

RESUMEN

El propósito del presente trabajo es intentar construir, con el programa GESCAL de la Universidad Politécnica de Valencia, modelos básicos de calidad de agua en ríos con información escasa como es el caso de los ríos Apartadó y Carepa, modelos que permitan realizar algunas simulaciones sencillas de escenarios que ayuden a visualizar en forma gruesa, las acciones de saneamiento necesarias para su recuperación. Para ello se inicia con la recolección de los datos y la información existente relacionada con el tema la cual se halla escasa y dispersa en diferentes entidades. Sin embargo, se encontraron algunos registros históricos de caudal de los ríos, algunas campañas de caracterización de la calidad del agua tanto de los ríos como de los vertidos principales de aguas residuales que estos reciben, datos hidroclimatológicos y caracterizaciones hidráulicas de las corrientes.

Se procede luego a su organización, análisis y en algunos casos, a su procesamiento para obtener a partir de ella nueva información con el fin de poderla utilizar para la construcción de los modelos de calidad de agua. Se definen de acuerdo a la posibilidad que brinda la información reunida los alcances de los modelos, en cuanto a tramos y constituyentes a modelar, considerando además que se deben asumir como premodelos. A continuación se lleva a cabo el proceso del montaje de la información en el programa GESCAL, obteniendo unos modelos básicos de los ríos para la materia orgánica, el oxígeno disuelto y los sólidos suspendidos totales, en escenarios de caudales mínimos y medios y para dos tramos principales, el tramo urbano y el rural.

Posteriormente se procede a intentar, con los pocos datos de monitoreos de calidad existentes y un alto componente de adecuado criterio técnico, un ajuste o calibración de los modelos, logrando así unas calibraciones aproximadas acordes a la condición de modelos previos o premodelos.

En el caso del río Apartadó se obtienen después de múltiples ensayos de calibración, los valores de las constantes de degradación de la materia orgánica K_d y de reaeración K_a , la velocidad de sedimentación de la materia orgánica V_{sd} y la velocidad de sedimentación de los sólidos V_s , respectivamente para los tramos urbano y rural y en los escenarios de caudales mínimos y medios. Los valores hallados en general resultaron altos, pero se pudieron justificar por las condiciones específicas de estas corrientes. Con estos valores de las constantes se tiene que en el modelo en condición de caudales mínimos, los valores modelados se acercan en mayor grado a los valores medidos más altos de materia orgánica (DBO) y más bajos de oxígeno disuelto (OD), tanto en el primero como en el segundo tramo, lo cual es lógico, sin embargo, en el tramo

urbano los valores modelados de DBO y OD resultan bastante alejados de la mayoría de los datos medidos coincidiendo solo en unos pocos valores, pero a pesar de ello se considera válido como modelo inicial o premodelo, por otra parte el tramo rural tiene una mejor calibración. El escenario de caudales medios presenta una mayor aproximación del modelo a los datos medidos, tanto en el tramo urbano como en el rural, lo que parece indicar que la mayor parte de los datos medidos se hicieron bajo condiciones medias de caudal.

Para la calibración del modelo del río Carepa, dadas las similitudes con Apartadó, se inicia con los valores de constantes obtenidas para este último, ajustándolas para el caso de Carepa y llegando a los respectivos valores para los tramos urbanos y rural y para caudales mínimos como medios, consiguiendo en ambos casos, buenas aproximaciones entre los datos modelados y los medidos.

Finalmente con estos premodelos precalibrados, se llevan a cabo unas simulaciones de acciones de saneamiento de los ríos, consistentes en la recolección y transporte de los vertidos de la zona urbana hacia un sitio aguas abajo y su posterior tratamiento, con dos diferentes niveles de remoción de carga contaminante y para los dos escenarios de caudal mínimo y medio, pudiéndose identificar a nivel de prefactibilidad las necesidades generales de obras para alcanzar los objetivos de calidad de las corrientes estipulados por la autoridad ambiental competente en la región.

