



## **APROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS PARA COMPLEMENTAR LA REHABILITACIÓN DEL RÍO HARDY**

**Olga Xóchitl Cisneros Estrada<sup>1\*</sup>; José Rodolfo Namuche Vargas<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México.

xochitl@tlaloc.imta.mx - 01 (777) 3293600 ext. 101 (\*Autor de correspondencia)

### **Resumen**

El Río Hardy pertenece a la Región Hidrológica 7, "Río Colorado". Se ubica en la parte Oeste del Delta del Río Colorado, tiene una longitud de 26 km. Hasta antes de la construcción de las grandes presas del Colorado en Estados Unidos, éste era alimentado por las avenidas del Río Colorado. Sin embargo, a partir de 1950 ha enfrentado serios procesos de degradación por la escasez de agua. El objetivo del trabajo es presentar un análisis y resultados sobre el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas como complemento para rehabilitar el Río Hardy. De los resultados destacan: La reutilización de las aguas residuales tratadas de la planta "Las Arenitas", que forma parte del Sistema de Saneamiento Mexicali II, que consta de 4 lagunas y un humedal artificial. El costo de éstos fue de 360 millones de pesos. En ella se tratan 27.4 millones de m<sup>3</sup>/año. El 58% va al río Hardy para su rehabilitación, el 40% a zona agrícola y el restante 2% va al riego de áreas forestadas. En 2011 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua participó de una evaluación de la calidad del agua de la planta las Arenitas y del Río Hardy, encontrando que el efluente logró cumplir con los límites permisibles de contaminantes que marca la NOM-001-SEMARNAT-1996, y así mismo la calidad del agua del Río Hardy logró cumplir con la Normatividad vigente.

**Palabras claves:** aguas tratadas, reúso, calidad del agua, evaluación.



## Introducción

El tratamiento del agua residual de tipo municipal mejora su calidad y potencia su reuso para usos ambientales, por lo que en el siglo XXI en muchas partes del mundo se ha despertado una conciencia social, en torno a la necesidad de reutilizar las aguas residuales tratadas como base para mejorar el medio ambiente. El tratamiento de aguas residuales se debe adaptar a los requisitos de la calidad del agua de una reutilización planificada (EPA, 2012). De la región de América Latina y el Caribe; el país que más ha avanzado en el tratamiento universal del agua residual de tipo municipal es Chile (WWAP, 2017). En Israel hasta 1991, los entes dedicados a la rehabilitación de ríos estaban convencidos de que los requisitos previos para dicho proceso consistían en eliminar todas las aguas servidas y aportar únicamente agua fresca. No obstante, sucesivos años de sequía demostraron que la escasez de agua amenazaba con secar los ríos de Israel si no se adoptaban otros medios para reemplazar o complementar el abastecimiento de agua dulce. Por lo que el Ministerio de Calidad Ambiental, que antes prohibía cualquier tipo de vertido de líquidos residuales a los ríos independientemente de su calidad, actualmente tiene una política que permite la evacuación en los lechos de los ríos de efluentes de alta calidad cuando no se dispone de agua dulce (Gabbay, 2001).

Al 2015 en México se trataron 120.9 m<sup>3</sup>/s de los 212.0 m<sup>3</sup>/s recolectados en los sistemas de alcantarillado (CONAGUA, 2016), lo que indica que aún hace falta tratar el 43% de lo generado, a fin de disminuir el riesgo por contaminación de los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Actualmente, la mayoría de los ríos de México presentan un paulatino proceso de degradación que altera y compromete los ecosistemas fluviales, sus servicios ecosistémicos y sus características geomorfológicas, así como la calidad y abastecimiento de agua (Hernández, 2017); por lo cual es muy importante buscar alternativas que garanticen un flujo de agua en cantidad y calidad de acuerdo a normatividad vigente.

## Antecedentes

El Río Hardy fue descubierto en 1826 por el Teniente de la marina inglesa Sir William Hardy Hale, a quien debe su nombre; pertenece a la Región Hidrológica 7, "Río Colorado"; y se ubica en la parte Oeste del Delta del Río Colorado. El Río Hardy inicia su curso en las coordenadas 32° 19' 41.7 " y 115° 17' 30.8, tiene una longitud de 26 km y es en su mayor parte navegable. Hasta antes de la construcción de las grandes presas del Colorado en Estados Unidos, éste era alimentado por las avenidas del Río Colorado; sin embargo, a partir de 1950 ha enfrentado procesos de degradación.

