

Impacto de la descarga de agua tratada en la cuenca los Alisos

MERANZA-CASTILLÓN, Verónica*†, RUIZ-HERNANDEZ, Sergio, ORTIZ-NAVAR, Bertha, GUTIÉRREZ-GUTIÉRREZ, Reynaldo

Instituto Tecnológico de Nogales

Recibido Junio 05, 2017; Aceptado Agosto 18, 2017

Resumen

En el año 2012, a la Heroica Nogales, Sonora, se le hizo realidad el proyecto de construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales los Alisos (PTAR Los Alisos), con el objetivo de reducir las aportaciones a la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de ambos Nogales (PITARN) ubicada en territorio Estadounidense y generar la recarga de la cuenca Alisos. Por décadas antes de la llegada de la PTAR Los Alisos, no se recargaba la cuenca más que tan solo con las escasas lluvias de la zona. En esta investigación se analizó cuantitativamente los efectos de la aportación de la PTAR a la cuenca evaluando el comportamiento de las variables de nivel dinámico, nivel estático y gasto de extracción de los pozos 7, 11 y Potrero el Cibuta, así como la calidad de la descarga y agua subterránea, donde se deja ver una pequeña mejora, sin embargo al evaluar la calidad del agua descargada, se manifiestan cargas contaminantes fuera de los parámetros los límites máximos permisibles, para lo cual en la presente investigación se realizan algunas recomendaciones.

Cuenca, Tratamiento Aguas Residuales, Calidad del Agua

Abstract

In 2012, the Heroic Nogales, Sonora, project of construction and operation of the Alisos Wastewater Treatment Plant (PTAR Los Alisos) was realized, with the objective of reducing the contributions to the International Plant of Treatment of Wastewater of both Nogales (PITARN) located in American territory and generate the recharge of the Alisos basin. For decades before the arrival of the Los Alisos WWTP, the basin was not recharged more than just the sparse rainfall in the area. In this research, the effects of the PTAR contribution to the basin were quantitatively analyzed by evaluating the behavior of the variables of dynamic level, static level and extraction expenditure of wells 7, 11 and Potrero el Cibuta, as well as the quality of the Discharge and groundwater, where a small improvement can be seen, however, when assessing the quality of the water discharged, contaminant loads are manifested outside the parameters the maximum permissible limits, for which in the present investigation some recommendations are made.

Cuenca, Tratamiento Aguas Residuales, Calidad del Agua

Citación: MERANZA-CASTILLÓN, Verónica, RUIZ-HERNANDEZ, Sergio, ORTIZ-NAVAR, Bertha, GUTIÉRREZ-GUTIÉRREZ, Reynaldo. Impacto de la descarga de agua tratada en la cuenca los Alisos. *Revista de Ciencia Ambientales y Recursos Naturales* 2017, 3-9:18-28..

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: veronicameranza@itnogales.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El tema de abasto de agua es un problema que se ha ido agravando con el tiempo, al superarse la demanda de agua para sus diversos usos (doméstico, comercial e industrial).

La Heroica Nogales, Sonora comparte la cuenca del Río Santa Cruz con los Estados Unidos de Norteamérica, para abastecerse de agua. Dicha cuenca ha sido el patrón de crecimiento de ambos Nogales; el crecimiento dinámico en población de Nogales, Sonora ha sido evidente, de acuerdo a los censos presentados por INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), lo que obliga a México a explotar la cuenca del Río Alisos.

A partir del año 1990, con el proyecto de extracción y conducción de agua de la cuenca Río Alisos, llamado acuaférico y con el fin de cubrir las necesidades del recurso de agua potable para la población de Nogales Sonora, la cuenca es explotada sin otra recarga que la de las lluvias. Las aguas residuales son conducidas por gravedad hacia la PITARN, en Río Rico Arizona, ubicada en Estados Unidos para su tratamiento, y finalmente son depositadas en la cuenca del Río Santa Cruz.

El balance hídrico en hidrología se basa en el principio de conservación de la masa. Esto tiene significado para la cuenca del Río Alisos que por más de 20 años se extrajo agua para finalmente depositarla en otra cuenca diferente.

