

Relevamiento y optimización de dispositivos de retención de Residuos Sólidos Urbanos como herramientas de prevención de la Contaminación de los Recursos Hídricos

Luis Guisasola, Mario Alberto Salomón, Patricia Infante, Luis Magistocchi, Claudio Cabiudo, Javier Zamorano

Maestría en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Centro Universitario. Parque Gral. San Martín. C.P. 5500. Teléfono. 0261-4135000. int. 2129. Fax. 0261-4380120

E-mail: lguisasola@fing.uncu.edu.ar

RESUMEN: El avance de la urbanización sobre las zonas de cultivos con un sistema de riego artificial en funcionamiento, produce problemas de contaminación a causa de la presencia de residuos sólidos urbanos (RSU) en los cauces. Los propósitos de este trabajo son resaltar la importancia de las obras de retención y captura de los RSU que son arrojados a la red hídrica del Gran Mendoza y la necesidad de contar con criterios técnicos para su diseño que mejoren la concentración, retiro y disposición de los mismos, evitando su dispersión en la red hídrica. Este estudio requirió el relevamiento de los distintos tipos de obras de retención, denominadas trampas de basura, instaladas en la red de conducción secundaria de zonas urbanas y rurales a cargo de las Asociaciones de Usuarios del río Mendoza. La identificación y caracterización de las obras se realizó en el terreno junto con los operadores del sistema, y se confeccionó una ficha técnica con detalles de la geometría de los cauces y otros datos de construcción, que posibilitaron clasificar distintas tipologías. Además se consideraron otros aspectos como cantidad, frecuencia, composición y volumen del residuo arrojado y régimen hídrico, como así también la forma de operación y su tratamiento en cada caso. Las iniciativas implementadas se constituyen en medidas estructurales y no estructurales para la mitigación y gestión de la contaminación hídrica, aunque surge la necesidad de profundizar los estudios hidráulicos para mejorar el funcionamiento de las obras como: redefinir ángulo de instalación de las rejillas, recalcular longitudes de vertederos, rediseñar sifones y alcantarillas, para su adaptación a cada una de las condiciones pedemontanas, ya que las pendientes Este-Oeste son mucho más pronunciadas que las Sur-Norte, como así también la tipología de las secciones y de los caudales. También es conveniente implementar protocolos operativos para optimizar el sistema de manejo actual y lograr mayor fortalecimiento institucional.

INTRODUCCIÓN

El Área Metropolitana de Mendoza (AMM) ocupa una superficie urbana de 30.437 ha y posee una red de distribución de 7.500 kilómetros de acequias para la dotación (cantidad de agua necesaria para cada vegetal, de acuerdo a sus características y época del año) y riego del arbolado y otros usos públicos.

El agua de riego que abastece el AMM proviene del río Mendoza (50 m³/s de caudal modular anual) y es captada en el Dique Cipolletti (Magistocchi et al., 2010). La conducción principal que allí nace es el Canal Caciague Guaymallén. El río tiene régimen nivo-glacial con un derrame anual de 1.540 hm³ y se encuentra

regulado parcialmente por el Dique Potrerillos (distante 45 km de la ciudad). El embalse posee una capacidad de 450 hm³ que posibilita dar un cierto grado de garantía a las concesiones de riego empadronadas y posibilita lograr una regulación estacional para la zona cultivada que cuenta con unas 81.000 ha, especialmente durante los meses de agosto a noviembre de cada ciclo hidrológico como puede verse en la Figura 1 (Departamento General de Irrigación, 2012).

