

MODELACIONES 1D Y 2D DE IMPACTOS LOCALES Y TRANSFRONTERIZOS EN LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO URUGUAY

Julio Cardini, Alejandro Zabalett, Gimena Reguero, Daniel Mársico y Néstor Oliver

Grupo GECRU. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Concepción del Uruguay. Ingeniero Pereira 676 (CP 3260). Entre Ríos.
E-mail: cardinijulio@gmail.com, cardinij@frcu.utn.edu.ar

Introducción

El río Uruguay en el tramo comprendido entre el embalse de Salto Grande y su desembocadura es un curso de agua binacional (limitando las repúblicas de Uruguay y Argentina), y su calidad de agua es monitoreada y regulada por la Comisión Administradora del Río Uruguay.

Se presentan los avances alcanzados por el Grupo de Estudio de la Contaminación del río Uruguay (GECRU), en una investigación sobre la contaminación cloacal, la evolución de nutrientes y la concentración algal, en el tramo del río Uruguay comprendido entre el embalse de Salto Grande y su desembocadura, teniendo en cuenta la evolución dentro del embalse, la concentración en la descarga de la represa más descargas puntuales provenientes de aguas residuales que son vertidas al sistema acuático. La investigación busca identificar los factores que inciden sobre la contaminación bacteriológica de las aguas y sobre la eutrofización del río, evaluando la influencia de los aportes de las localidades existentes en ambas márgenes (uruguaya y argentina). La investigación se apoya en la modelación matemática de la hidrodinámica y de los procesos de dispersión de contaminantes y evolución de la clorofila "a". Se aplicaron softwares unidimensionales como el MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute (DHI) y el HEC-RAS del U.S. Army Corps of Engineers (USACE), y softwares bidimensionales como el RMA2 – RMA4 del USACE en el entorno Surface Modelling System (SMS), el MIKE 21 Flow Model y Ecolab del DHI, el RiverFlow2D de Hydronia, y el MOHID del MARETEC (Marine and Environmental Technology Research Center del Instituto Superior Técnico de la Universidad de Lisboa). Los diferentes softwares fueron comparados entre sí para identificar su capacidad de reproducir razonablemente la información de base que fue utilizada para su verificación. El módulo hidrodinámico en todos los casos se validó con datos medidos de nivel del río y de velocidades de la corriente en las simulaciones 2D, y se estimó la respuesta a variaciones de parámetros tales como la concentración y caudal de descarga de bacterias coliformes fecales y nutrientes, la concentración algal en el embalse de Salto Grande, la temperatura del aire y del curso de agua.

Materiales y métodos

La calidad de agua bacteriológica del río Uruguay depende fundamentalmente de las descargas cloacales e industriales de las localidades ribereñas de ambas márgenes, además de los aportes propios de su cuenca alta.

Los procesos que fueron evaluados en diferentes fases de la investigación, son los siguientes:

Estudio del embalse de Salto Grande

Se evaluaron las interacciones que se desarrollan en el embalse de Salto Grande respecto de los nutrientes aportados por fuentes externas, y en función de sus características hidrodinámicas. El embalse en época estival tiende a eutrofizarse, generándose floraciones algales intensas (en ocasiones tóxicas), que impactan sobre la calidad de agua del río Uruguay, afectando las áreas balnearias. La modelación hidrodinámica se realizó con el modelo MIKE-21 HD. Se implementó el módulo de eutrofización del modelo MIKE-21 ECOLAB. La información

de campo surge de monitoreos que la Comisión Administradora del río Uruguay (CARU) y la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (CTMSG) realizaron para los Programas de Vigilancia (PV) y Estado Trófico (PET), y muestreos del grupo GECRU. En verano el embalse se vuelve eutrófico aumentando fuertemente la concentración de clorofila "a" en los brazos, debido a la baja circulación de agua, siendo más intenso el proceso en estiaje. Ello se corresponde con los comunicados que la CARU(2016) y la CTMSG realizan sobre floraciones algales, verificándose que el modelo representa el fenómeno.

Los estudios con el MIKE 21 fueron realizados empleando Licencias académicas temporarias para investigación.

