

**PRIMER CONGRESO IBEROAMERICANO DE PROTECCIÓN,
GESTIÓN, EFICIENCIA, RECICLADO Y REÚSO DEL AGUA**

**PRIMER SEMINARIO DE UNIVERSALIZACIÓN DEL ACCESO AL
AGUA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO**

**REÚSO DE AGUAS CLOACALES DOMICILIARIAS PARA RIEGO
SUBSUPERFICIAL CIUDAD DE CORDOBA**

**Reyna, Teresa; Reyna, Santiago; Lábaque, María; Riha, César; Frateschi, Adolfo; Flores Nieto,
Federico**

**Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. U.N.C.
Av. Vélez Sarsfield 1611. Te: 0351-4692737. teresamaria.reyna@gmail.com**

RESUMEN

El riego sub superficial en espacios verdes de urbanizaciones residenciales utilizando agua residual tratada como agua de riego subsuperficial, permite reducir la necesidad de extracción de agua de subsuelo para compensar la escasez del recurso generada por la estacionalidad o la distribución irregular de la oferta de otras fuentes de agua a lo largo del año; este sistema presenta, adicionalmente, beneficios asociados al mejoramiento de la fertilidad de los suelos por el aporte de materia orgánica, y macronutrientes.

La preservación del medio ambiente se favorece también, al evitar el vertimiento directo de las aguas residuales a cauces naturales o sistemas pluviales, permitiendo además la recarga de los acuíferos de aguas subterráneas (Moscoso, 1993). En este trabajo se describe el proyecto de diseño del sistema de riego subsuperficial implantado en un espacio verde de la urbanización residencial Ayres del Sur ubicado en el sector sur de la ciudad de Córdoba en la provincia de Córdoba (Argentina). Para asegurar la calidad necesaria del efluente para el reúso mediante riego subsuperficial, la urbanización dispone de una planta de tratamiento de lodos activados que permite enmarcar la calidad del efluente dentro de los requerimientos establecidos por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba.

Palabras claves: Reúso de aguas domiciliarias, calidad de agua para riego, ciudad de Córdoba.

ABSTRACT

Subsurface irrigation in green spaces of residential areas, using treated wastewater, reduces the underground flow extraction and compensates the water shortage caused by seasonal or irregular distribution from other water sources throughout the year. This system has additional benefits associated with the improvement of soil fertility by the input of organic matter and macronutrients.

The environment preservation is also favored by avoiding the direct discharge of wastewater to natural waterways or stormwater systems, and allowing the recharge of groundwater aquifers (Moscoso, 1993). This paper describes the subsuperficial irrigation system implemented in the residential area of South Ayres located to the south of the city of Córdoba (Argentina). To ensure effluents quality, the urbanization has an activated sludge treatment plant operating within the requirements set by Cordoba's Water Resources Secretary.

Key words: Household water reuse, Irrigation water quality, Córdoba city

INTRODUCCIÓN

Córdoba es una de las 23 provincias que componen la República Argentina y se encuentra situada en la Región Centro. Su capital es la ciudad homónima y es además la ciudad más poblada después de Buenos Aires. En consecuencia es un importante centro cultural, económico, educativo, financiero y de entretenimiento.

La ciudad de Córdoba tenía al año 2010 una población de 1.329.604 habitantes (Censo 2010) y una población conectada al sistema cloacal de 666.913 habitantes aproximadamente, lo cual implica una cobertura de servicio del 50,3 %. Por otro lado, la única planta de tratamiento (Bajo Grande) presenta actualmente un déficit de tratamiento al pico de 72.000 m³/d (Dirección de Redes Sanitarias y Gas –Municipalidad de Córdoba. Agosto 2000).

Estas razones limitan la posibilidad de otorgar factibilidad de red de cloaca a nuevos emprendimientos inmobiliarios, los que deben resolver este problema a través de plantas de tratamientos particulares de cada loteo y realizar el volcamiento de acuerdo a los parámetros de calidad establecidos para los distintos cuerpos receptores (superficial, pozo, riego) por el Decreto 415 de la DIPAS .