Es así como en el caso del río Apartadó se define una recolección y transporte del 94.3% de los vertidos y unos niveles de tratamiento primario con remoción de DBO y SST de 30% y 40% respectivamente y se simula también una depuración de tipo secundaria con remociones de DBO y SST de 85% y 90% respectivamente. Con esto se encuentra que el tramo urbano, tanto en el caso de caudales mínimos como medios, por efecto del alto porcentaje de transporte de los vertidos hacia aguas abajo, recuperaría sus niveles de calidad de DBO, OD y SST cumpliendo con los objetivos de calidad establecidos por la autoridad ambiental. Sin embargo, en el tramo rural al inicio del cual se llevan los vertidos para su depuración, se encuentra que con tratamiento primario tanto en caudales mínimos como medios, no se alcanzaría a cumplir los niveles estipulados en los objetivos de calidad para la DBO y el OD, generándose incluso un largo sector del tramo con ausencia total de oxígeno, solo se alcanzaría a cumplir para los SST. Ahora con tratamiento secundario, se tiene un resultado positivo en ambos escenarios de caudal, las concentraciones de OD mínimas reportadas por el modelo son de 2.2 mg/l y 2.6 mg/l para caudales mínimos y medios respectivamente, que frente al objetivo de calidad para el tramo de 2.0 mg/l cumplen, mientras que para la DBO se tiene 15.7 mg/l y 12.7 mg/l para mínimos y medios respectivamente, siendo el objetivo de calidad $DBO \leq 20$ mg/l, con lo cual también se

cumple. Por otro lado los SST resultan en 10.2 mg/l y 11.1 mg/l en mínimos y medios, cumpliendo igualmente el valor objetivo de $SST \leq 80$ mg/l. De esta manera se determina que para recuperar el tramo rural se requiere un nivel de tratamiento secundario.

En el caso del río Carepa se define una recolección y transporte del 91.4% de los vertidos e iguales niveles de tratamiento, encontrando también que el tramo urbano, en los dos escenarios de caudal, con el transporte de los vertidos aguas abajo, se cumple holgadamente con los objetivos de calidad. Ahora en el tramo rural, se encuentra que con tratamiento primario y en caudales mínimos, que es el caso más desfavorable, las concentraciones más críticas de OD, DBO y SST reportadas por el modelo son de 1.56 mg/l, 21.40 mg/l y 47.87 mg/l respectivamente, mientras los objetivos de calidad para dichos parámetros son de 3.0 mg/l, ≤ 20 mg/l y ≤ 80 mg/l, se observa con esto que, si bien para el OD y la DBO no se cumple, si se está muy cerca del objetivo, por lo que en los demás escenarios, es decir, tratamiento primario con caudales medios y tratamiento secundario en mínimos y medios, al ser todos más favorables, los objetivos de calidad se cumplen holgadamente.

De esta manera a diferencia del río Apartadó, se observa que pudiera no ser necesario un tratamiento secundario, sino en cambio un tratamiento primario avanzado, como por ejemplo, uno químicamente asistido para así llegar a los objetivos de calidad, considerando además que tanto en Apartadó como en este caso, no se han considerado las remociones de carga difusa del tramo rural generado por otros actores de la zona.

Se logra así construir una herramienta de planeación previa, de gran utilidad para la gestión de la calidad del recurso hídrico, que permita optimizar las inversiones y además demostrar que basado en información existente, a pesar de ser muy básica, se puede sacar provecho de ella para otros usos.

SUMMARY

The purpose of the present work is to try construct, with the program GESCAL of the Polytechnical University of Valencia, basic models of quality of water in rivers with scarce information as it is the case of the rivers Apartadó and Carepa, models that allow to realise some simple simulations of scenes that help to visualize in heavy form, the actions of cleaning necessary for his recovery. The work begins with the harvesting of the data and the existent information related with the subject which find scarce and disperse in different organizations. However, they found some historical registers of flows of the rivers, some campaigns of characterization of the quality of the water as much of the rivers as of the main waste water spills that these receive, hidro-climatologics data and hydraulic characterisations of the currents.