No fue sino hasta a partir de la operación de la PTAR Los Alisos en el año 2012 que se genera la descarga de agua tratada al cauce del río Los Alisos. Han pasado casi 4 años de que inicio la operación de la planta. De acuerdo al trabajo realizado por el Organismo Operador, la extracción ha aumentado en los últimos años. El solo explotar el recurso hídrico sin recarga directa y rebasando los tiempos del ciclo hidrológico, puede ocasionar que los pozos se abatan, es decir el nivel del manto disminuya al grado de que la cantidad de agua en los pozos sea cada vez menor.

Sin embargo, también es importante considerar la calidad del agua de descarga para evitar impactos de contaminación.

La normatividad existente en México tales como la NOM-014-CONAGUA-2003, NOM-015-CONAGUA-2007, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-127-SSA1-1994, establecen la pauta de la recarga artificial de las cuencas, ya que en ellas se establecen las características y especificaciones del agua y de las obras para que se realice de manera óptima un proyecto de recarga artificial. También es muy importante la participación del gobierno para que el manejo del recurso sea óptimo y garantice el servicio a generaciones futuras.

La presente investigación aborda el impacto que podría tener la descarga de agua tratada por la PTAR Los Alisos, el cual puede evaluarse a partir del análisis del comportamiento del nivel estático, dinámico, gasto de extracción, características del agua subterránea de los pozos Alisos 7, 11 y Potrero el Cibuta y del gasto de descarga de la PTAR Los Alisos y así poder proporcionar la pauta para una mejor explotación de la cuenca y distribución del agua, para los fines económicos o sociales que requiera la ciudad de Nogales, Sonora y por último se presentan algunas conclusiones y recomendaciones.

Demanda del servicio de agua en la ciudad de Nogales, Sonora.

La sobreexplotación de acuíferos para cubrir las necesidades económicas de las zonas urbanas, es una problemática observada a nivel mundial.

La Ciudad de Nogales, Sonora, depende de la disponibilidad del agua, tanto para la agricultura, ganadería, pero sobre todo para el sector industrial, que es la principal fuente de desarrollo de la Ciudad, lo que ha detonado el crecimiento poblacional debido a la migración del sur de México para cubrir la oferta laboral.

De acuerdo a los registros del INEGI, en el censo de 1990 se contaba con una población de 106 200 habitantes y para el año 2010 se registraron 220 292, una tendencia ascendente que coincide con las proyecciones de CONAPO (Consejo Nacional de Población) tal como se indica en la figura 1; para el desarrollo urbano de cualquier ciudad, satisfacer las necesidades de su población e impulsar el desarrollo económico, es dependiente de la garantía de cantidad y calidad el agua potable.



Figura 1 Captación ciudad, Río Santa Cruz (captación paredes-mascareñas) y captación ciudad.

Fuente: *Elaboracion Propia*

Actualmente el servicio de agua potable para la ciudad, se encuentra a cargo del Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Nogales (OOMAPAS). La infraestructura es insuficiente para cubrir la dotación las 24 horas. De acuerdo a información proporcionada por el OOMAPAS. En Diciembre de 2016, se contaba con 62 607 tomas de agua, dividido en doméstico, comercial e industrial.

Para poder cubrir la dotación diaria el Organismo extrae un gasto total de 1001.87 lps (litros por segundo) del agua de dos cuencas diferentes, del Río Santa cruz y el Río Alisos, como se indica en la figura 1; dividido en tres captaciones de donde se extraen 394.142 lps de la cuenca del Río Alisos, del total extraído para suministrar los servicios de la ciudad de Nogales. Figura 1 Captación ciudad, Río Santa Cruz (captación paredes-mascareñas) y captación ciudad.

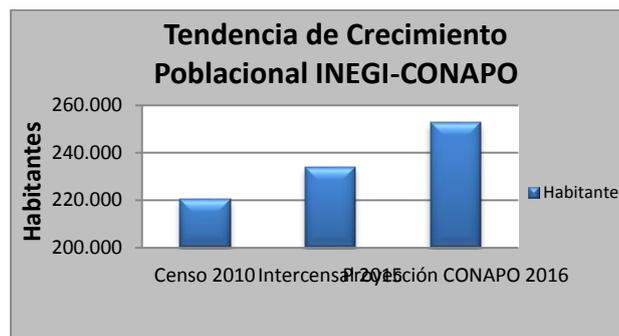


Gráfico 1 Tendencia de crecimiento poblacional.

Fuente: *INEGI y CONAPO.*

Diferente (cuenca Río Santa Cruz). Hasta el año 2012, con el establecimiento de la PTAR Los Alisos, se generó una recarga indirecta a la cuenca, adicional a la de las lluvias.