La zona Sur de la Ciudad ha experimentado un crecimiento demográfico (3,1%) mayor al nivel general de Córdoba (2,4 %) en el período 2001-2010.

Esta zona concentra hoy 44 emprendimientos residenciales, lo que ha significado el desarrollo de más de 3.800 lotes y 1.000 departamentos. La oferta de viviendas se multiplicó en los últimos 20 años, lo que se refleja tanto en una expansión del ejido urbano (por fuera del anillo de circunvalación en dirección al sur), como en la cantidad y variedad de las urbanizaciones desarrolladas en la zona.

La urbanización residencial especial Ayres del Sur es uno de estos emprendimientos; se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Córdoba. Compreendida dentro del Dpto. Capital. Sus coordenadas de ubicación son 31° 27' 51" de latitud sur y 64° 11' 02" longitud oeste emplazado a la vera de la Av. Circunvalación y Av. Valparaíso (Figura 1).

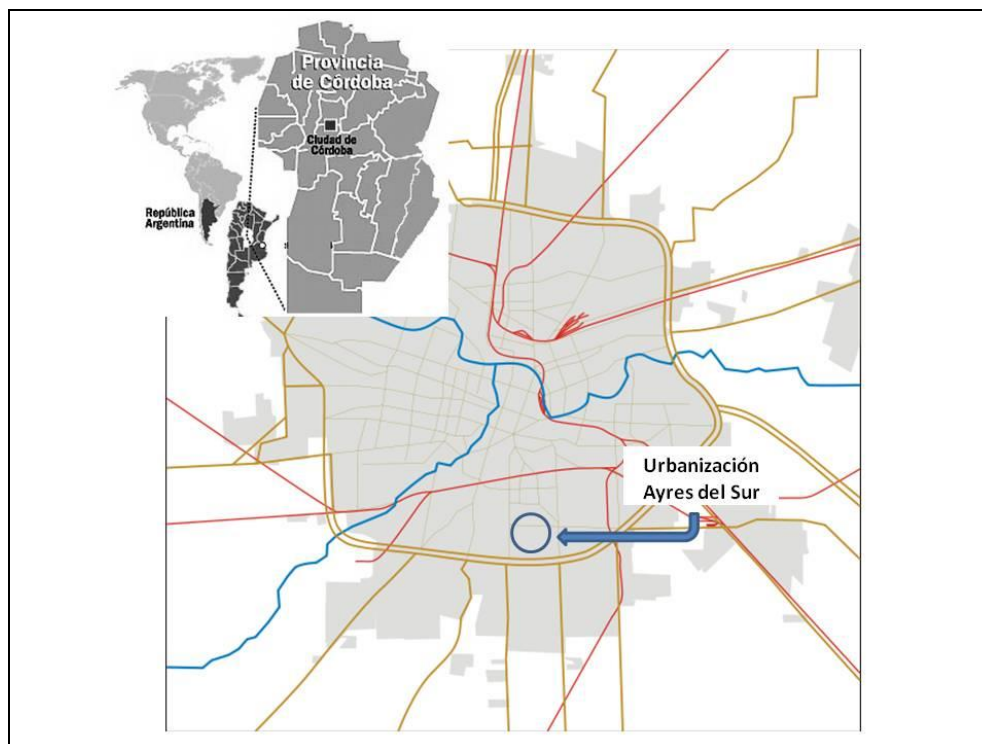


Figura 1. Ubicación de Córdoba y de la urbanización Ayres del Sur

Esta urbanización, dispone una población actual aproximada de 225 habitantes, habiendo comenzado su desarrollo aproximadamente en el año 2005, caracterizándose las construcciones

existentes por su tipología netamente residencial con un poder adquisitivo medio alto. El emprendimiento consta de un total de 80 lotes cuyas superficies oscilan en torno a los 1000 m² c/u, encontrándose urbanizada en un 80 % en la actualidad (Figura 2).



Figura 2. Ingreso a la urbanización Ayres del Sur

La urbanización dispone de una red colectora cloacal interna que sirve al 100% de los lotes, conduciendo los efluentes hasta una planta de lodos activados que se encuentra en el interior del predio.

