uruguay) sobre las playas de Concepción del Uruguay (República Argentina).

Por otro lado, se requiere de la especificación de coeficientes que rigen el comportamiento de los fenómenos que inciden sobre el crecimiento, muerte y otras pérdidas de organismos bacterianos; entre ellos se encuentra la velocidad de mortalidad de bacterias o decaimiento.

Para definir los mismos se realizaron análisis de sensibilidad a partir de los cuales se determinó que la influencia del coeficiente de decaimiento en el área de estudio es muy baja. Se adoptaron valores diferentes para las correspondientes a los muestreos para condiciones de invierno y para las condiciones de verano.

Las corridas se han realizado en primer término considerando un coeficiente de decaimiento bacteriano igual a cero (nulo), y en segundo término distinto de cero, a los efectos de poder discriminar los efectos de dilución y de decaimiento en forma.

El modelo verifica la teoría de que a medida que aumenta el nivel de las aguas, manteniendo el caudal másico de vuelco, aumenta la dilución, y disminuye la concentración de contaminantes en los balnearios en estudio.

La estimación de las descargas cloacales es difícil puesto que las mismas son fluctuantes en caudal y concentración, por lo que al solo efecto de la determinación de los coeficientes de dispersión, se adoptaron valores típicos en función de la información disponible, pasibles de ser ajustados en el proceso de calibración y simulación.

En la Figura N° 2 se observa la Sensibilidad al Coeficiente de Dispersión sobre la evolución temporal de la concentración de coliformes (UFC/100ml) en la playa de Banco Pelay para una condición de aguas altas, considerando un pulso de descarga contaminante en Colón en todos los casos salvo en el indicado más abajo, para el cual el caudal másico descargado se consideró constante.

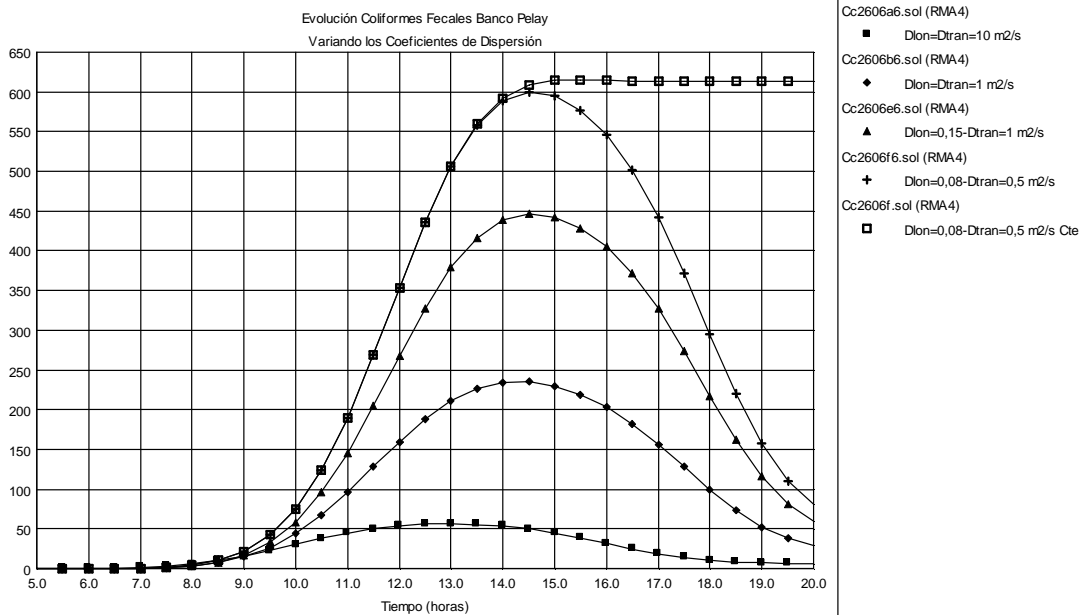


Figura N° 2. Sensibilidad al Coeficiente de Dispersión sobre la evolución temporal de la concentración de coliformes (UFC/100ml) en la playa de Banco Pelay para una condición de aguas altas (26/06/02)

La primera condición analizada corresponde a una condición de aguas altas, muestreada el 26/06/2002, con nivel en Concepción del Uruguay medido igual a 3,75 m (IGM), en Colón 4,50 m (IGM) y caudal igual a 10.000 m³/s (calculado con el modelo MIKE 11). En la Figura N° 3 se presentan los resultados obtenidos en inmediaciones de la descarga de Colón y en Banco Pelay considerando los coeficientes de dispersión longitudinal y transversal indicados en cada gráfico.