Estudio 1D de las condiciones de eutrofización del río

Se realizó una investigación sobre la evolución de nutrientes y concentración algal, en el tramo del río Uruguay aguas abajo de la represa de Salto Grande, teniendo en cuenta la concentración en la descarga de la represa más descargas puntuales provenientes de aguas residuales que son vertidas al sistema acuático. Se trata de la continuación de una investigación sobre la eutrofización del río, apoyada en modelación matemática mediante el software MIKE 11 (adquirido por el GECRU para simular la hidrodinámica del río), y el software WASP para la calidad de aguas. En esta etapa se implementó el software HEC-RAS para el río Uruguay, con el cual se puede evaluar con mayor detalle la problemática, calibrando el módulo hidrodinámico con datos medidos de nivel del río, y se estimó la respuesta a variaciones de parámetros tales como concentración algal en el embalse y temperatura del curso de agua, mediante el módulo de calidad de agua del mismo software. Se concluyó que la problemática de floración algal registrada en algunas zonas balnearias puede estar exacerbada por aportes locales por lo que se implementaron modelos bidimensionales y planes de monitoreo en tramos de interés para explorar el fenómeno.

Estudio 1D de la contaminación bacteriológica del río

Se ha evaluado la incidencia de las descargas de líquidos cloacales crudos de las ciudades de Concordia y Salto en la zona de Colón, ubicada 80 km aguas abajo en el Río Uruguay, a través de una modelación unidimensional de calidad de agua, empleando los Modelos MIKE 11 y HEC-RAS. Se evaluó con ambos modelos el impacto de diferentes niveles de tratamiento de los líquidos cloacales en la concentración de bacterias coliformes en las playas. Se halló una correspondencia adecuada entre los resultados de cada modelo.

Estudio 2D de la contaminación bacteriológica del tramo del río entre San José - Colón / Paysandú, y Concepción del Uruguay

Este estudio resulta de gran interés debido a la afectación que producen las descargas cloacales de las localidades ribereñas, en las áreas de uso balneario ubicadas aguas abajo, siendo de interés verificar hasta que punto y en que condiciones las descargas de un margen pueden provocar una contaminación transfronteriza en la margen opuesta.

La contaminación bacteriológica de este tramo del río fue evaluada en diferentes instancias, mediante la combinación de los siguientes modelos matemáticos.

- Modelos RMA2 (hidrodinámico) y RMA4 (dispersión)

El GECRU adquirió una licencia del SMS que permite utilizar estos modelos. El modelo RMA2 fue calibrado adecuadamente

pero con el modelo RMA4 no fue factible representar el perfil transversal de concentraciones de bacterias coliformes a la altura de Concepción del Uruguay, aportadas por las localidades ubicadas aguas arriba, debido a que los coeficientes de dispersión necesarios para lograrlo para condiciones de estiaje, son tan bajos que provocaban la inestabilización de la solución.

- Modelo MIKE 21

Este modelo fue calibrado sin inconvenientes tanto desde el punto de vista hidrodinámico como de la dispersión del contaminante constituido por las bacterias coliformes, empleando una Licencia Académica transitoria.

- Modelo RiverFlow2D

Este modelo fue adquirido junto con una Licencia del SMS como interfase, y se logró efectuar la calibración hidrodinámica y de dispersión de contaminantes. El modelo permite utilizar coeficientes de dispersión bajos sin inestabilizarse, si bien presenta el inconveniente de que para que se pueda calibrar la distribución transversal del contaminante, las dimensiones de las celdas deben ser muy pequeñas, con lo cual la cantidad de elementos es relativamente grande y las simulaciones se vuelven muy lentas.

- Modelo MOHID

El modelo MOHID es un modelo hidrodinámico 3D baroclino; resuelve las ecuaciones primitivas de Navier-Stokes con la aproximación de Boussinesq, así como la ecuación de conservación de la masa. En el presente caso, se lo aplicó en modo 2D, utilizando además el módulo de dispersión de contaminantes. Se implementaron las versiones estándar (con elementos rectangulares) y de grilla curvilínea, decidiéndose utilizar esta última debido a la menor representación del conjunto de brazos e islas que presenta el río Uruguay. Se utiliza para esta investigación la versión libre del modelo (el cual tiene además una versión comercial – MOHID Studio). El modelo permite representar adecuadamente las concentraciones, si bien ha presentado limitaciones en cuanto al número máximo de celdas con las cuales funciona, que se están investigando.

Estudio 2D de la influencia de las descargas del tramo del río entre San José - Colón / Paysandú, y Concepción del Uruguay en las condiciones de eutrofización en las playas

Este estudio en desarrollo, busca evaluar en forma bidimensional hasta que punto influyen en las condiciones de eutrofización en inmediaciones de las costas, el ingreso de nutrientes desde las descargas cloacales y/o industriales, que generan plumas que de acuerdo a las simulaciones presentan escasa dispersión transversal, por lo que se encuentran relativamente concentrados en cada margen.