De acuerdo a los aforos registrados por el caudalímetro electromagnético ubicado en el ingreso de la planta de tratamiento, actualmente la urbanización genera un caudal medio de 50 m³/d con una ligera fluctuación estacional a lo largo de los distintos meses.

En este trabajo se describe el proyecto de riego subsuperficial desarrollado y ejecutado en un espacio verde de la urbanización, tendiente a reutilizar parte de los efluentes generados por la planta de tratamiento, reduciendo de esta manera el aporte a la contaminación y recarga de la napa freática del sector sur de la ciudad de Córdoba.

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL

La urbanización Ayres del Sur se encuentra en una zona de clima templado. La temperatura del mes más caliente es superior a 22°C (veranos muy calurosos). Frío en invierno, con temperatura media menor a 18°C. Desde el punto de vista dinámico, el clima de Córdoba es típico de la zona templada, con caracteres específicos de una provincia mediterránea.

Es de una gran uniformidad térmica, con un período de lluvias que se extiende de octubre a marzo y otro seco, entre abril y septiembre. El verano se presenta cálido y con aumento en la humedad relativa, mientras que el invierno es seco y no muy riguroso, aunque un poco más acentuado en las Sierras y el extremo Sur de la Provincia. En otoño y primavera, en general, se presenta buen tiempo, con marcada amplitud térmica, lo que produce una sensación agradable durante el día, pero con frío en las noches y primeras horas de la mañana.

Los vientos preponderantes son del sector Norte, Nordeste y Sur, siendo agosto y los meses de primavera el período de mayor actividad eólica. Bastante similar, pero más frío es el clima de la región serrana, existiendo, en la misma, diferencias en función de la altitud, especialmente, entre las Sierras Grandes y las Sierras Chicas. El clima estimulante de la Provincia de Córdoba se debe a la frecuencia de los cambios de tiempo, que obedecen a la acción de las masas de aire y sus combinaciones con las líneas generales de las formas del relieve.

EL REÚSO DE AGUA PARA RIEGO

El agua es un recurso que se renueva en el ciclo hidrológico. El agua tratada mediante sistemas biológicos como resultan los lodos activados constituye un recurso limpio y seguro para

otros usos. Mediante este proceso, el agua puede recuperarse y usarse nuevamente para diferentes aplicaciones. La calidad del agua usada y el tipo específico de reúso determinan los niveles de tratamiento que se requieren y los costos implicados.

En los últimos años, debido a la creciente escasez de agua dulce, la necesidad de proteger el medio ambiente y aprovechar económicamente las aguas residuales se ha promovido internacionalmente el reúso controlado de efluentes (Veliz Lorenzo y otros, 2009).

El reúso de aguas residuales para riego permite:

- Reducir considerablemente la carga contaminante que se dispone en los cuerpos receptores superficiales, subterráneos y zonas costeras mediante vías simples, efectivas y de menor costo.
- Incrementar el potencial aprovechable de los recursos hídricos, así como su mejor manejo al liberar grandes cantidades de agua dulce de mejor calidad para otros usos.
- Mejorar importantes áreas agrícolas aportándole materias orgánicas y nutrientes.

El sistema más grande de reúso de agua para riego en Argentina se localiza en la región árida de Mendoza donde alrededor de 2000 ha son irrigadas con el efluente tratado. El agua se reutiliza para riego de olivos, alfalfa, frutales, ajo, tomate y otros cultivos (EPA, 2004).

CARACTERIZACIÓN DEL FLUIDO DE DESCARGA

El tratamiento llevado a cabo por la planta de lodos activados da como resultado un efluente de buena calidad que permite asegurar que cumpla con los siguientes criterios sanitarios:

- Ausencia de partículas sólidas gruesas, eliminación apreciable de huevos de parásitos.
- Eliminación apreciable de bacterias
- Ninguna sustancia química que provoque la aparición de residuos nocivos en plantas o peces.
- Ninguna sustancia química que cause irritación de las mucosas o de la piel.