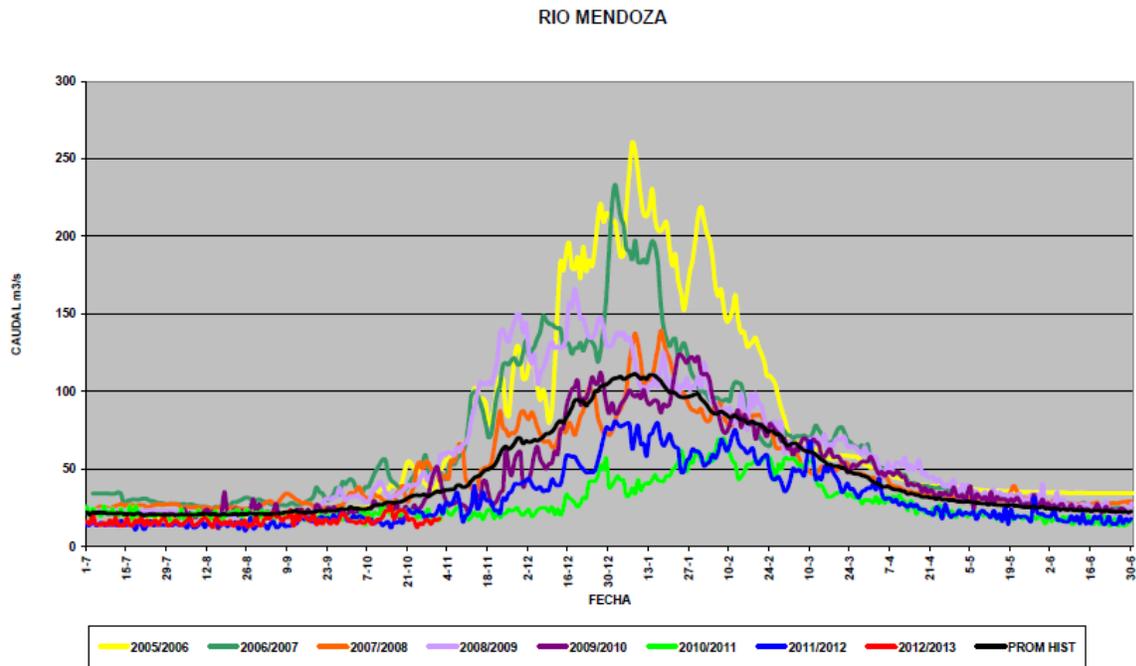


Figura 1. Gráfico que representa los caudales medios diarios (en m³/s) de los últimos cinco ciclos hidrológicos y el actual, en línea roja, del cual puede deducirse la crisis hídrica declarada oportunamente. La línea negra representa la oferta promedio de caudales diarios. Fuente: Departamento General de Irrigación

El Departamento General de Irrigación (DGI) administra el agua en la Provincia de Mendoza actuando como Autoridad de Aplicación (AA, de la Ley de Aguas de 1884, que es parte integrante de la Constitución de la Provincia de Mendoza) y la distribuye de múltiples maneras. Dentro del espectro de actividades, el de mayor consumo corresponde a la agricultura. Las dotaciones también se destinan para otros usos tales como abastecimiento de agua cruda para las cinco plantas potabilizadoras que posee el Gran Mendoza, para el riego del arbolado público y para el uso industrial (conservera, vinícola, curtiembres, cervecera). El sistema de conducción consiste en una red muy importante y extendida de canalizaciones abiertas (Magistocchi et al., 2010). El sistema de riego ha quedado absorbido en parte por el AMM, dentro de su área de influencia, por lo que los canales atraviesan el casco urbano, desde el este hacia el oeste y desde el sur hacia el norte, dotando a las propiedades que se encuentran al norte y este de la ciudad, aguas abajo.

Debe tenerse presente que el AMM crece de una manera desordenada, en una especie de maniobra de “pinzas”, rodeando a tierras de alto valor agrícola (distritos de Chacra de Coria y Vistalba), las cuales se transforman paulatinamente en urbanas, pero con la infraestructura que poseían cuando eran rurales.

El AMM que, de acuerdo al Censo 2010 supera el millón de habitantes, es considerada un gran consumidor o gran cliente para la AA y recibe las dotaciones en sus distintos departamentos, distritos y secciones en múltiples puntos para el mantenimiento del arbolado público y también para otros usos tales como limpieza y riego de plazas y otros espacios verdes como por ejemplo parques.

Debido a que la red de distribución consiste en canales a cielo abierto, se encuentra sometida a los efectos torrenciales originados por tormentas convectivas de alta intensidad (período de octubre a abril de cada ciclo hidrológico) y a la presión antrópica. Ello implica que las aguas pluviales tendrán como destino el sistema de distribución de las dotaciones produciendo eventuales desbordes. Ello ocurre debido a que los caudales superan a las capacidades de proyecto, al producirse la superposición del agua para riego de las dotaciones del turno, con el escurrimiento de los excesos hídricos provenientes de las tormentas convectivas. Cabe aclarar que, debido a la escasa oferta de agua en el río Mendoza, la AA gestiona el agua para el riego por turnos, a fin que cada canal principal y cada propiedad reciba un caudal mayor a 0,85 litros/s/hectárea, a fin de no aumentar las pérdidas de agua por infiltración. A esta situación se agrega la presencia de residuos sólidos urbanos (RSU) y todo tipo de elementos que la población, arroja a los cauces todo tipo de elementos, de tamaños muy diversos. A todo ello se agregan los eventuales efectos de la acumulación de residuos transportados por vientos cálidos y secos tipo fohën (conocido en Mendoza como “Viento Zonda”). Este panorama indica que el sistema se encuentra bajo la acción permanente de agentes externos que inciden negativamente en su capacidad, calidad y en la gestión del recurso. Estos impedimentos producen múltiples inconvenientes sobre los usuarios quienes reciben las dotaciones fuera de término, junto con todo tipo de RSU y restos de la monda (hojas y ramas de arbolado). Los inconvenientes causados por los RSU sobre las canalizaciones agregados a las pérdidas en términos económicos a causa de los desbordes en los cauces, producen que la problemática de la basura y los residuos tengan un peso cada vez mayor. Estos aspectos contribuyen a un aumento en los recursos necesarios, por lo que las autoridades se ocupan cada vez más de la temática de los RSU. A continuación pueden observarse los datos suministrados al autor por la Asociación de la Primera Zona de Riego donde se explicitan las inversiones realizadas relacionadas con los RSU.

Tabla N°1: Costos del Tratamiento de Residuos. Fuente, datos suministrados por la Asociación Primera Zona de Riego del Río Mendoza.