It is Proceed afterwards to its organization, analysis and in some cases, to its processing to obtain new information from the data with the purpose of to be able to use the information in the construction of the models of quality of water. It is define of agreement to the possibility that offers the obtained data the capacities of the models, regarding sections and constituent to model, considering in addition that is due to assume like pre-models. Next the process of the assembly of the information in program GESCAL is carried out, obtaining some basic models of the rivers for the organic matter, the dissolved oxygen and the suspended solids total, in scenes of minimum and average flows and for two main reaches, the urban and the rural sections.

Later proceed to try, with the few data of monitory of existent quality and a high component of suitable technical criterion, an adjust or calibration of the models, obtaining therefore approximate calibrations chords to the condition of previous models or pre-models.

In the case of the Apartadó river they are obtained after multiple calibration tests, the values of the constants or coefficients of degradation of the organic matter K_d and of reaeration K_a , the speed of sedimentation of the organic matter V_{sd} and the speed of sedimentation of the solids V_s , respectively for the urban and rural reaches and in the situations of minimum and average flows. The found values generally were high, but they were possible to be justified by the specific conditions of these currents. With these values of the constants it is had in the model in condition of minimum flows, the modeled values approach in greater degree to the values measured higher of organic matter (BOD) and lower of dissolved oxygen (DO), so much in the first and in the second section, which is logical, however, in the urban section the modeled values of BOD and DO are very distant from the majority of the measured data coinciding only in some values, but in spite of it, is considered valid like initial model or pre-model, on the other

hand the rural section has a better calibration. In the scene of average flows the model presents a greater approach to the measured data, so much in the urban and in the rural section, what it seems to indicate that the most of the measured data were carried out under average conditions of flow.

In order to calibrate the model of the Carepa river, given the similarities with Apartadó, one begins with the values of the constants obtained for this last, adjusting them for the case of Carepa and arriving to the respective values for the urban and rural reaches and for the flows minimum and averages, achieving in both cases, good approximations between the modeled and measured data.

Finally with these pre-calibrated pre-models, simulations of action of cleaning of the rivers are carried out, consisting in the transport of the waste water spills of the urban zone towards a site outside her and its later treatment, with two different levels of removal of contaminant load and for the two scenes of flows, minimum and average, being able to identify to level of pre-feasibility the general works needs to reach the objectives of quality of the currents, stipulated by the competent environmental authority in the region.

It is as well as in the case of the Apartadó river a transport of the 94.3% of the spills is defined, furthermore primary treatment with removals of BOD and SST of 30% and 40% respectively and a secondary treatment with removals of BOD and SST of 85% and 90% respectively is also simulated. With this the urban section, in both cases of flows, minimum and averages, by effect of the high percentage of transport of the poured towards a site outside her, would recover its quality levels of BOD, DO and SST fulfilling the objectives of quality established by the environmental authority. Nevertheless, in the rural section at the beginning of which the treatment of the spills would do, with primary treatment as much in minimum flows and average, it would not be reached to fulfill the levels stipulated in the quality objectives for the BOD and the DO, being generated even a long sector of the section with total absence of oxygen, only would achieve to fulfill for the SST.

Now with secondary treatment, has a positive result in both scenes of flows, the minimum concentrations of DO reported by the model are of 2.2 mg/l and 2.6 mg/l respectively for minimum and averages flows, that against the objective of quality for the section of 2,0 mg/l they fulfill, and for the BOD has 15.7 mg/l and 12.7 mg/l respectively for minimums and averages flows, being the objective of quality $BOD \leq 20$ mg/l, with which also fulfill. On the other hand the SST are in 10.2 mg/l and 11.1 mg/l in minimums and averages flows, fulfilling

equally the objective value of $SST \leq 80$ mg/l. It is defined so to recover the rural section a secondary treatment level is required.

In the case of the Carepa river a transport of 91.4% of the spill is defined and equal levels of treatment than Apartadó, finding also that the urban section, in the two scenes of flows, with the transport of the spills towards a site outside of urban area, fulfils easily with the objectives of quality. Now in the rural reach, find that with primary treatment and in minimums flows, that are the most negative situation, the most critical concentrations of DO, BOD and SST reported by the model are of 1.56 mg/l, 21.40 mg/l and 47.87 mg/l respectively, while the objectives of quality for said parameters are of 3.0 mg/l, ≤ 20 mg/l and ≤ 80 mg/l, observe with this that, although for the DO and the BOD do not fulfill, if it is very near of the objective, reason why in the other scenes, that is to say, primary treatment in averages flows and secondary treatment in flows minimums and averages, when being all more positives, the quality objectives are fulfilled easily.

