

# Influencia de los Residuos Sólidos en la Contaminación Hídrica de la red de riego del Gran Mendoza. Mitigación y Gestión

<sup>1</sup>Luis Magistocchi, <sup>1</sup>Patricia Infante, <sup>1</sup>Luis Guisasola, <sup>1</sup>Mario Salomón

<sup>(1)</sup>Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Cuyo. Centro Universitario - CC 405. CP5500 - 0054-261-4135000 (int. 2129), Mendoza. Argentina. [ingamb@uncu.edu.ar](mailto:ingamb@uncu.edu.ar)

## Resumen

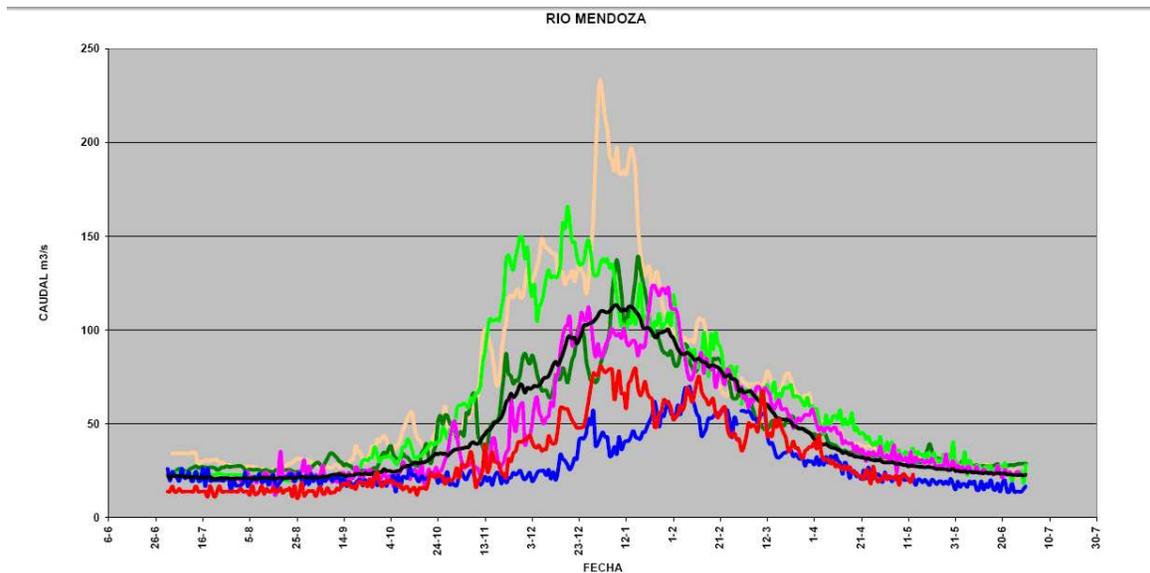
Los propósitos de este trabajo son resaltar la importancia de las obras de retención y captura de residuos sólidos urbanos (RSU) que son arrojados a la red hídrica del Gran Mendoza y la necesidad de contar con criterios técnicos para su diseño que mejoren la concentración, retiro y disposición de los 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, reconsiderar pendientes de las soleras, recalcular longitudes de vertederos laterales, rediseñar sifones y alcantarillas. También es conveniente implementar protocolos operativos para optimizar el sistema de manejo actual y lograr mayor fortalecimiento institucional.

**Palabras Clave:** *Acequias, red hídrica, residuos sólidos urbanos*

## 1. Introducción y objetivos

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 y riego del arbolado y otros usos públicos.

El agua de riego que abastece el AMM proviene del río Mendoza (50 m<sup>3</sup>/s de caudal modular anual) y es captada en el Dique Cipolletti [1]. La conducción principal que allí nace es el Canal Cacique Guaymallén. El río tiene régimen nivo-glacial con un derrame anual de 1.540 hm<sup>3</sup> y se encuentra regulado parcialmente por el Dique Potrerillos (distante 45 km de la ciudad). El embalse posee una capacidad de 450 hm<sup>3</sup> 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 (Figura 1)[2].



**Figura 1.** Gráfico que representa los caudales medios diarios (en  $m^3/s$ ) 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.

El Departamento General de Irrigación administra el agua en la Provincia de Mendoza (Autoridad de Aplicación, AA) y distribuye las dotaciones junto a las organizaciones de usuarios para riego y arbolado público, agua cruda para las plantas potabilizadoras, y uso industrial, la que se realiza a través de un sistema derivado de cauces [1]. El sistema de riego incorpora al AMM dentro de su área de influencia, por lo que los canales atraviesan los casco urbano y aguas abajo dotan a las propiedades que se encuentran al norte y este.