PTAR Los Alisos

El gobierno mexicano realizó una acción correctiva, el proyecto de diseño, construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) Los Alisos, figura 2, la cual inició sus operaciones en Junio del año 2012, generando una descarga de agua tratada que varía de 92.2-236 lps, promedios mensuales registrados en el efluente de la PTAR Los Alisos, durante el año 2015, indicando un promedio anual de 168.75 lps, como lo indica el gráfico 2.

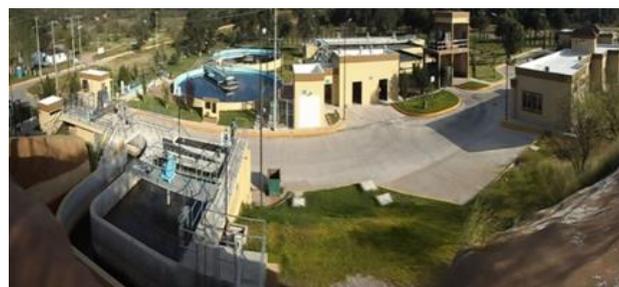


Figura 2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Alisos.

Fuente: *Elaboración propia.*

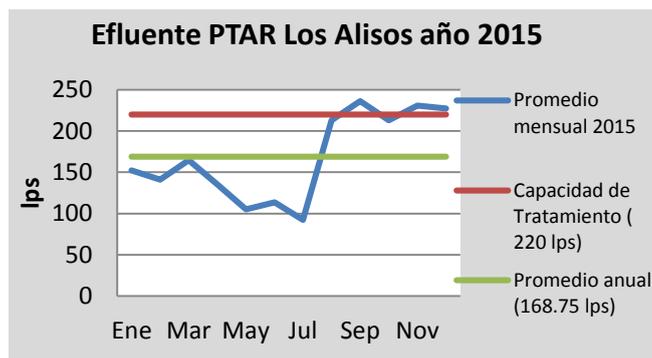


Gráfico 2 Tendencia de crecimiento poblacional

Fuente: OOMAPAS, 2015

La PTAR Los Alisos, fue diseñada bajo los términos de referencia de la Nom-003-Semarnat-1996, con parámetros de calidad de contacto indirecto con humanos. Sin embargo el título de concesión número 02SON125222/08HMOC011, donde se otorga el permiso de descarga de aguas residuales a la cuenca Río Alisos por CONAGUA, estipula que la descarga debe de cumplir con las características de la Nom-001-Semarnat-1996, y clasifican al cuerpo receptor tipo B, indicado en la misma norma.

Metodología

La evaluación de la cuenca del Río Alisos, a partir de la operación la PTAR Los Alisos, se realizó mediante datos estadísticos de hidrología básica y características del agua del pozo 7, 11 y pozo Potrero del Cibuta, así como datos históricos y actuales de muestras de agua, realizando una comparación de la calidad de la descarga de la PTAR con los LMP (límites máximos permisibles) para la que fue construida y los LMP establecidos en el permiso otorgado por CONAGUA y Normas Oficiales Mexicanas que regulan la recarga artificial. De igual manera se recolectaron datos de campo de las ubicaciones de los puntos de investigación y características físicas de las instalaciones actuales, lo que a continuación se describe:

Hidrología básica

Nivel estático

Es la medida del nivel del agua en un pozo cuando no está en operación, como lo indica la figura 3, dicho de otra manera, es la distancia vertical que hay desde la superficie del suelo hasta el espejo del agua. Para medirlo se utilizó una sonda eléctrica.

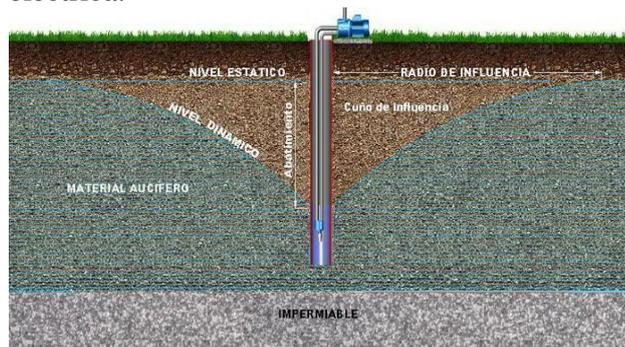


Figura 3 Perfil de pozo profundo con indicación de nivel estático, dinámico y abatimiento.