El dominio sobre las aguas del río Colorado ha ocasionado contaminación y en otros casos desecación de los humedales que se encontraban río abajo hacia la desembocadura de dicho río en el Golfo de California, por lo que tributarios como el Río Hardy perdieron algunas de sus funciones ecológicas originales (Pit *et al*, 2000 y Reisner 1986).



El Río Hardy a partir de los años ochenta comenzó a recibir aguas de retorno agrícola, lo que le permitió que parte de su humedal “sobreviviera”. La degradación de los ecosistemas del delta del río Colorado y la consecuente pérdida de recursos naturales de importancia económica condujeron a que el 10 de junio de 1993 se decretara la reserva de la biósfera “Alto golfo de California y delta del río Colorado”. Se han formado organizaciones como la Asociación Ecológica de Usuarios del río Hardy-Colorado A.C. que desde el 2003 trabaja en conjunto con otras organizaciones como Pronatura Noroeste y el Sonoran Institute.

## **Objetivos**

Presentar un análisis y resultados sobre el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas como complemento para rehabilitar el Río Hardy.

## **Materiales y Métodos**

En 2011 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua participó de una evaluación de la calidad del agua de la planta las Arenitas y de la calidad del agua del Río Hardy, para lo cual se realizaron visitas técnicas de inspección y recorridos a lo largo del cauce, respectivamente; además de la recopilación y análisis de los datos sobre calidad del agua proporcionados por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali y de la Subdirección de Agua y Saneamiento (CESPM, 2011), el período de evaluación comprendió de marzo de 2009 a febrero de 2011, En los parámetros analizados se tomaron como referencia los Límites Máximos Permisibles (LMP) que marca la NOM-001-SEMARNAT-1996.

## **Resultados y Discusión**

La Asociación Ecológica de Usuarios del río Hardy-Colorado A.C., en su Plan estratégico 2004-2006, estableció en su meta 2, mantener un nivel óptimo de agua en el río Hardy, y restaurar zonas prioritarias desde el punto de vista ecológico, económico y cultural. Por lo que su objetivo 2.4 se enfoca en asegurar que el agua de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales de Mexicali (Mexicali II) llegara al Río Hardy, con una buena calidad y promover la creación de nuevos humedales (AEURHIC. A.C, 2004). Para el logro del objetivo 2.4 del Plan estratégico de la AEURHIC. A.C, ésta en coordinación con la Secretaria de Protección al Ambiente del Estado de Baja California, la Comisión Nacional del Agua y la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali, en 2008 impulsaron y apoyaron la Construcción de un Humedal artificial en la Planta de Tratamiento de las Arenitas, con una superficie de 4.7 ha. que serviría para mejorar la calidad del agua de las lagunas de tratamiento y hacerlas aptas para incorporarlas al Río Hardy. La planta “Las Arenitas”, forma parte del Sistema de Saneamiento Mexicali II que inició su construcción en enero de 1999 y concluyó en enero de 2007 (CONAGUA, 2007). La planta consta de 4 lagunas: una de aireación, una de sedimentación, y dos de maduración y un humedal artificial (Figuras 1-2). El costo de estos fue de 360 millones de pesos. Se tratan 27.4 millones de m<sup>3</sup>/año. El 58% va al río Hardy, el 40% a zona agrícola y el restante 2% va al riego de áreas forestadas.



**Figuras 1 y 2.** Laguna de la Planta las Arenitas y Humedal

La asignación de 800 L/seg. de la planta de tratamiento las Arenitas con fines de restauración del Río Hardy se logró a través de un convenio entre el Gobierno del Estado de Baja California, la CONAGUA, la Asociación Ecológica de Usuarios del Río Hardy y PRONATURA Noroeste (PRONATURA, 2009). Con la creación del humedal en la Planta las Arenitas se han vuelto a observar aves migratorias tales como garza blanca (*Ardea alba*), pato Sibón (*Anas americana*) y pato de collar (*Anas platyrhynchos*), entre otros; lo que indica un mejoramiento del medio ambiente en la zona (Figura 3).



**Figura 3.** Humedal con presencia de aves migratorias

Una vez que las aguas de las Arenitas han pasado al humedal contiguo, éstas salen y en forma entubada se conduce una parte hacia la zona agrícola ubicada a la altura de la colonia Rentería y otra con destino final hacia el Río Hardy (Figuras 4-5).