Costos tratamiento residuos -Presupuestos IC Río Mendoza	
2004	\$ 1.720.000
2009	\$ 3.119.494
2011	\$ 3.899.367
2012	\$ 4.350.000

Paralelamente, los desbordes perjudican a las calles contiguas y a toda la infraestructura circundante, inundando propiedades públicas y privadas, aumentando aún más los daños causados, tanto a terceros, como así también, a las distintas redes de caminos, tuberías (cloacas y agua potable) y a los peatones. A su vez, las inundaciones perjudican al tránsito disminuyendo la velocidad aceptable de conducción y se aumenta la probabilidad de accidentes viales.

Esta situación ha obligado que los operadores de la red hídrica construyan sobre la infraestructura existente, una serie de instalaciones y elementos destinados a la interceptación y captura de los residuos que, de otra forma, serían arrastrados por medio de los caudales de riego, a través de la red de conducción, afectando la distribución. Estos aspectos provocarán la disminución de la capacidad de las secciones hidráulicas, de la eficiencia de conducción y de distribución. Estas construcciones, han sido ejecutadas bajo criterios empíricos y experiencia operativa de los administradores que, si bien han permitido mitigar parcialmente la acumulación de RSU, no han posibilitado lograr su solución final en la red hídrica.

Los objetivos planteados para este trabajo son resaltar la importancia de las obras de retención y captura, criterios generales para la ubicación de estas estructuras, de criterios técnicos para su diseño, y el mejoramiento de la gestión de los RSU en el Gran Mendoza. Las obras mencionadas contribuyen a la concentración, retiro y disposición de aquellos en lugar que se repartan a lo largo de toda la red hídrica y de las propiedades de las zonas terminales de la red.

MATERIALES Y MÉTODOS

Medidas estructurales – trampas para captura de RSU

Conceptualmente una Trampa para la Captura de los RSU es una obra concebida para retener el material que transporta el agua, de manera flotante en suspensión y como arrastre de fondo. Estas obras cuentan con una adecuada autonomía de manejo, de manera tal de no comprometer el régimen de escurrimiento y de no producir desbordes hacia aguas arriba de la estructura. Como autonomía de manejo se define al tiempo entre dos trabajos de limpieza consecutivos, de manera tal que la canalización no se desborde o, lo que es lo mismo, el tiempo en que tarda en atarquinarse totalmente el sistema de captura de RSU.

El diseño de las obras conocidas como trampas de basura consiste en la interposición de un sistema de rejas o rejillas en el cauce del canal, para la captación de los RSU. La forma de colocación de un sistema de interceptación de este tipo, consiste en la instalación de rejas inclinadas fijas o móviles, de dos o más etapas sobre la sección hidráulica. La materialización que se logra, construyendo sobre el cauce principal del canal, un ensanchamiento, de forma tal de duplicar la sección transversal y un tabique longitudinal de menor altura en el centro del ensanchamiento, tal como puede observarse en la Figura 2. Las obras son normalmente interpuestas en sectores previos a puntos críticos de la red tales como sifones, alcantarillas y sistemas de compuertas. Estas obras son operadas por personal perteneciente a la inspección de cauce correspondiente. Debe tenerse en cuenta, que cada Asociación de Riego es un conjunto de Inspecciones de Cauces Asociadas. Cada cauce tiene una Inspección, institución que posee personería jurídica y cuenta con un Inspector de Cauce y otros empleados, que se desempeñan en la realización de todos los trabajos manuales necesarios, tales como habilitar las tomas de riego existentes, de acuerdo al esquema de turnado, a la limpieza de los cauces, rejas, sifones y demás estructuras, entre otros trabajos.

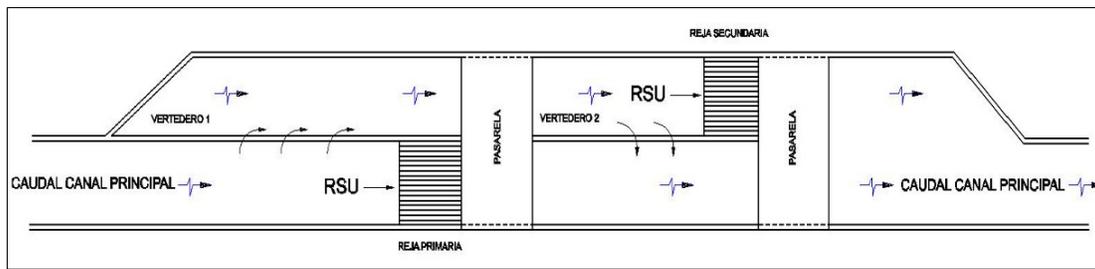


Figura 2. Croquis Típico de una Trampa de Basura construida sobre un canal de distribución

El principio de funcionamiento consiste en retener los RSU mediante la primera rejilla inclinada hacia aguas abajo, con un ángulo máximo de 45° respecto de la vertical. Debido a que el material que transporta el canal obtura rápidamente a la rejilla, el tabique (vertedero 1 y vertedero 2 en Figura 2) que separa la segunda conducción comienza a funcionar como un aliviadero, a fin de permitir el paso de la porción de caudal que no puede pasar por la rejilla inicial.