El AMM, que cuenta con 1.029.129 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 (*ciudad bosque*) y también a otros usos tales como limpieza de plazas y calles.

Debido a que la red de distribución consiste en canales a cielo abierto se encuentra sometida a los efectos de torrenciales originados por tormentas convectivas de alta intensidad (octubre – abril de cada ciclo hidrológico) y a la presión antrópica. Ello implica que las aguas pluviales tengan 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, cuando se superponen las dotaciones del turno de riego con el escurrimiento de los excesos hídricos provenientes de las tormentas convectivas. A esta situación se agrega la presencia de residuos sólidos urbanos (RSU) y todo tipo de elementos que la población, desaprensivamente, vierte a los cauces, sin distinguir la magnitud de los mismos además de la acumulación de residuos transportados por vientos cálidos y secos tipo fohën (conocido 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 la operación y mantenimiento de las canalizaciones sumado a las pérdidas en términos económicos a causa

de los desbordes en los cauces, hacen que la problemática de la basura y los residuos tengan un peso cada vez mayor y que, por lo tanto, las autoridades estén cada vez más preocupadas por la temática. Asimismo, los desbordes perjudican a las calles paralelas y a toda la infraestructura circundante.

Esta situación ha obligado a los operadores de la red hídrica a construir sobre la infraestructura existente una serie de instalaciones y elementos de intercepción para la captura de los residuos que, de otra forma, serían arrastrados a través del agua por la red de conducción, afectando la distribución y disminuyendo la capacidad de las secciones hidráulicas. 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 una solución integral sobre la red hídrica.

Algunos de los objetivos planteados para este trabajo son resaltar la importancia de las obras de retención y captura y la necesidad de contar con criterios técnicos para su diseño y que mejoren la gestión de los residuos en el Gran Mendoza. Las obras mencionadas contribuyen a la concentración, retiro y disposición de los RSU en lugar de estos se repartan a lo largo de toda la red hídrica.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Medidas estructurales – trampas para captura de RSU

Conceptualmente se trata de obras concebidas para retener el material que transporta el agua, tanto de manera flotante y en suspensión, como así también de arrastre de fondo, con una adecuada autonomía de manejo de manera tal de no comprometer el régimen de escurrimiento y no producir desbordes aguas arriba de la estructura. El diseño de las obras conocidas como *trampas de basura* consiste en la instalación de rejas inclinadas fijas o móviles, de dos o más etapas sobre la sección hidráulica, para captación de RSU. Sobre el cauce principal del canal se construye un ensanchamiento, duplicando la sección transversal y un tabique longitudinal de menor altura en el medio 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.

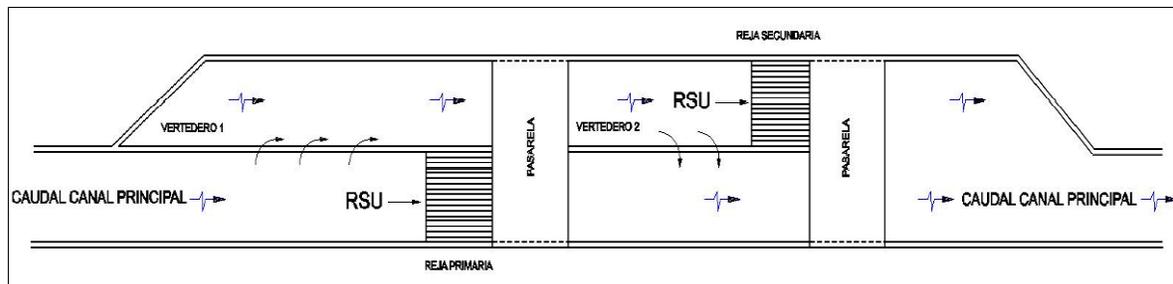


Figura 2. Croquis Típico de una Trampa de Basura construida sobre un canal de distribución

El principio de funcionamiento consiste en retener los RSU mediante la primera reja 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 (ver 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 deja pasar la reja inicial.

Es por ello que este tabique divisorio se construye con una menor altura. El agua comenzará su vertido a medida que la reja se va colmatando. Esta situación provoca que parte del material tienda a sobrepasar la obra de retención, por lo que, aguas abajo de la reja 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 reja va reteniendo los RSU, se va a ir obturando por lo que es necesario que el tabique intermedio también funcione como aliviadero. (ver vertedero 2 en 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.