**Figuras 4 y 5.** Agua tratada reusada en riego agrícola y en rehabilitación del Río Hardy

En 2011 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua participó de una evaluación de la calidad del agua de la planta las Arenitas y del Río Hardy. Para la evaluación se recopilaron y analizaron datos proporcionados por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali y de la Subdirección de Agua y Saneamiento (CESPM, 2011), el período de evaluación del efluente de la planta comprendió de marzo de 2009 a febrero de 2011 y del Río sólo se encontraron datos de muestreos realizados en 2010.

Los resultados obtenidos mostraron que el efluente logró cumplir con los límites permisibles de contaminantes que marca la NOM-001-SEMARNAT-1996, lo que indica que el agua que aporta esta planta hacia el Río Hardy es buena desde el punto de vista sanitario (Tabla 1); y que la calidad del agua del Río Hardy logró cumplir con la Normatividad vigente (Tabla 2).

**Tabla 1.** Calidad del efluente de la Planta las Arenitas

Fecha de muestreo	Temp °C	pH	Grasas y aceites (mg/L)	Coliformes fecales (NMP/100ml)
31/3/2009	22	8.23	2.45	1.43E+02
8-9/05/2009	27.10	8.63	1.94	6.35E+02
1-2/06/2009	33.00	8.54	2.49	2.14E+02
30/06/2009	36.00	8.51	3.47	7.17E+02
28-29/07/2009	35.00	8.39	2.47	7.46E+02
31/08/2009	37.00	8.33	2.05	2.53E+02
17-18/10/2009	23.00	8.40	<3.1	5.48E+02
15-16/01/2010	13.60	7.98	5.67	3.48E+02
12-13/02/2010	14.50	8.50	4.56	6.54E+02
4-5/06/2010	27.00	8.43	<3.1	4.32E+02
6-7/08/2010	31.50	8.59	8.10	7.83E+02
8-9/10/2010	22.20	8.26	3.00	3.72E+02
11-12/01/2011	11.30	8.12	<9	3.23E+02
8-9/02/2011	13.70	8.06	<9	3.42E+02
Promedio	24.78	8.32	3.62	4.65E+02
LMP	40	5-10	30	2.00E+03



Fecha de muestreo	DBO5 (mg/L)	DQO(mgO2/L)	P-Total (mg/L)	H.H. (Huevos/L)
31/3/2009	63.50	NA	8.70	ND
8-9/05/2009	35.11	NA	6.21	ND
1-2/06/2009	44.09	199.64	3.18	ND
30/06/2009	53.54	144.90	2.90	ND
28-29/07/2009	20.30	186.60	3.07	ND
31/08/2009	22.80	166.66	3.57	ND
17-18/10/2009	30.45	153.33	4.67	<1
15-16/01/2010	42.60	160.00	15.00	<1
12-13/02/2010	37.50	180.00	9.00	<1
4-5/06/2010	15.20	158.00	3.50	<1
6-7/08/2010	25.70	213.00	1.00	<1
8-9/10/2010	44.70	217.00	5.80	<1
11-12/01/2011	67.00	190.00	7.30	<1
8-9/02/2011	46.70	193.30	7.70	<1
Promedio	39.23	180.20	5.83	<1
LMP	150	NA	30	1

Fecha de muestreo	Materia flotante	N-Total mg/L	S.Sed (mg/L)	SST (mg/L)
31/3/2009	Ausente	44.05	<0.1	58
8-9/05/2009	Ausente	33.60	<0.1	60
1-2/06/2009	Ausente	24.03	<0.1	94
30/06/2009	Ausente	16.33	<0.1	66
28-29/07/2009	Ausente	17.60	<0.1	60
31/08/2009	Ausente	23.80	<0.1	62
17-18/10/2009	Ausente	29.40	<0.1	64
15-16/01/2010	Ausente	49.00	<0.1	64
12-13/02/2010	Ausente	42.00	<0.1	36
4-5/06/2010	Ausente	24.00	0.2	46
6-7/08/2010	Ausente	20.00	<0.1	74
8-9/10/2010	Ausente	29.70	<0.1	54
11-12/01/2011	Ausente	44.80	<0.1	30
8-9/02/2011	Ausente	48.50	<0.1	20
Promedio	Ausente	31.92	<0.1	56.29
LMP	Ausente	60	2	125