Es por ello que este tabique divisorio se construye con una menor altura. El agua comenzará su vertido a medida que la rejilla se va colmatando. Esta situación provoca que parte del material tienda a sobrepasar la obra de retención, por lo que, aguas abajo de la rejilla inicial se coloca la segunda etapa de la obra de captura (reja secundaria) en el cauce paralelo. Aguas abajo de esta segunda cámara, la canalización retoma la alineación de la traza original. A medida que la segunda rejilla va reteniendo los RSU, se va a ir obturando por lo que es necesario que el tabique intermedio también funcione como aliviadero (vertedero 2 en la Figura 2). Tradicionalmente se construye con una altura equivalente a la mitad de la altura física del cauce. Todo ello tiende a evitar que se produzca un desborde ante una falla en el mantenimiento del sistema de retención. Esta situación se produce cuando el personal responsable no alcanza a efectuar la limpieza de las estructuras, removiendo el material acumulado que obstruye el flujo a través de las rejillas atarquinadas.

En ciertos sectores, tras la rejilla secundaria se hace necesario colocar una tercera captura, a fin de aumentar la capacidad de retención de RSU y evitar la obstrucción aguas abajo de estructuras tales como sifones, alcantarillas, derivaciones y aforadores. Estas estructuras deberán repetirse en serie a lo largo del canal, tantas veces como fuere necesario. Los costos de inversión y los espacios disponibles suelen ser uno de sus límites principales.

En la mayoría de los casos, la construcción de las obras de retención se ve restringida por la geometría de las conducciones existentes, sus dimensiones, espacios disponibles para vertederos, puentes de maniobra y lugares para acopio o retiro del RSU. Entre las condiciones que intervienen en el dimensionamiento de estas estructuras, puede contarse el caudal de diseño de la canalización, la pendiente de la solera de la canalización y el posicionamiento de la obra. Las características del lugar donde se encuentran las trampas de RSU tienen en cuenta las condiciones urbanas, rurales, o la combinación de ellas para poder estimar la cantidad y calidad de residuos que podrían llegar a incidir y ser transportados por las canalizaciones, ya sea en suspensión como por arrastre de fondo. Puede citarse como ejemplo aquellos tramos que se encuentran alejados de zonas urbanizadas, los cuales están sometidos a la caída y acumulación del follaje de especies arbóreas como

álamos, plátanos, pimientos (aguaribay), sauces y eucaliptus (Figura 3). En este tipo de obras la limpieza de las rejas se debe realizar dos veces al día como valor medio. Dado que, en general, se trata de materia orgánica, se ha realizado un retiro promedio, cada cuatro días, de alrededor de 6 m³ de material proveniente del área aguas arriba, desde las áreas cultivadas, previas al conglomerado urbano en estudio, que ha coincidido con los últimos años de baja oferta hídrica. Este valor corresponde a la primera reja de la hijuela Segunda Guiñazú, Departamento de Godoy Cruz. De acuerdo con su situación geográfica, existen convenios para que algunos municipios retiren los RSU y los dispongan conjuntamente con los suyos.

En aquellos sectores en que las conducciones se encuentran rodeadas por los núcleos urbanos, podrá encontrarse todo tipo de RSU en cualquier época del año, afectando el transporte de las dotaciones de riego. Esta eventualidad se ve agravada por los efectos torrenciales durante la época estival de tormentas convectivas, cuyas crecidas agregan los sedimentos arrastrados. (Figura 4).



Figura 3. Trampa para la captura de RSU de dos etapas en una zona rural



Figura 4. Trampas para captura de dos etapas en la zona terminal del canal en el área urbana

La mayor cantidad de RSU que inciden en la red de riego se produce al comenzar cada turno de riego (variable según la época y disponibilidad hídrica) ya que durante el periodo en que el canal no está dotado (su cauce se encuentra seco) las poblaciones cercanas arrojan con igual o mayor intensidad sus desechos. Para las progresivas de canales que cuenten con obras de tres etapas, la cantidad de material acumulado alcanza a picos de más de 50 m³ cada cuatro días, los que deben ser convenientemente dispuestos, en los vaciaderos habilitados a tales fines. En estos casos, algunos municipios se niegan a retirar estos RSU lo que obliga a las organizaciones de usuarios del agua de riego a realizarlos a su cargo. Es conveniente que los aliviaderos laterales estén previstos para que su carga hidráulica sea la menor posible, a fin de evitar que los residuos flotantes sobrepasen las obras. Este criterio de diseño tiende a retener la mayor cantidad de elementos. Ello idealmente implicará obras más extensas en las progresivas del canal, con altas inversiones iniciales. La construcción de estas obras llevan muchas veces a adoptar soluciones de compromiso entre una inversión inicial de menores proporciones que las ideales y los costos de operación, ya que deberá incrementarse la frecuencia de operación de limpieza y remoción, debiéndose adicionar a estos trabajos, la carga, el acopio y el transporte de los residuos a sitios adecuados. Debe tenerse presente que la disminución

de la pendiente implica la disminución de la velocidad y de la energía de transporte y provocará la sedimentación aguas arriba del sistema de captura a fin de disminuir la posibilidad de sobrepaso de los RSU, de manera que la basura tenga la menor velocidad de llegada posible. Debe contemplarse que una menor velocidad de llegada, para el caso en que las obras de retención se encuentran totalmente colmadas, producirá un proceso de sedimentación. Las tormentas convectivas que afectan a las canalizaciones de riego, perjudican su funcionamiento, ya que disminuyen su capacidad de conducción y necesitan de la correspondiente acción correctiva a través de mano de obra que desembanque el sitio.