La configuración particular de la planta de lodos activados que se emplaza en la urbanización, la cual dispone de tratamiento secundario, permite disponer de un efluente con un contenido de nutrientes (nitrógeno, fósforo, etc.) que la tornan favorable para el desarrollo de las distintas especies vegetales con las que se ha parquizado el espacio verde analizado, sin la necesidad de la adición de ningún tipo de fertilizante artificial.

Un efluente con estas características conjuntamente con el sistema de riego subsuperficial, prolongará la vida útil de las perforaciones existentes en el predio al disminuir el caudal de volcamiento y la presencia de elementos que puedan actuar impermeabilizando la zona de infiltración.

El agua que actualmente se utiliza para el riego subsuperficial presenta un valor de DBO5 40mg/l con concentración de sólidos sedimentables en 10 min/2 hr de 0,05/0,30 ml/l.

CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO

De acuerdo a lo determinado en los estudios de caracterización geológica desarrollados en el predio de la urbanización por el geólogo Carlos Marchetti de la empresa GEO.C.E.M., se puede indicar que la litología dominante en la zona son depósitos limo arenosos intercalados con capas cementadas de arenas correspondientes a la Formación General Paz y en forma subyacente se encuentra la Formación Río Primero compuesto por arenas, gravas y pelitas.

En la siguiente tabla se encuentra resumido el perfil geológico obtenido de la perforación efectuada en la urbanización.

Tabla N°1. Caracterización geológica del subsuelo

Profundidad (m)		Litología
0,00	9,00	Limo arenoso color castaño
9,00	13,00	Limo areno-arcilloso, ligeramente cementado
13,00	16,00	Limo arenoso color castaño
16,00	18,00	Arena muy fina limosa
18,00	22,00	Limo cementado poroso estructura granular
22,00		Nivel Freático

Respecto a la caracterización hídrica del subsuelo de la zona de estudio, la misma presenta un escurrimiento con sentido NO – SE coincidente con la pendiente topográfica y la dirección de escurrimiento superficial. El terreno se presenta plano sin grandes ondulaciones, mientras que la posición del cuerpo de agua freático en el mismo se ubica a una profundidad de 22,00 m.

Para la determinación de la permeabilidad del subsuelo se utilizó el ensayo de J. Jimenez Salas, arrojando dicho ensayo para una profundidad de 20 m, una permeabilidad de $1,60 \times 10^{-4}$ cm/seg el cual dentro de la clasificación de Casagrande (Mecánica de Suelos de Terzaghi y Peck), corresponde a un drenaje bueno (próximo al límite inferior)

PROYECTO DE AGUA DE REÚSO EN URBANIZACIÓN AYRES DEL SUR

La totalidad de los efluentes domiciliarios una vez colectados por la red de la urbanización, son luego conducidos por un conducto principal hasta la planta de tratamientos de lodos activados que se encuentra en el sector sur del predio (Figura 3).