Se puede apreciar en la Figura N° 3 que las concentraciones medidas (indicadas en forma numérica), son superiores a 1000 UFC/100ml en inmediaciones de la costa argentina aguas abajo de la descarga de Colón y son del orden de 140 UFC/100ml en la costa opuesta, valor que puede estimarse como “natural” a la altura de Paysandú, y que se debe a fuentes ubicadas

aguas arriba (posiblemente desde Concordia – Salto). Si descontamos ese valor se pueden estimar las concentraciones “medidas” causadas por la descarga de Colón.

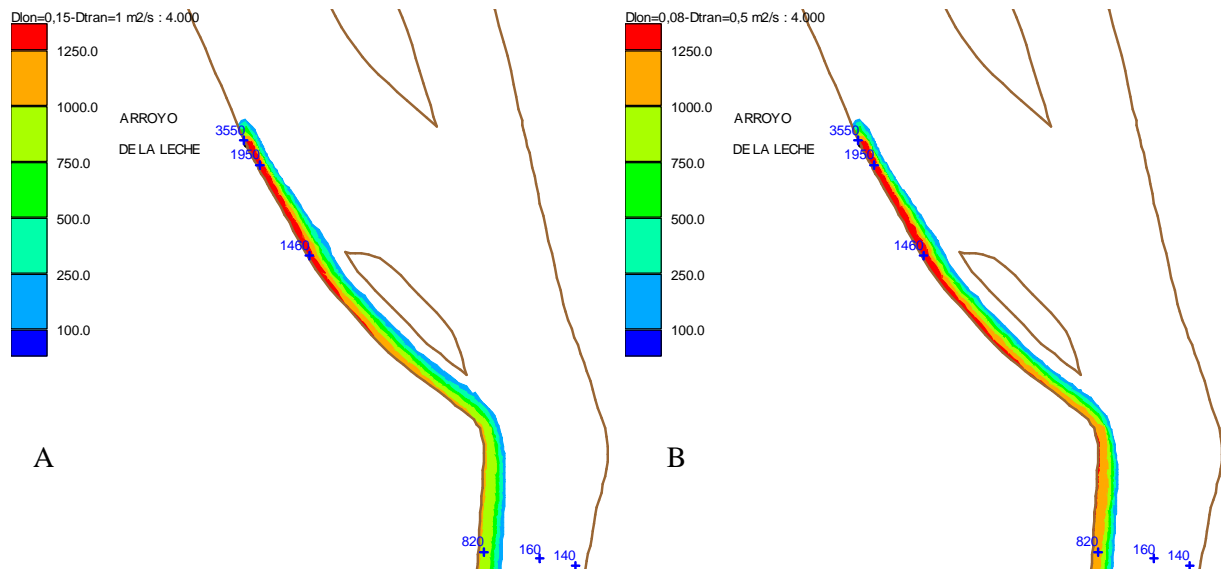


Figura N° 3. Concentraciones aguas debajo de Colón en función de los coeficientes de dispersión

Para la condición de aguas bajas no resultó factible bajar los coeficientes de dispersión a los valores requeridos debido a la generación de inestabilidades en el modelo RMA4. Se pudo observar claramente que los flujos de contaminantes de ambas márgenes se mantienen separados a la altura de Banco Pelay.

A continuación en la Tabla N° 2, para un caudal de río de 1300 m³/s, se establece a partir de los distintos vuelcos la influencia que tiene cada uno de ellos sobre un sitio ubicado sobre la costa en los balnearios del tramo en estudio, considerando las descargas tal como se mencionan anteriormente (situación actual).

Q1300	FrigLasCamelias UFC/100ml	AJuanSantos UFC/100ml	ALaLeche UFC/100ml	ASacra UFC/100ml	ALaCurtiembre UFC/100ml
BalnearioSanJosé	149	0	0	0	0
BalnearioNorteColon	129	0	1	0	0
BalnearioPiedrasColoradas	102	0	11	0	0
BalnearioMunicipalColon	101	0	137	0	0
IslaCaridad	80	0	1335	0	0
BalnearioMunicipalPaysandú	0	0	0	0	534
IslaAlmiron	2	0	3	266	37
PasoVera	45	0	535	0	0
BalnearioBancoPelay	44	0	518	0	0
IslaCambacua	35	0	358	0	1
BalnearioItape	41	0	464	0	0

Tabla N° 2. Contaminación bacteriológica, producida por las distintas descargas sobre los balnearios locales (Caudal de río 1300 m³/s).

Como conclusión inicial se puede destacar el impacto que produce el vuelco cloacal del Arroyo La Leche, producido por la falta de mantenimiento, o mal funcionamiento de las piletas de tratamiento de la ciudad de Colón, primero sobre la isla Caridad ubicada frente a Paysandú, y posteriormente luego de recorrer unos kilómetros sobre el Balneario Paso Vera y el Balneario Banco Pelay de la ciudad de Concepción del Uruguay. Se puede apreciar que los valores representan aproximadamente el doble de lo permitido para Uso 2 (CARU), aguas para baño con contacto directo, lo que nos indica que con la sola influencia de este vuelco puntual estaríamos sobrepasando el límite permitido.