Fuente: Equipos de bombeo Dr. Diosdado Pérez Franco. (<http://galeon.com/elregante/eyector.html>)

Nivel dinámico

Se determina mediante la medición del abatimiento que sufre el nivel estático durante el proceso de bombeo, como lo indica la figura 3. Se definió hasta alcanzar el equilibrio hidráulico entre la cantidad de agua que se extrae y la capacidad de producción del pozo, midiéndose a partir del brocal del pozo hasta el espejo del agua, con este dato, determinándolo periódicamente puede conocerse el comportamiento del acuífero.

Para ambos casos se utilizó sonda eléctrica (dispositivo que consiste en dos cables con forro de goma, una batería de 9 voltios y un amperímetro. El circuito se forma por la batería, el amperímetro, el alambre que baja al pozo y el alambre que sube del pozo. Las dos puntas que no están conectadas deben estar desnudas y separadas con cinta aislante para que estas no hagan contacto entre sí. El circuito se cierra cuando estas dos puntas hacen contacto con el agua, de ahí que el largo del cable desde su extremo inferior hasta el centro de la descarga será la profundidad del espejo del agua.

Gasto de extracción de los pozos

De acuerdo al título de concesión por extracción ante CONAGUA, los pozos deben contar con la medición del gasto de extracción:

Pozo	Diam. De línea pulg.	Motor (h.p.)	Tipo de bomba	Medidor
Alisos 7	6"	75	Sumergible	Iso 4064
Alisos 11	8 "	125	Sumergible	Dorot
Potrero el Cibuta	4"	7.5	Sumergible	No tiene

Tabla 1 Características de los pozos tomados para la presente investigación.

Fuente: OOMAPAS, 2016

Pozo 7 y 11 Los Alisos, la medición del gasto se realizó con medidores de flujo de velocidad fijos, como se indica en la tabla 1, con las características de los pozos. El Pozo Potrero el Cibuta no cuenta con título de concesión para la extracción de agua ante CONAGUA, por lo que OOMAPAS no se encuentra obligado a contar con un medidor instalado en el sitio. Para este caso se utilizó un medidor de campo ultrasonido marca Dinasonics, modelo DTFXP-A16A-NN, con número de serie 29609, para diámetros múltiples. Para este caso, se tomaron las especificaciones de la tubería proporcionadas por el fabricante, se introducen al software del equipo, colocando los sensores adecuadamente para la toma de la medición.

Características del agua subterránea

Para realizar la caracterización de las aguas subterráneas se utilizaron los parámetros de contaminación establecidos en la NOM-127-SSA1-1994. Los LMP de la norma, otorgan las características deseables para agua potable protegiendo la salud humana. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de OOMAPAS, Nogales con los métodos validados por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para cada parámetro, conocidos como las NMX.

Muestreo

Para realizar el muestro de agua subterránea en pozo 7, 11 y Potrero el Cibuta se utilizó el procedimiento de la NOM-230-SSA1-2002.

Método analítico

El procedimiento utilizado para determinación analítica de los parámetros, fueron los métodos validados por las NOM. Para conductividad eléctrica NMX-AA-093-SCFI-2000. Para Dureza la NMX-AA-072-SCFI-2001. Sólidos Disueltos Totales, el método NMX-AA-034-SCFI-2001. Metales y Cianuros, la NMX-AA-051-SCFI-2001. Nitrógeno Amoniacal, la NMX-AA-026-SCFI-2001. Coliformes Totales y Fecales, la NMX-AA-102-SCFI-2006.

Los análisis fueron realizados en las instalaciones y equipos de OOMAPAS Nogales. Los resultados documentados fueron utilizados para realizar las comparaciones con la norma de calidad de agua para consumo humano NOM-127-SSA1-1996 y los históricos.

Características de la descarga de la PTAR Los Alisos

Los análisis se realizaron mediante estudios realizados bajo los métodos y materiales estipulados en el Título de Concesión 02SON125222/08HMOC11 y se describe a continuación:

El cuerpo receptor de la descarga, ha sido clasificado en el permiso como Tipo B, de la NOM-001-Semarnat-1996, sin embargo los resultados son comparados con los límites máximos de la NOM-003-Semarnat-1996, ya que la planta fue diseñada para operar bajo estos criterios de contaminación máxima.