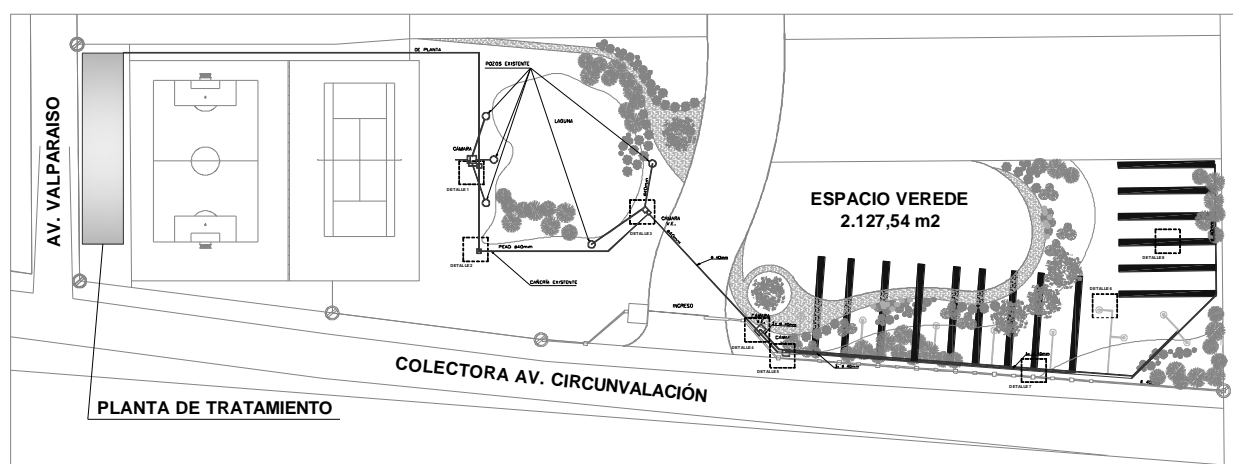


Figura 3. Ubicación de la planta y el sitio de volcamiento actual.

Esta planta es del tipo de lodos activados compuesta por módulos en paralelo, conteniendo cada módulo un reactor biológico con un volumen que garantiza una permanencia del líquido aproximada de 21 horas y un sedimentador secundario. Posteriormente se disponen de una cámara de contacto y cloración y cámara de bombeo únicas para ambos módulos (Figura 3).

Para el tratamiento de desinfección se utiliza como producto desinfectante una solución de hipoclorito con una concentración de 110 gr de cloro libre por litro de solución. Disponiendo la planta de un equipamiento de dosificación que permite una regulación precisa del hipoclorito lo que garantiza una correcta desinfección de los efluentes tratados.

Por último, se dispone de una cámara para tomar muestras del líquido tratado que luego será utilizado para el riego subsuperficial.

Los lineamientos con los que se encuentra diseñado el tratamiento biológico de lodos activados, resultan los establecidos por las normas del Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA, 1993).

Con este tratamiento propuesto, se reduce la concentración de coliformes fecales y la carga orgánica presentes en el efluente a valores inferiores a los límites máximos admisibles establecidos

por el ENOHSa, para poder realizar la reutilización del mismo para riego subsuperficial en espacios verdes.