De forma gráfica, se presenta en la Figura N° 4 el impacto producido por ambos caudales en estudio, sobre los balnearios del río Uruguay.

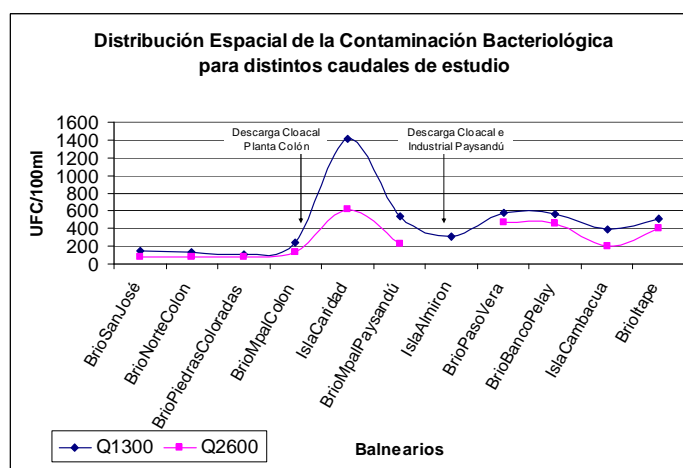


Figura N° 4. Distribución espacial de la contaminación bacteriológica en los balnearios del río, para distintos caudales en estudio (1300 y 2600 m³/s).

A partir del estudio individual de las descargas, y su influencia, considerando la evolución demográfica de las ciudades a la vera del río Uruguay se plantearon 5 hipótesis o escenarios (años 2006, 2009, 2019, 1029 y 2039) que resumen la evolución temporal del incremento contaminante por crecimiento de la población en las ciudades y de las industrias actualmente más importantes con descarga al río.

Las concentraciones obtenidas se muestran en forma lineal en la Figura N° 5 indicando el incremento de carga contaminante por el estudio de las diferentes hipótesis, para un caudal de simulación de 2600 m³/s. En la misma se observa el mayor efecto producido sobre las playas de la isla Caridad, y los Balnearios Paso Vera y Banco Pelay.

A modo de ejemplo se presentan en la Figura N° 6 los resultados obtenidos para las condiciones de las descargas en el año 2019, en diferentes escalas espaciales y de rangos de concentración.

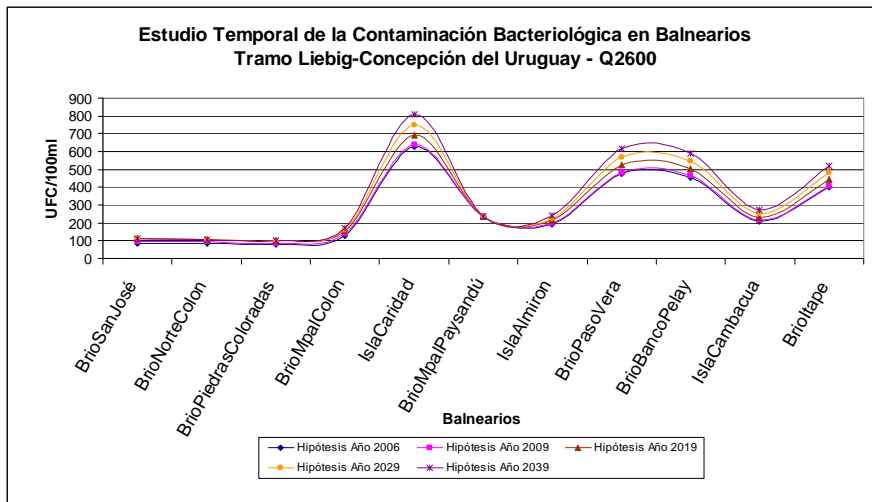


Figura N° 5. Estudio temporal de la contaminación bacteriológica en los balnearios del río, para las distintas hipótesis de estudio, y para un caudal de simulación de 2600 m³/s.