Las muestras y los análisis fueron realizados con un laboratorio acreditado ante EMA (Entidad Mexicana de Acreditación), promedios diarios y mensuales. Se calcularon promedios diarios y caudal total descargado el mismo día de la toma de las muestras. El promedio diario es el valor que resultó del análisis de una muestra compuesta, integrada por 6 muestras simples. Para el parámetro de Grasas y Aceites, el promedio ponderado es en función del caudal.

Para los coliformes fecales, es la media geométrica de los valores de cada una de las muestras simples, tomadas para la muestra compuesta, así como para Sólidos Suspendidos totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Metales y Cianuros, Nitrógeno total y Fosforo total. El promedio mensual es el valor que resulta de calcular el promedio ponderado en función del caudal de los valores resultados del análisis de al menos dos muestras compuestas promedio diario. Los datos fueron procesados en una hoja de cálculo para realizar su comparación con los límites máximos permisibles de las normas aplicables.

Gasto de descarga Ptar los Alisos

La determinación del gasto de descarga se realizó en el canal posterior a la desinfección en un canal tipo parshall y un medidor ultrasónico.

Resultados obtenidos

Se realizó la evaluación del proyecto con éxito, se ubicaron los pozos de estudio con respecto a la distancia de la PTAR Los Alisos, como se indica en la figura 4.

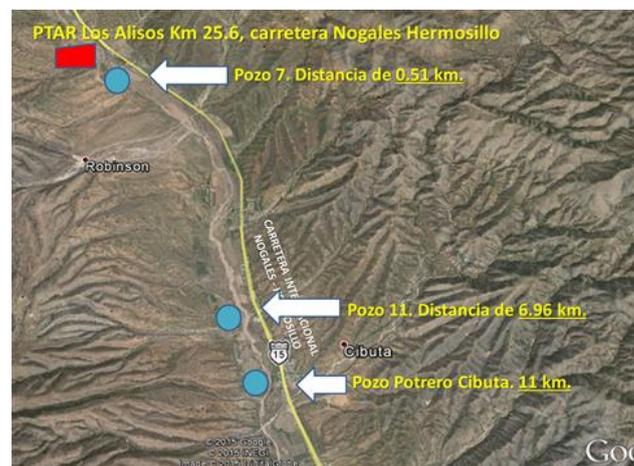


Figura 4 Distancia de los pozos estudiados con respecto a la descarga de la PTAR Los Alisos.

Fuente: Elaboración propia.

Explotación de la cuenca Río Alisos

Ley de Ingresos y Presupuesto de Ingresos del H. Ayuntamiento de Nogales ejercicio fiscal 2015 y los manuales de diseño de la CONAGUA 2010, estipulan la dotación para cubrir las necesidades por habitante para la ciudad de Nogales de 300 litros por día (lpd). Utilizando el dato oficial del inter censo 2015, resultó la cota necesaria para cubrir la demanda de agua para la ciudad de Nogales.

$$300 \text{ lpd} * 233,952 \text{ habitantes} = 70,185,600 \text{ lpd}$$

$$70,185,600 \frac{\text{l}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} = 822 \text{ lps}$$

Fuente	Caudal producido, promedio anual 2015 (lps)	%
Alisos	394.142	39.34
Ciudad	183.371	18.3
Mascareñas	275.055	27.49
Galería filtrante	149.306	14.9
Total	1001.83	100

Tabla 2 Extracción anual por captación

Fuente: Cuestionario único de información básica (OOMAPAS, 2015).

$$1000 - 822 = 179.84 \text{ lps}$$

$$179.87 * 0.3934 = 70.8 \text{ lps}$$

En la tabla 3 se presentan los caudales promedio anual en lps año 2015, declarados por OOMAPAS, Nogales, en el cuestionario único de información básica, autorizado por la Comisión Estatal del Agua (CEA) y la CONAGUA, donde se tiene que del total extraído, la cuenca Río Alisos, representa el 39.34%. Al realizar los cálculos, resulta evidente una sobre explotación de la cuenca en 70.8 lps, con respecto a la cota necesaria para la ciudad de Nogales, Sonora.

Recarga de la cuenca Río Alisos

Se determinaron promedios anuales de descarga, a partir del año 2012, operación de la PTAR, Los Alisos, como indica la tabla 4. Al tomar el año 2015 y los cálculos necesarios, resulta que la descarga generada por la PTAR representa un 42.8% del volumen de extracción.

Descarga ptar alisos (gasto efluente en lps)				
	2013	2014	2015	2016
Promedio anual	92.71	121.76	168.75	204.19

Tabla 3 Gasto anual de descarga de la PTAR Los Alisos en lps promedio anual

Fuente: Datos proporcionados por OOMAPAS, 2016.