Fecha de muestreo	Arsénico total (mg/L)	Cadmio total (mg/L)	Cianuro total (mg/L)	Cobre total (mg/L)
31/3/2009	ND	0.02	ND	ND
8-9/05/2009	ND	ND	0.015	ND
1-2/06/2009	ND	ND	0.033	ND
30/06/2009	ND	ND	0.004	ND
28-29/07/2009	ND	ND	0.003	ND
31/08/2009	0.001	<0.02	<0.004	<0.04
17-18/10/2009	0.001	0.042	<0.003	<0.04
15-16/01/2010	<0.001	<0.02	ND	0.1
12-13/02/2010	<0.001	<0.020	0.005	<0.040



4-5/06/2010	NA	<0.020	0.013	<0.04
6-7/08/2010	0.001	<0.020	0.004	<0.040
8-9/10/2010	<0.0012	<0.011	0.004	<0.024
11-12/01/2011	0.002	<0.011	<0.003	<0.024
8-9/02/2011	<0.0012	<0.011	0.004	<0.024
Promedio	0.001	<0.020	0.01	<0.041
LMP	0.2	0.2	2	6

Fecha de muestreo	Cromo total (mg/L)	Mercurio total (mg/L)	Niquel total (mg/L)	Plomo total (mg/L)
31/3/2009	ND	ND	ND	ND
8-9/05/2009	ND	ND	ND	0.212
1-2/06/2009	ND	ND	ND	0.2
30/06/2009	ND	ND	ND	ND
28-29/07/2009	ND	ND	ND	ND
31/08/2009	ND	<0.002	<0.14	<0.08
17-18/10/2009	ND	<0.002	<0.14	<0.08
15-16/01/2010	<0.11	<0.002	<0.14	<0.080
12-13/02/2010	<0.11	<0.002	<0.140	<0.080
4-5/06/2010	<0.11	<0.002	<0.14	<0.080
6-7/08/2010	<0.110	<0.002	<0.140	<0.080
8-9/10/2010	<0.101	<0.0009	<0.047	<0.119
11-12/01/2011	<0.101	<0.0009	<0.047	<0.119
8-9/02/2011	<0.101	<0.0009	<0.047	<0.119
Promedio	<0.11	<0.001	<0.109	<0.113
LMP	1	0.01	4	0.4

ND=No detectado

**Tabla 2.** Calidad del Agua del Río Hardy

Sitio	Fecha	C.E. (µmhos/cm)	Temp °C	pH	Grasas y aceites (mg/L)	Coliformes fecales (NMP/100ml)
Puente del Río (entronque Dren y Ejido Durango-Nuevo Michoacán)	06/05/2010	6250	25.8	7.21	<3.1	9.49E+02
Campo Mosqueda (Muelle)	06/05/2010	11200	29	7.79	<3.1	9.00E+02
Campo Cucapah Mayor (Muelle)	06/05/2010	11100	30.4	8.21	3.84	4.34E+02
Campo Felix (Muelle)	06/05/2010	10900	29.1	8.17	<3.1	4.00E+02
Campo Mosqueda	25/05/2010	11040	29.8	8.32	NA	9.00E+02



(Muelle)						
Promedio		10098	28.82	7.94	<3.2	7.17E+02

Sitio	Fecha	DBO5 (mg/L)	DQO (mg O2/l)	P-Total (mg/L)	H.H (huevos /L)	Materia Flotante	N-Total (mg/L)	SST (mg/L)
Puente del Río (entronque Dren y Ejido Durango-Nuevo Michoacán)	06/05/2010	6.09	136.58	<0.008	<1	Ausente	1.17	102
Campo Mosqueda (Muelle)	06/05/2010	14.21	175.6	<0.008	<1	Ausente	3.27	70
Campo Cucapah Mayor (Muelle)	06/05/2010	23.14	165.85	<0.008	<1	Ausente	4.43	140
Campo Felix (Muelle)	06/05/2010	18.27	180.48	<0.008	<1	Ausente	3.27	102
Promedio		15.43	164.63	<0.008	<1	Ausente	3.035	103.5

Sitio	Fecha	Arsénico total (mg/L)	Cadmio total (mg/L)	Cianuro total (mg/L)	Cobre total (mg/L)
Puente del Río (entronque Dren y Ejido Durango-Nuevo Michoacán)	06/05/2010	0.007	<0.020	<0.003	<0.040
Campo Mosqueda (Muelle)	06/05/2010	0.009	0.02	<0.003	<0.04
Campo Cucapah Mayor (Muelle)	06/05/2010	<0.001	0.022	<0.003	<0.004
Campo Felix (Muelle)	06/05/2010	<0.001	0.029	<0.003	<0.040
Promedio		0.008	0.0236	<0.003	<0.040