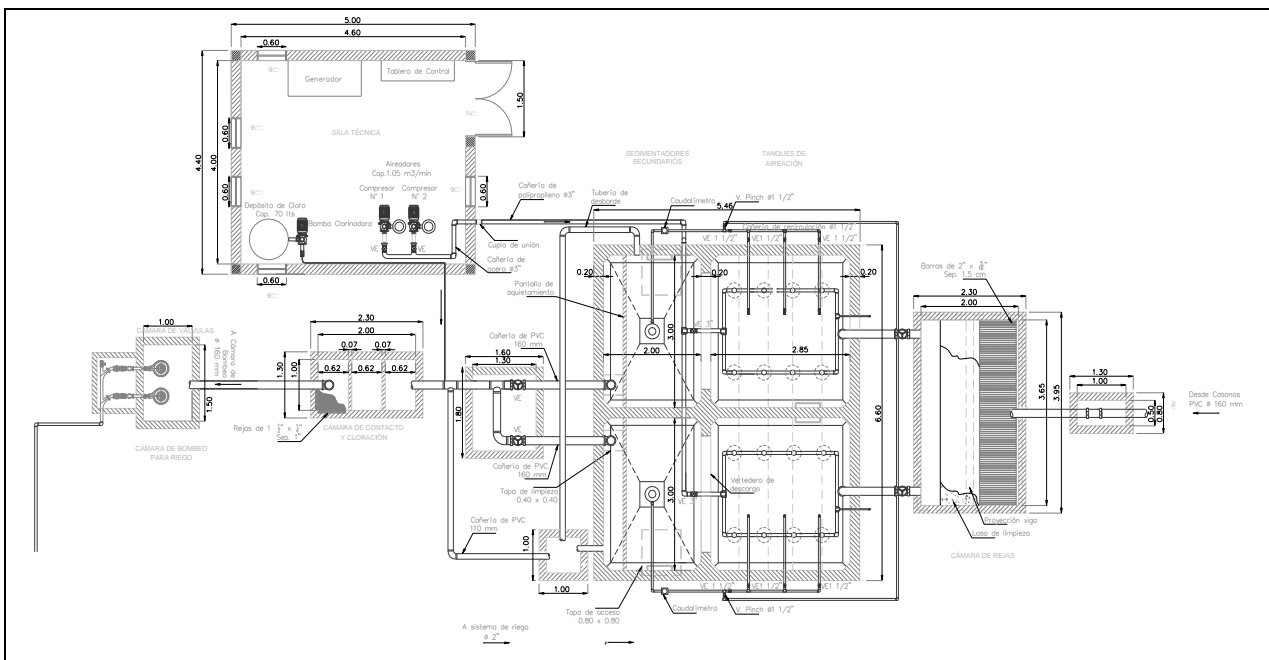


Figura 4. Planimetría de la planta de tratamiento

El sistema de disposición final se encuentra compuesto por una batería de 9 pozos absorbentes excavados con un diámetro de 1 m y una profundidad de aproximadamente 13 m, inmerso en la zona no saturada, conjuntamente con el cuerpo receptor anterior y con el objeto de reducir la contaminación en el subsuelo y prolongar la vida útil de los pozos, se construyó un sistema de riego en el mismo espacio verde que se encuentran las perforaciones.

El líquido tratado es impulsado por una cañería de 2" hasta el ingreso a dicho espacio verde. En este sector el sistema dispone de un cuadro de llaves esclusas que permite direccionar el fluido hacia los pozos absorbentes o hacia el sistema de riego.

A su vez la conducción de riego se divide en dos tramos secundarios cada uno de los cuales abastece las líneas de riego subsuperficial que distribuyen el agua en forma homogénea al predio, cuya superficie resulta de 2127,54 m².

La distribución del riego subsuperficial se materializa a través de líneas individuales de polipropileno de 38mm de diámetro y 15 m de longitud, totalizando 225 m, las cuales presentan un ranurado en la semi circunferencia superior y a una distancia de 3 cm entre sí.

Con el fin de garantizar la mejor homogeneización en la distribución de los efluentes, la totalidad de la conducción se encuentra dispuesta en el centro de una zanja de 40 x 60cm rellena con grava de granulometría 10 – 50mm, en las siguientes imágenes se puede advertir la distribución espacial de las zanjas y la configuración de la red de riego (Figura 5).



Figura 5. Materialización del sistema de riego

Esta línea conduce en la actualidad aproximadamente unos 30.000 litros diarios destinados al riego de las distintas especies que se encuentran sembradas en el predio.

El caudal medio diario actual de la planta de tratamiento se encuentra en el orden de los 50 m³/día siendo dicho caudal prácticamente constante de acuerdo a lo que surge de los valores aforados por el caudalímetro electromagnético que se encuentra en el ingreso de la planta de tratamiento.

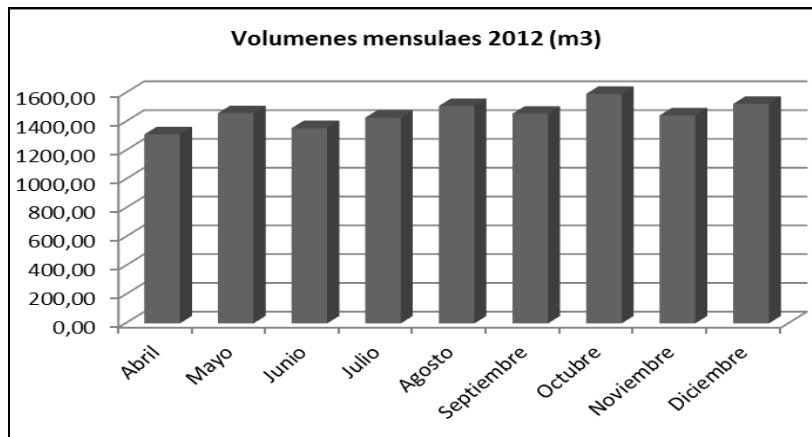


Figura 6. Registros de volumen mensuales tratados en el año 2012

En el interior del predio se han sembrado una serie de plantas como cañaverales, cortaderas, achiras, etc. Las cuales presentan un crecimiento sostenido, siendo la de mayor reproducción los cañaverales, estando previsto para el año en curso la colocación de especies de sauces para acompañar al incremento del caudal a tratar producto de la construcción de nuevas viviendas.