La composición de los RSU es uno de los factores determinantes en la definición para el diseño de las obras. Se han realizado algunos análisis de los RSU, caracterizándolo. Se acompaña los resultados tomados de una muestra del canal Jarillal, en la reja previa al sifón que traspone el cauce del Zanjón Frías. La muestra fue tomada en el mes de setiembre de 2012.

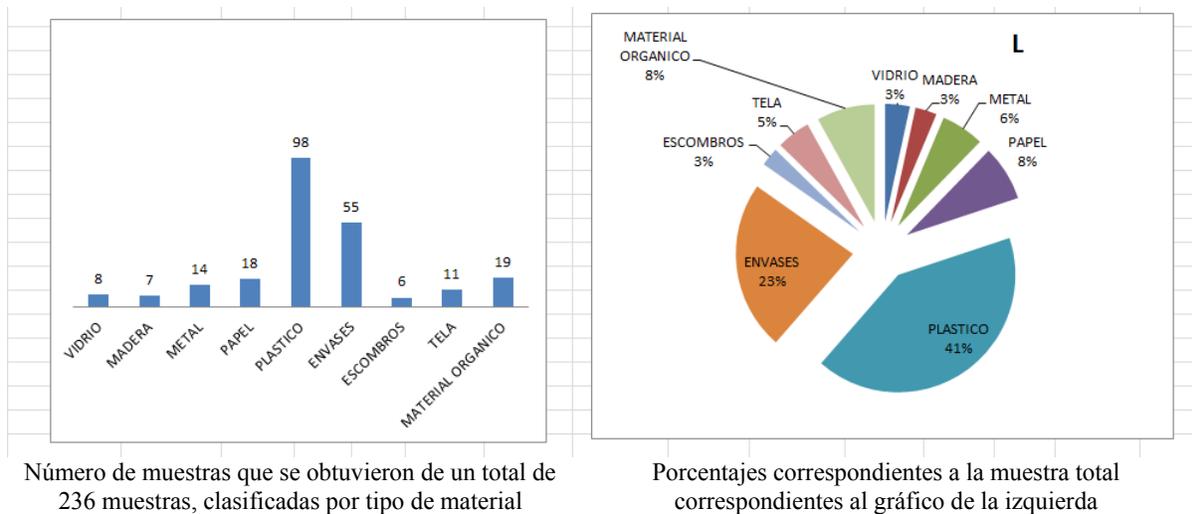


Figura 5.- Resultados de una muestra tomada sobre el canal Jarillal a cargo de la Asociación de la Primera Zona de Riego, en la rejilla previa al sifón de cruce debajo del Zanjón Frías

Las situaciones anteriores indican que dentro de una misma zona, pueden darse infinidad de efectos que determinan las condiciones más apropiadas para el diseño y operación de las obras de intercepción de RSU.

De acuerdo a la legislación vigente, los municipios son los encargados de la gestión de los RSU, en cuanto a la recolección domiciliaria, transporte y disposición final. Es por ello que, de acuerdo a lo visto en el muestreo realizado, gran parte de las muestras (89%) corresponden a RSU generados en el tejido urbano, jurisdicción municipal (solamente el 8% de material orgánico y el 3% de madera podrían computarse a una zona rural)

Obras hidráulicas que acumulan RSU por su configuración y funcionamiento

Existen obras hidráulicas singulares que, por su configuración y funcionamiento energético, provocan la acumulación de gran parte de los elementos transportados por el agua. Estas estructuras están relacionadas con la interferencia de otras obras lineales, a veces de gran tamaño como canales, y, vías de comunicación y

transporte, de manera que deben efectuarse obras como sifones y alcantarillas, resultando algunas de estas obras de grandes dimensiones.

Los sifones se componen por la cámara de carga, la conducción principal y la cámara de salida. En la primera cámara, se produce un aumento en la carga hidráulica (energía) a fin de poder sobrepasar las singularidades que implican los cambios de sección y dirección y de las pérdidas de energía por fricción en el tramo inferior (esquema de la Figura 6). Es en esta sección donde se produce una disminución de las velocidades medias con la consiguiente decantación de fondo y acumulación superficial en la boca de la cámara de todo material flotante.