Sitio	Fecha	Cromo total (mg/L)	Mercurio total (mg/L)	Niquel total (mg/L)	Plomo total (mg/L)
Puente del Río (entronque Dren y Ejido)	06/05/2010	<0.11	<0.002	<0.140	<0.08



Durango- Nuevo Michoacán					
Campo Mosqueda (Muelle)	06/05/2010	<0.11	<0.002	<0.140	<0.08
Campo Cucapah Mayor (Muelle)	06/05/2010	<0.11	<0.002	<0.140	<0.08
Campo Felix (Muelle)	06/05/2010	<0.11	<0.002	<0.140	<0.08
Promedio		<0.11	<0.002	<0.140	<0.08

## Conclusiones

El trabajo realizado por la Asociación Ecológica de Usuarios del río Hardy-Colorado A.C en coordinación con Pronatura Noroeste y el Sonoran Institute y con el apoyo de instituciones gubernamentales ha sido decisivo en la rehabilitación del Río Hardy.

El aprovechamiento de las aguas residuales tratadas de la Planta las Arenitas y el mejoramiento de su calidad sanitaria a través del humedal artificial ha permitido que el reúso del agua sea un éxito en cantidad y calidad para complementar la rehabilitación del Río Hardy, y esto ha traído un mejoramiento ambiental en la zona.

La evaluación hecha determinó en general que el efluente de la planta las Arenitas logró cumplir con los límites permisibles de contaminantes que marca la NOM-001-SEMARNAT-1996, y así mismo la calidad del agua del Río Hardy cumplió con la Normatividad vigente, sin embargo, se observó que a nivel del campo Cucapah Mayor el cauce del río sufre un deterioro en su calidad, por lo que se recomienda un estudio en este punto a mayor detalle a fin de determinar la causa y trabajar en educación ambiental con la población para que paulatinamente se mejore la calidad del agua del río Hardy en este punto.

Los trabajos de rehabilitación del Río Hardy, en conjunto, han permitido que a lo largo de su cauce se asienten 18 campos que ofrecen servicios turísticos tanto a visitantes nacionales como extranjeros, donde se han autoempleado los lugareños originarios de la zona lo que ha traído importantes beneficios sociales.



## Referencias Bibliográficas

- AEURHIC. A.C. (2004). Trabajando para la conservación del Delta del Río Colorado. Asociación Ecológica de Usuarios del Río Hardy A.C. Recuperado de [https://www.geo.arizona.edu/rcncrd/documents/Plano\\_Estrategico.pdf](https://www.geo.arizona.edu/rcncrd/documents/Plano_Estrategico.pdf) (fecha de consulta: 14 de agosto de 2018).
- CESPM. (2011). Informes de Calidad del Agua la planta de tratamiento de aguas residuales Las Arenitas. Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali, Subdirección de Agua y Saneamiento, Departamento de Control de Procesos. Gobierno de Baja California.
- CONAGUA. (2016). Capítulo 4 Infraestructura hidráulica. En CONAGUA (ed.), Estadísticas del Agua en México (pp. 98-129). Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2007). Se inaugura la planta de Tratamiento Las Arenitas con lo que Mexicali tratará sus aguas al 100%. Coordinación de Comunicación. Subgerencia de Información. Comunicado de Prensa NO. 030-07, Mexicali, B.C. de fecha 17/03/ 2007.
- EPA. (2012). 2012 Guidelines for water reuse. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-12/618, September 2012. Recuperado de <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1530.pdf> (fecha de consulta: 14 de agosto de 2018).
- Hernández, G. (2017). Estrategias de recuperación de los ríos fundacionales de las ciudades de Jalostotitlán y San Miguel El Alto, Jalisco. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Tlaquepaque, Jalisco. 257 p.
- PRONATURA, 2009. Agua para los Humedales. Restaurando el Delta del Río Colorado. Año 1. No. 5, Septiembre, 2009.
- Reisner, M. (1986). Cadillac Desert: The American West and its disappearing water. EU: Penguin Books. 582 p.
- Gabbay, S. (2001). Rehabilitación de los ríos de Israel. *Revista de Artes y Letras de Israel*, 111/2001. Recuperado de <http://mfa.gov.il/MFA/MFAES/MFAArchive/Pages/Rehabilitacion%20de%20los%20rrios%20de%20Israel.aspx> (fecha de consulta: 13 de agosto de 2018).
- WWAP. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales: el recurso desaprovechado. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf> (fecha de consulta: 13 de agosto de 2018).