Con el riego subsuperficial se ha logrado una puesta en valor de este espacio verde, el cual fue por mucho tiempo el depósito de maquinarias de mantenimiento o restos de podas, no permitiendo su integración con el entorno siendo esto revertido en la actualidad donde el espacio se encuentra perfectamente integrado, habiéndose generado en este sector en un ecosistema favorable para el hábitat de especies de aves como teros, pájaros carpinteros o de animales como liebres que han encontrado en este sitio un lugar ideal para su vida y reproducción.



Figura 7. Estado actual del espacio verde con riego subsuperficial

COMENTARIOS

En primera instancia se debe mencionar que el sistema de tratamiento secundario con lodos activados de los efluentes domésticos de la urbanización, permite encuadrar la calidad del agua a la salida de la planta de tratamiento dentro de los parámetros establecidos por el decreto 415/99 para el riego subsuperficial con el menor gasto posible.

La calidad del agua con la presencia de nutrientes naturales (nitrógeno, fósforo, etc.) la torna especialmente apta para el riego de especies vegetales que no presentan la finalidad de consumo humano, eliminando por otra parte la necesidad de la utilización de fertilizantes artificiales.

Por otra parte se puede destacar que el sistema combinado de pozos excavados y sistema de riego subsuperficial resultó en este caso una solución óptima que permite reducir al máximo posible la contaminación al subsuelo y la recarga de las napas por un volcamiento excesivo de efluentes, como ocurre tradicionalmente en los sistemas de cámara séptica y pozo absorbente.

La disposición adoptada de la red de riego subsuperficial con ramales principales y derivaciones en forma de espina de pescado permite garantizar una distribución homogénea del riego en el predio lo que facilita el crecimiento de las distintas especies sembradas.

La disposición del sistema de riego en este espacio verde ha permitido que se desarrolle un ecosistema puntual donde cohabitan distintas especies de la fauna local y un paisaje que repercute en la puesta en valor del sector, lo que ha motivado un interés por parte de los habitantes de la urbanización que ven como muy positivo el desarrollo de este sistema que aprovecha un desecho como son los efluentes de la planta de tratamiento.

Con este sistema se ha logrado reutilizar el agua de los efluentes tratados mediante lodos activados con un grado de seguridad tal que no pone en riesgo la salud de los habitantes de la urbanización, por no existir posibilidad del contacto directo del efluente con las personas.

El sistema de riego subsuperficial construido, requiere un muy bajo nivel de mantenimiento repercutiendo esto directamente en los costos de operación, presentando a su vez el beneficio que implica el ahorro de energía de bombeo que se debería emplear para extraer del subsuelo agua para riego.

El éxito obtenido en estos años en los referente al sistema de riego subsuperficial en esta urbanización, ha permitido que se decida incrementar las especies sembradas y extender la red a otros sectores del espacio verde con el objetivo de ir reduciendo a un valor mínimo la utilización de los pozos absorbentes, contribuyendo de esta manera al cuidado del medio ambiente.

Bibliografía consultada

- EPA. US Environmental Protection Agency. (2004).** Guidelines for water reuse. Technology Transfer and Support Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, OH. 245p. U.S.A.
- Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, ENOHSA (1993)** Normas de estudio y criterios de diseño y presentación de proyectos de desagües cloacales para localidades de hasta 30.000 habitantes. Buenos Aires. Argentina.
- Moscoso, J. (1993).** Módulo piloto de tratamiento y reúso de aguas residuales en agricultura, acuicultura y forestales en Las Viñas de La Molina; perfil de proyecto. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Veliz Lorenzo E.; Llanes Ocaña, J. G.; Asela Fernandez, L.; Bataller Venta, M. (2009)** Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 40, No. 1, pag 35-44.