Resultados

Los modelos de calidad de agua 1D y 2D fueron calibrados en primer lugar para la temperatura del agua, hallándose una adecuada correspondencia con los datos medidos.

Los gráficos de temperatura modelada con HEC-RAS y MOHID se presentan como ejemplo en la Figura 1.

Un gráfico de ejemplo de la evolución de la concentración de clorofila "a" a lo largo del río se presenta en la Figura 2.

En la Figura 3 se presenta el ajuste de las concentraciones de bacterias coliformes fecales originadas en los efluentes cloacales de las ciudades de Colón y Paysandú, en una transecta del cauce ubicada frente al área balnearia de Concepción del Uruguay. Se aprecia la fuerte variación transversal existente.

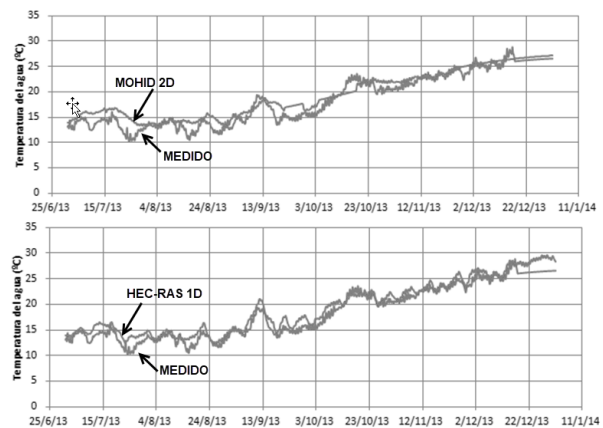


Figura 1.- Ajuste de temperaturas del agua mediante modelos 1D y 2D.

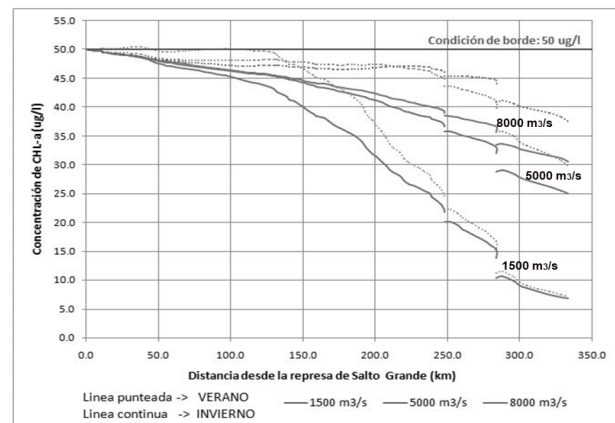


Figura 2.- Concentraciones modeladas de Chl-a ($\mu\text{g/l}$) a lo largo del río.

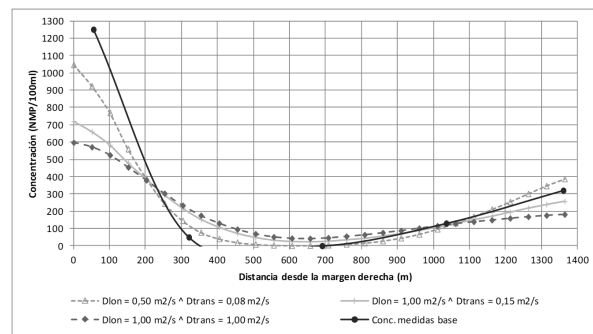


Figura 3.- Ajuste de concentraciones de bacterias medidas en una transecta a la altura de Concepción del Uruguay mediante RiverFlow2D.

Conclusiones

Los estudios realizados permitieron identificar los órdenes de magnitud en que los aportes de bacterias y nutrientes por parte de las localidades ribereñas afectan la calidad del agua del río. Se concluyó además que la problemática de floración algal registrada en algunas zonas balnearias puede estar exacerbada por aportes locales por lo que se está verificando este hecho con modelos 2D y planes de monitoreo en tramos de interés.

Referencias bibliográficas

CARU (2016) "Estudio de la calidad del agua en el Río Uruguay en el bienio 2013-2014: vigilancia de playas y estado trófico". Actividades de investigación de la subcomisión de medio ambiente y uso del agua.