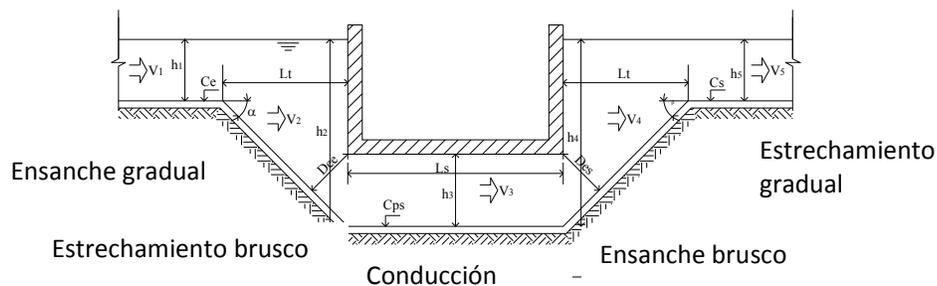


Figura 6. Corte típico de un sifón hidráulico

Para el caso usual, de obstrucción parcial, el tirante de agua deberá incrementarse, de manera tal de incrementar su energía para sobrepasar el sifón que se encuentra aguas abajo. Dado que no siempre se cuenta con los muros laterales lo suficientemente elevados para lograr las cargas hidráulicas necesarias, es que se producen desbordes e inundaciones en los terrenos aledaños, donde se encuentran caminos y todo tipo de infraestructura urbana. Para evitar esta situación, en algunos sectores, debe sobreelevarse los muros del canal, de acuerdo a la curva de remanso hacia aguas arriba, aumentando las inversiones a realizar, pero sin lograr la solución del verdadero problema que es el atarquinamiento y obstrucción de las secciones hidráulicas a causa de los RSU.

En las fotografías siguientes se puede observar el caso del Canal Jarillal en su paso por debajo del Zanjón Frías, a través de un sifón (Figura 7) donde la cámara de carga que posee se encuentra con una gran cantidad de RSU, principalmente envases plásticos. En la fotografía de la Figura 8 se observa la descarga del sifón al cauce del Zanjón Frías, a fin de evitar que los primeros volúmenes de agua, que van arrastrando la suciedad existente, sean conducidos hacia aguas abajo. Puede observarse en ambas fotografías que el color del agua es marrón negruzco, con un alto contenido de coloides y material muy fino, provenientes del smog y tierra depositados durante la época de corta y debido a la quema de RSU que se efectúa dentro del mismo cauce del canal.



Figura 7. Vista de la cámara de carga del sifón del Canal Jarillal bajo el zanjón Frías durante los primeros instantes luego de la corta de riego.



Figura 8. Vista del desagüe del sifón del Canal Jarillal hacia el cauce del Zanjón Frías, canal de desagües pluvioaluvionales, que toma las escorrentías provenientes del piedemonte y de gran parte de la ciudad de Godoy Cruz.

Otra dificultad que suele presentarse en el escurrimiento se relaciona con las alcantarillas. Estas estructuras no poseen cambios en la dirección, y la conducción necesita de una losa superior. En la generalidad de los casos, la losa se coloca sobre el canal (en general rectangular), sin preocuparse que se mantengan, al menos, las condiciones hidráulicas de aguas arriba, sino que solamente se realiza una simple compensación geométrica, en lugar de hidráulica. Estos defectos de diseño provocan que la alcantarilla comience a funcionar como sifón y necesite mayor energía a la entrada y se produzca, por lo tanto, el desborde aguas arriba ya que la sección de la conducción resultará insuficiente.

Cada caso merece un estudio particular, en cuanto a la topografía del lugar (pendientes dominantes) y caudales de diseño, sin embargo, las municipalidades han adoptado unas pocas tipologías normalizadas que, en muchos casos, no son aplicadas adecuadamente, por lo que los desbordes y los atoraderos son habituales en las bocas de entrada de las alcantarillas.

En cuanto a las particiones o derivaciones utilizadas con el fin de entregar el agua a los consumidores finales, algunas conducciones que se derivan perpendicularmente respecto de la corriente principal, poseen una compuerta asociada, destinada a regular el caudal. En el tramo entre la boca transversal y la compuerta, se produce una brusca disminución de las velocidades por áreas muertas con los consiguientes problemas de decantación en la solera y acumulación de residuos flotantes. Es por ello que se hace necesaria la ejecución de proyectos específicos en las conducciones para evitar que se conviertan en sitios de acumulación de material no deseado para la regulación del caudal a través de las hojas de los compartos.

A todos los casos anteriores, se le debe sumar la temática de la operación y mantenimiento, los cuales, muchas veces, se encuentran limitados por los presupuestos asignados (falta de personal y elementos) o ausencia de criterios, protocolos y conocimientos de las diversas problemáticas puntuales o bien, por la combinación de ambas situaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tópicos que deben destacarse en relación a las obras mencionadas y el manejo de los RSU capturados, pueden dividirse en medidas estructurales (obras) y en medidas no estructurales.

Medidas Estructurales

- Instalación de rejas anguladas, como máximo, a 45° respecto de la horizontal: tal como se ha mencionado en los apartados anteriores, existe una serie muy importante de obras que necesitan de la intercepción de los RSU aguas arriba para su correcto funcionamiento y eficiencia en el manejo del Recurso Hídrico, recordando que es quien limita el crecimiento y desarrollo de las áreas en zonas áridas como la Provincia de Mendoza.
- Inclusión de las etapas que sean necesarias en las obras de captura de RSU: cuando se decide la instalación de un sistema de rejas, debe realizarse un estudio del tramo aguas arriba, de manera de identificar los escurrimientos adicionales que pueda recibir y las zonas pobladas que tal canalización atraviesa. De esta manera, puede caracterizarse con cierta exactitud cuáles son las condiciones de borde a que se encuentra expuesta y, por lo tanto, se podrá realizar la previsión de la cantidad de etapas necesarias (cantidad de rejas). La obra civil podrá plantearse en una sola etapa, y el resto de las obras hidromecánicas, podrán realizarse por etapas sucesivas, a fin de disminuir las inversiones iniciales.