Of this way unlike the Apartadó river, it is observed that a secondary treatment could not be necessary, but instead an advanced primary treatment, as for example, a chemically assisted primary treatment to arrive thus at the quality objectives, considering in addition that as much in Apartadó as in this case, the removals of diffuse load of the rural section generated by other actors of the zone have not been considered.

In this way is able to construct a tool for previous planning, very useful for the management of the quality of hydric resource, that it allows to optimize the investments and besides to demonstrate that based on existent information, in spite of being very basic, benefit can be removed from her for other uses.

RESUM

El propòsit del present treball és intentar construir, amb el programa GESCAL de la Universitat Politècnica de València, models bàsics de qualitat d'aigua en rius amb informació escassa com és el cas dels rius Apartadó i Carepa, models que permeten realitzar algunes simulacions senzilles d'escenaris que ajuden a visualitzar en forma gruixuda, les accions de sanejament necessàries per a la seua recuperació. Per a açò s'inicia amb la recollecció de les dades i la informació existent relacionada amb el tema la qual es troba escassa i dispersa en diferents entitats. No obstant açò, es van trobar alguns registres històrics de cabal dels rius, algunes campanyes de caracterització de la qualitat de l'aigua tant dels rius com dels abocaments principals d'aigües residuals que aquests reben, dades hidro-climatològics i caracteritzacions hidràuliques dels corrents.

Es procedeix després a la seua organització, anàlisi i en alguns casos, al seu processament per a obtenir a partir d'ella nova informació amb la finalitat de poder-la utilitzar per a la construcció dels models de qualitat d'aigua. Es defineixen d'acord a la possibilitat que brinda la informació reunida els abastos dels models, quant a trams i constituents a modelar, considerant a més que s'han d'assumir com pre-models. A continuació es duu a terme el procés del muntatge de la informació en el programa GESCAL, obtenint uns models bàsics dels rius per a la matèria orgànica, l'oxigen dissolt i els sòlids suspesos totals, en escenaris de cabals mínims i mitjans i per a dos trams principals, el tram urbà i el rural.

Posteriorment es procedeix a intentar, amb les poques dades de caracteritzacions de qualitat existents i un alt component d'adequat criteri tècnic, un ajust o calibratge dels models, aconseguint així uns calibratges aproximats concordes a la condició de models previs o pre-models.

En el cas del riu Apartadó s'obtenen després de múltiples assajos de calibratge, els valors de les constants de degradació de la matèria orgànica K_d i de re ventilació K_a , la velocitat de sedimentació de la matèria orgànica V_{sd} i la velocitat de sedimentació dels sòlids V_s , respectivament per als trams urbà i rural i en els escenaris de cabals mínims i mitjans. Els valors trobats en general van resultar alts, però es van poder justificar per les condicions específiques d'aquests corrents. Amb aquests valors de les constants s'ha d'en el model en condició de cabals mínims, els valors modelats s'acosten en major grau als valors mesurats més alts de matèria orgànica (DBO) i més baixos d'oxigen dissolt (OD), tant en el primer com en el segon tram, la qual cosa és lògic, no obstant açò, en el tram urbà els valors modelats de DBO i OD resulten bastant allunyats de la majoria de les dades mesurades coincidint solament en uns pocs valors,

però malgrat açò es considera vàlid com a model inicial o pre model, d'altra banda el tram rural té un millor calibratge. L'escenari de cabals mitjans presenta una major aproximació del model a les dades mesurades, tant en el tram urbà com en el rural, la qual cosa sembla indicar que la major part de les dades mesurades es van fer sota condicions mitjanes de cabal.

Per al calibratge del model del riu Carepa, donades les similituds amb Apartadó, s'inicia amb els valors de constants obtingudes per a aquest últim, ajustant-les per al cas de Carepa i arribant als respectius valors per als trams urbans i rural i per a cabals mínims com a mitjans, aconseguint en tots dos casos, bones aproximacions entre les dades modelades i els mesurats.