En ciertos sectores, tras la reja secundaria se hace necesario colocar una tercera captura, a fin de aumentar la capacidad de retención de RSU y evitar la obstrucción aguas abajo. Estas estructuras pueden repetirse en serie a lo largo del canal tantas veces como se considere 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 a 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 diseño de estas estructuras, puede contarse el caudal de diseño de la canalización, la pendiente y el posicionamiento de la obra. Las características del lugar donde se encuentran las trampas 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 transportar, tanto en suspensión como arrastre de fondo. Puede citarse como ejemplo aquellos tramos que se encuentran alejados de zonas urbanizadas, los cuales están sometidos a la depositación del follaje de especies arbóreas como álamos, plátanos, pimientos (aguaribay), sauces y eucaliptus (Figura 3). En este tipo de obras la limpieza de las rejillas 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 m<sup>3</sup> 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. De acuerdo con su situación geográfica, existen convenios para que el municipio retire los RSU y los disponga 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, agravado por los efectos torrenciales durante la época estival de tormentas convectivas, en las que las crecidas agregan los sedimentos que aportan. (Figura 4).



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



*Figura 4. Trampas para captura de tres etapas en la zona urbana*

La mayor cantidad de RSU se acumula al inicio de cada turno de riego (variable según la época y disponibilidad hídrica) ya que durante el periodo en que el canal no está dotado (seco) las poblaciones cercanas arrojan con igual o mayor intensidad los desechos. Para los casos de canales que cuenten con obras de tres etapas, la cantidad de material acumulado alcanza a picos de más de 50 m<sup>3</sup> 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 los RSU lo que obliga a las organizaciones 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 energía de transporte y provocará la sedimentación aguas arriba del sistema de captura de manera de disminuir la posibilidad de sobrepaso de los RSU, de manera que la basura tenga la menor velocidad de llegada posible.

## **2.2. 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 todo elemento que sea transportado 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 debe 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

(esquema de la Figura 5). 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.

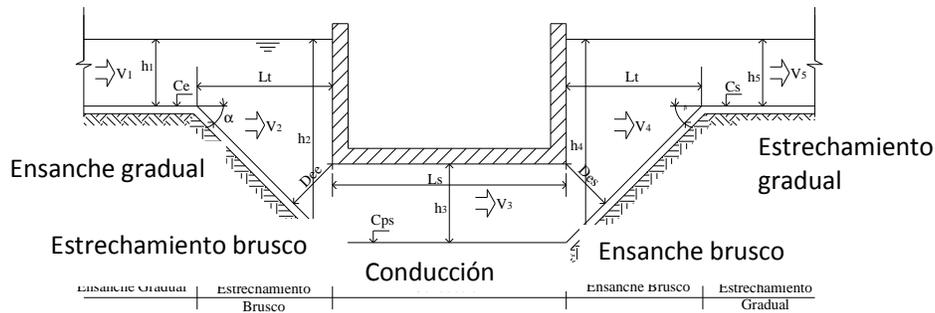


Figura 5. Corte típico de un sifón hidráulico

Para el caso intermedio, en que la obstrucción no sea total, el agua deberá levantar su nivel aguas arriba, 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.

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.

### **3. 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.

#### **3.1. Medidas Estructurales**

Instalación de rejas anguladas, como máximo, a 45° respecto de la horizontal.

Inclusión de las etapas que sean necesarias en las obras de captura de RSU.

Estudio de las pendientes de soleras y longitudes de vertederos laterales para comparar operación versus sedimentación en las obras de captura.

Motorización de los elementos móviles para facilitar la operación de limpieza de las rejas, con la regularidad requerida por las necesidades de cada canal.

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.

#### **3.2. Medidas no Estructurales**

Aumentar la frecuencia de limpieza de aquellas obras de captura más expuestas.

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.

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.

Fortalecimiento Institucional para la acción de concientización sobre la necesidad de la limpieza de los canales de riego, y distribución de dotaciones como una tarea inherente a la actividad de la administración del recurso superficial.

Fortalecimiento institucional de las Autoridades de Aplicación con jurisdicción sobre los márgenes de los canales que se encuentran ocupadas por poblaciones que usurpan esos espacios.

Lograr que los municipios se involucren más a la problemática de los RSU en la red hídrica a fin de compartir las cargas y compartir los esfuerzos y los recursos.

### **4. Conclusiones**

Frente a los antecedentes y a estos resultados detectados es que es necesaria una mayor participación conjunta de organismos oficiales de manera sistemática e institucionalmente establecida, sin depender de la buena voluntad de funcionarios o de cualquier coyuntura que haga fracasar el trabajo conjunto tendiente a que los residuos extraídos de cada cauce tengan el destino que les corresponde en tiempo y forma.

Asimismo, 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 nuestro 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 Bibliográficas**

[1] 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.

[2] Departamento General de Irrigación, Boletín de Hidronivometeorológico de la Provincia de Mendoza, 14 de mayo de 2012, p 4.