Figura 9. Vista de la obra civil preparatoria para recibir un sistema de rejas para la intercepción de los RSU en el canal Jarillal, aguas arriba del puente canal sobre el Zanjón de Los Ciruelos. La rejas de dos etapas serán ejecutadas en los próximos dos presupuestos anuales. Si bien cuenta con un aliviadero en margen derecha, la compuerta del descargador no está automatizada.



Figura 10. Fotografía de la descarga al Zanjón de los Ciruelos de los caudales iniciales a fin de evitar el ingreso a los sectores aguas abajo del agua contaminada por la suciedad acumulada en el cauce durante los 105 días de corta anual del año 2012. El descargador solamente cuenta con un volante de accionamiento manual. Debería preverse su motorización, defensa antivandálica y su automatización.

- Estudio de las pendientes de soleras y longitudes de vertederos laterales a fin de efectuar un balance entre los parámetros de la operación de las trampas (tiempos, cantidad de operadores), la sedimentación en las obras, la curva de remanso y la sobreelevación del pelo de agua correspondiente. A fin de poder realizar un correcto dimensionamiento se debe contar con el relevamiento topográfico a efectos de poder

compatibilizar las pendientes óptimas con las posibles desde el punto de vista económico. Estos datos condicionarán las secciones transversales y la cantidad de etapas de rejas que deberá atravesar el flujo de agua. El tema de la sedimentación deberá estudiarse conjuntamente, de manera de lograr secciones autolimpiantes, con posibilidad de evacuación hacia cauces mayores de desagüe, tal como es el caso de la progresiva del canal Jarillal sobre el Zanjón de los Ciruelos.



Figura 11. Sistema de Trampa de Basura, previamente a ser mantenido. Puede observarse la curva de remanso hacia aguas arriba. El diseño más moderno y de mayores dimensiones permitirá la instalación experimental de un motor para aumentar la velocidad de izaje y los trabajos de limpieza de la reja. Trampa en el Canal Jarillal, aguas arriba del sifón de cruce debajo del Zanjón Frías.



Figura 12. Sistema de dos etapas en la progresiva 20.000 desde su nacimiento en el Dique Carrodilla, previo a un sifón de muy baja pendiente, cuya cámara de carga también posee una reja auxiliar, ya que la incidencia de los RSU es demasiado intensa y se hace necesario una tercera y cuarta etapas para poder disponer de tiempo antes que el sistema se atarquite totalmente. El sistema de rejas también puede ser motorizado experimentalmente mediante el mismo sistema que poseerá la sección de control de basura de la fotografía anterior. Esta imagen puede complementarse con la Figura 4.

- Motorización de los elementos móviles para facilitar la operación de limpieza de las rejas, con la regularidad requerida por las necesidades de cada canal. Las tareas de remoción de los RSU capturados por las rejas es una actividad que debe ser realizada por el personal propio afectado a cada canalización. Este personal, debe conocer las características de cada tramo y ser consciente de la importancia que una tarea tan simple como lo es la limpieza de las rejas tiene para el buen funcionamiento de todo el resto de la red de distribución de agua. Cada oasis cultivado está dividido políticamente en Zonas de Riego, de acuerdo con los canales principales. Cada zona de riego, a su vez, está dividida en Inspecciones de Cauce, que son las mínimas unidades de manejo que agrupan a los productores de cada sector. Entre cada grupo de productores incluidos en una inspección, se elige por voto, de acuerdo a la cantidad de hectáreas que posee cada uno, al Inspector de Cauce. Las autoridades de cada Inspección de Cauce y de cada Zona de Riego deben concientizar al personal de operación acerca de la importancia de estos trabajos y que, a fin de mejorar la efectividad y eficiencia, es conveniente la motorización de las rejas de las obras más importantes a fin de facilitar y acelerar las operaciones de limpieza. La motorización deberá tener el factor común de la utilización de un mismo motor para la operación de todas las rejas de una misma Inspección. El motor deberá ser portátil y transportable mediante los medios de movilidad

que usualmente son utilizados por el personal. La facilidad de acople y desacople deberá ser otra de las características que deben ser contempladas y capacitados los operadores para su optimización. Una de las obras que puede utilizarse como piloto de esta sistematización es la trampa de sólidos en el Canal Jarillal en la progresiva previa al sifón de cruce por debajo del Zanjón Frías.

- Estudio de las pendientes de los sifones y alcantarillas de manera de lograr la autolimpieza a través del aumento de la velocidad media de la corriente, de manera que no se facilite el atarquinamiento de las secciones transversales con los residuos. Para lograr estos objetivos es necesario contar con la topografía del sector y con las características y condiciones de contorno, para poder lograr la autolimpieza y el desagote de las conducciones hacia conducciones mayores de desagüe (como por ejemplo los Zanjonés Frías y de Los Ciruelos).
- Desvío automatizado de las crecidas que inciden sobre los distintos tramos del canal Jarillal, mediante la automatización y motorización de compuertas, para que puedan ser operadas a distancia. Como ejemplos pueden citarse al descargador sobre el Zanjón Maure (Figuras 12 y 13), al *by pass* hacia el Zanjón Frías (Figuras 14 y 15) y al descargador sobre el Zanjón de los Ciruelos (Figuras 8 y 9). La problemática más importante para estas obras radica en el vandalismo generalizado sobre la red hídrica y sus elementos mecánicos.