Finalment amb aquests pre-models pre- calibrats, es duen a terme unes simulacions d'accions de sanejament dels rius, consistents en la recollecció i transport dels abocaments de la zona urbana cap a un lloc aigües a baix i el seu posterior tractament, amb dos diferents nivells de remoció de càrrega contaminant i per als dos escenaris de cabal mínim i mitjà, podent-se identificar a nivell de pre- possibilitat les necessitats generals d'obres per a aconseguir els objectius de qualitat dels corrents estipulats per l'autoritat ambiental competent en la regió.

És així com en el cas del riu Apartadó es defineix una recollecció i transport del 94.3% dels abocaments i uns nivells de tractament primari amb remoció de DBO i SST de 30% i 40% respectivament i se simula també una depuració de tipus secundària amb remocions de DBO i SST de 85% i 90% respectivament. Amb açò es troba que el tram urbà, tant en el cas de cabals mínims com a mitjans, per efecte de l'alt percentatge de transport dels abocaments cap a aigües a baix, recuperaria els seus nivells de qualitat de DBO, OD i SST complint amb els objectius de qualitat establits per l'autoritat ambiental. No obstant açò, en el tram rural a l'inici del que es porten els abocaments per a la seua depuració, es troba que amb tractament primari tant en cabals mínims com a mitjans, no s'aconseguiria a complir els nivells estipulats en els objectius de qualitat per a la DBO i el OD, generant-se fins i tot un llarg sector del tram amb absència total d'oxigene, solament s'aconseguiria a complir per als SST.

Ara amb tractament secundari, es té un resultat positiu en tots dos escenaris de cabal, les concentracions de OD mínimes reportades pel model són de 2.2 mg/l i 2.6 mg/l per a cabals mínims i mitjans respectivament, que enfront de l'objectiu de qualitat per al tram de 2.0 mg/l compleixen, mentre que per a la DBO es té 15.7 mg/l i 12.7 mg/l per a mínims i mitjans respectivament, sent l'objectiu de qualitat $DBO \leq 20$ mg/l, amb la qual cosa també es compleix. D'altra banda els SST resulten en 10.2 mg/l i 11.1 mg/l en mínims i mitjans, complint igualment el valor objectiu de $SST \leq 80$ mg/l. D'aquesta manera es determina que per a recuperar el tram rural es requereix un nivell de tractament secundari.

En el cas del riu Carepa es defineix una recollecció i transport del 91.4% dels abocaments i iguals nivells de tractament, trobant també que el tram urbà, en els dos escenaris de cabal, amb el transport dels abocaments aigües a baix, es compleix folgadamente amb els objectius de qualitat. Ara en el tram rural, es troba que amb tractament primari i en cabals mínims, que és el cas més desfavorable, les concentracions més crítiques de OD, DBO i SST reportades pel model són d'1.56 mg/l, 21.40 mg/l i 47.87 mg/l respectivament, mentre els objectius de qualitat per a aquests paràmetres són de 3.0 mg/l, ≤ 20 mg/l i ≤ 80 mg/l, s'observa amb açò que, si bé per al OD i la DBO no es compleix, si s'està molt prop de l'objectiu, per la qual cosa en els altres escenaris, és a dir, tractament primari amb cabals mitjans i tractament secundari en mínims i mitjans, en ser tots més favorables, els objectius de qualitat es compleixen folgadamente.

D'aquesta manera a diferència del riu Apartadó, s'observa que poguera no ser necessari un tractament secundari, sinó en canvi un tractament primari avançat, com per exemple, un químicament assistit per a així arribar als objectius de qualitat, considerant a més que tant en Apartadó com en aquest cas, no s'han considerat les remocions de càrrega difusa del tram rural generat per altres actors de la zona.

S'aconsegueix així construir una eina de planeación prèvia, de gran utilitat per a la gestió de la qualitat del recurs hídric, que permeti optimitzar les inversions i a més demostrar que basat en informació existent, malgrat ser molt bàsica, es pot traure profit d'ella per a altres usos.