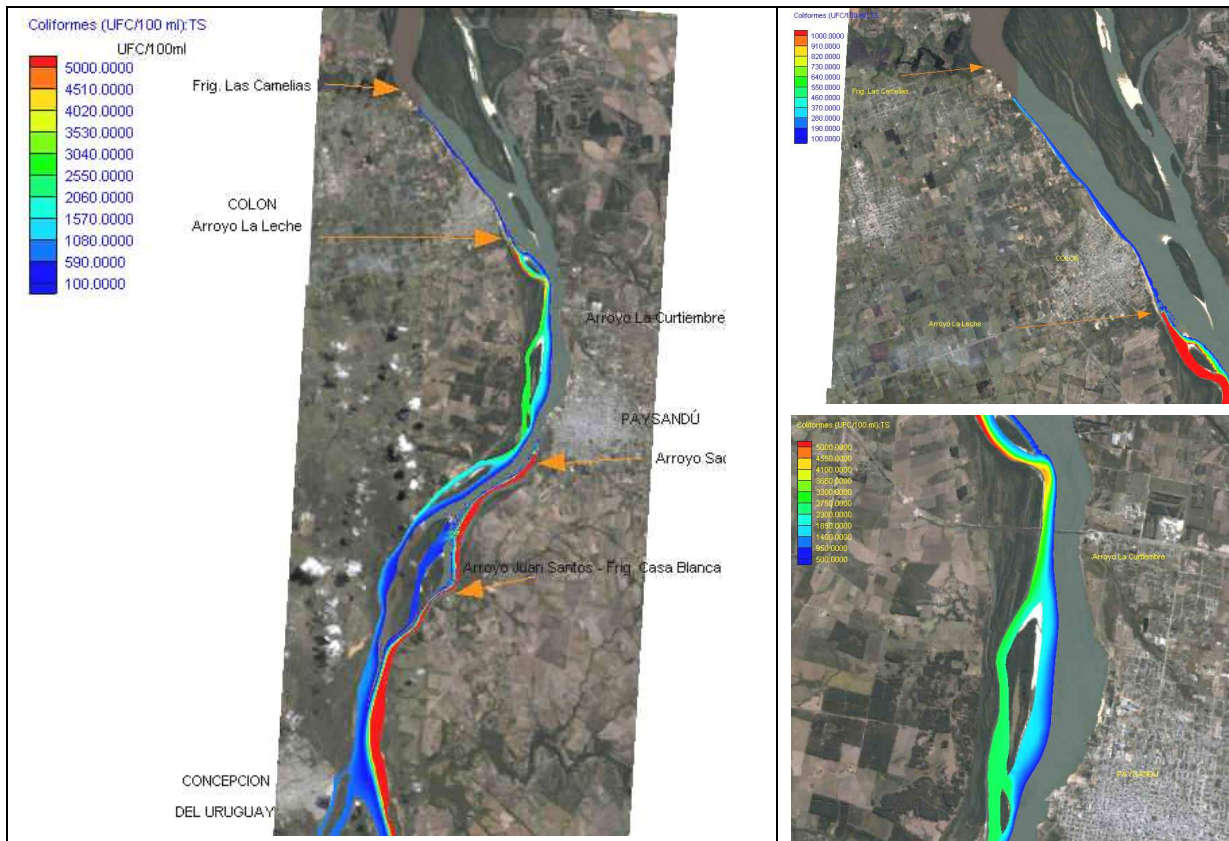


Figura N° 6. Modelación Bidimensional para la Hipótesis N° 3 (Año 2019)

5. CONCLUSIONES

En estudios anteriores del GECRU se había alcanzado la conclusión de que las altas concentraciones de coliformes fecales que se registran en ocasiones en la zona balnearia de Banco Pelay en Concepción del Uruguay se deben principalmente al efecto de descargas variables en la margen argentina, identificadas particularmente en la zona de Colón. Esta conclusión ha sido probada en este trabajo a través de estudios bidimensionales de contaminación.

Los balnearios de la ciudad de Colón y San José son afectados en primera instancia por la contaminación bacteriana proveniente del área de Salto-Concordia, y luego por la descarga del Frigorífico Las Camelias (que procesa unos 120.000 pollos diarios), la cual 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. Situación informada a la empresa, procediendo esta a mejorar el tratamiento de efluentes.

Para condiciones de aguas medias/bajas, luego de transcurrir 1 día y unas 8 a 12 horas de tiempo, la pluma generada por la descarga cloacal de Colón, que en ocasiones presenta niveles de contaminación más compatibles con una descarga cruda que con el efluente de una planta de tratamiento, alcanza la ciudad de Concepción del Uruguay, barriendo el Banco Pelay con concentraciones que pueden superar las 5000 UFC/100ml, claramente excesivas para el uso balneario del mismo. La pluma generada por el frigorífico Las Camelias alcanza la Playa Norte de Colón en unas 3 horas, con valores de coliformes fecales que pueden encontrarse en el entorno de los 750 a 2500 UFC/100ml cuando las piletas de tratamiento no funcionan, valores excesivamente altos para el uso recreativo.

La descarga de Paysandú se mantiene básicamente en cercanías de la margen uruguaya dentro del área estudiada, con concentraciones de coliformes fecales superiores a los 10.000 UFC/100ml.

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 63% 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.

Resulta entonces necesario 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.

También 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 pueden exceder los niveles Guía.