Figura 13. Sistema de limpieza, descargador y canaleta sobre el Zanjón Maure del Canal Jarillal. Aunque el sistema está protegido contra el vandalismo y posee motorización, le estaría faltando la automatización y manejo a distancia de la compuerta.



Figura 5. Compuerta de limpieza abierta, durante el inicio del riego del ciclo hidrológico 2013. La cantidad de Residuos, elementos de todo tipo y sedimentos es muy apreciable. Este lugar es un punto muy importante para poder aliviar y facilitar la autolimpieza durante una crecida aluvional.



Figura 15. Compuerta que, cuando se cierra, se acciona el by pass hacia el Zanjón Frías. No posee accionamiento motorizado, automatismo ni protección antivandálica. Los actos vandálicos en este sitio podrían ser mayor, debido a que se encuentra en un sector el que no es muy visible desde la vía pública.



Figura 16. Desembocadura del by pass del canal Jarillal sobre el Zanjón Frías. Este by pass sería muy útil durante las tormentas convectivas, para evitar que el ingreso de las descargas aluvionales provenientes del oeste de Godoy Cruz, a través del Canal Gorriti, se agregue al sistema de riego, aguas abajo de la compuerta de la figura anterior.

Medidas no Estructurales

- Aumentar la frecuencia de limpieza de aquellas obras de captura más expuestas. Las obras interpuestas deben ser estudiadas y monitoreadas de manera tal de poder encontrar las frecuencias más adecuadas a fin de optimizar los circuitos y recorridos del personal, fundamentalmente teniendo en cuenta la época del año y las zonas por las que atraviesan los canales de riego.
- Concentrar las obras de captura con las secciones de aforo y derivación, de tal manera que el mismo equipo de trabajo efectúe la limpieza, recuente los RSU y afore los canales. Los operadores podrán realizar el monitoreo de las obras de captación de RSU durante las operaciones de ajuste de caudales y de control de las dotaciones, de manera tal de obtener un registro más detallado del estado de las distintas obras de captación, además de los turnos de vigilancia propios de las mencionadas obras.
- Tomar especiales recaudos en la limpieza de las obras de captura durante las primeras horas de los turnados de los cauces, y la asignación de una mayor cantidad de personal calificado para la operación y mantenimiento de las obras de captura de RSU, previendo, si es necesario, la contratación de más personal.
- Fortalecimiento Institucional tendiente a la concientización sobre la necesidad del correcto mantenimiento de los canales de riego, y distribución de los caudales como una tarea inherente a la actividad de la administración del recurso superficial. es por ello que es necesaria la capacitación de los mismos empleados, operadores de la red de riego, no solamente en los aspectos tecnológicos sino también en la importancia que revisten los RSU en el funcionamiento de las canalizaciones, en la eficiencia global del sistema y en los recursos económicos que los regantes de cada inspección de riego, deben invertir para el mantenimiento de las conducciones.

- Lograr que los municipios tomen conciencia que la mayor parte de los RSU extraídos de las canalizaciones de la red hídrica urbana, se producen en su jurisdicción. Es por ello que los municipios deben involucrarse más en esta problemática que les compete en gran medida. De esta manera, podría pensarse que los RSU extraídos por cada inspección de cauces, fuera retirado por camiones municipales y transportados a los sitios de tratamiento y disposición final.
- Prever la inclusión de elementos sobre gestión y preservación del recurso en la currícula educativa. En cuanto a las asignaturas, extensión y formato de los contenidos, merece un estudio interdisciplinario con especialistas en Ciencias de la Educación.

CONCLUSIONES

- Se ha detectado como muy necesaria la interrelación entre los organismos operadores (en este caso el Departamento General de Irrigación y los Municipios) con organismos de investigación de manera tal que las contingencias que se detecten cuenten, no solamente con la resolución de sus especialistas propios, sino con el apoyo académico y científico que pueden aportar los Centros de Estudio (en el presente caso, la Maestría en Ingeniería Ambiental y el Instituto de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo).
- Debe existir un seguimiento y monitoreo constante del funcionamiento de las estructuras hidráulicas de retención a fin de evaluar su comportamiento a lo largo del tiempo a fin de obtener una serie de datos que permita el seguimiento de la conducta de la población asociada a estos canales de riego y dar apoyo o soporte técnico a los operadores de tales estructuras.

REFERENCIAS

- INDEC, Datos Preliminares del Censo 2010, http://www.censo2010.indec.gov.ar/preliminares/cuadro_mendoza.asp
- Departamento General de Irrigación, Boletín de Hidronivometeorológico de la Provincia de Mendoza, 14 de mayo de 2012, p 4.
- Magistocchi L, Salomón M, Infante P y Guisasola L, Impacto Ambiental y Contaminación Hídrica Zona Metropolitana del Gran Mendoza – Provincia de Mendoza – República Argentina, 3° Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Brasil, 2010, p. 67.