394.142 lps = 100%

extraído de cuenca Río Alisos

168.75 lps descargados en la cuenca

= 42.8% del total extraído

Realizando un balance de masa se resuelve que la cuenca se ve favorecida con una recarga indirecta, sin embargo hay que evaluar el comportamiento del abatimiento de los pozos.

Analizando las variables en particular para los pozos de estudio de la presente investigación, se encontró que en el pozo Alisos 7, el nivel estático ha aumentado con respecto al tiempo de extracción, con una diferencia de 22 metros. Como se indica en gráfico 3.

El nivel dinámico ha variado observándose el mejor promedio anual en el año 2012 (año en que inicia operaciones la PTAR), aumentando para el 2013 y registrándose los menores niveles para el año 2014 (lluvias significativas de acuerdo a IMIP), como se indica en gráfico 4.

El promedio del gasto extraído en los últimos 6 años con respecto del año 2011, el nivel dinámico ha mejorado en 0.77 metros, poco significativo considerando que es el pozo más cerca de la descarga. Sin embargo hay que tomar en cuenta que se extraen 2.86 litros más que en el año 2011, como se indica en tabla 5.

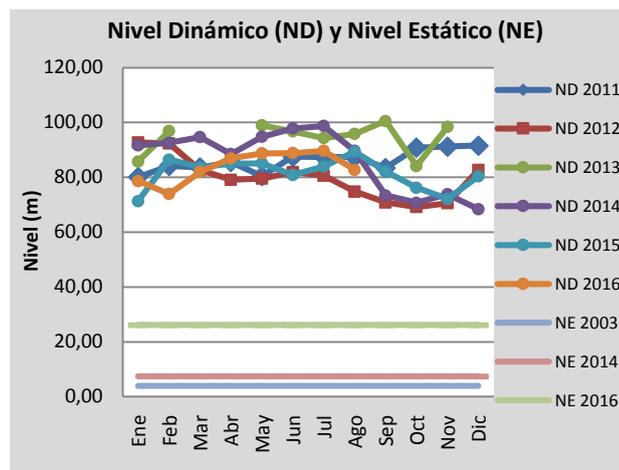


Gráfico 3 Comportamiento de ND y NE, pozo Alisos 7

Fuente: OOMAPAS, 2016



Gráfico 4 Comportamiento de ND y NE, pozo Alisos 7.

Fuente: Datos proporcionados por IMIP, 2016.

Pozo 7. Gasto lps						
Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Promedio	16.48	14.49	17.43	18.59	18.81	19.34
Max	19.35	17.67	19.52	21.25	20.33	20.41
Min	14.73	11.22	16.04	16.40	17.79	17.85

Tabla 4 Gasto de extracción pozo Alisos 7, promedio anual.

Fuente: OOMAPAS, 2016.

Para el pozo Alisos 11, el nivel estático ha mejorado en 10.15 metros, más arriba que en el año de perforación del mismo, con lo que se presume un mayor beneficio que el pozo Alisos 7. El nivel dinámico ha aumentado en tendencia ascendente a excepción del promedio anual del 2015 (registro de lluvias), para posteriormente volver a incrementarse, como se indica en el gráfico 5. Así mismo el gasto de extracción ha disminuido a partir del año 2011, en un 25%. Posible causa de la mejora del nivel estático; de acuerdo a la evidencia no se puede atribuir en totalidad a la aportación de la PTAR Los Alisos.

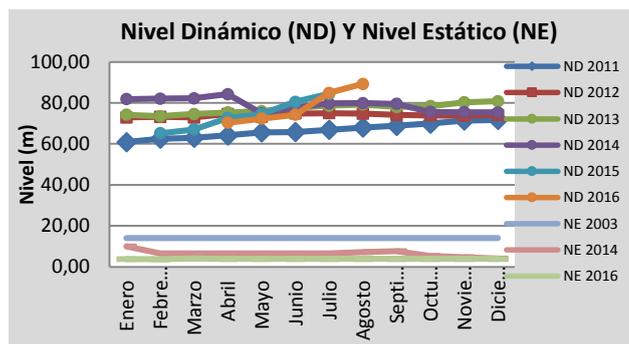


Gráfico 5 Comportamiento de ND y NE, pozo Alisos 11.
Fuente: OOMAPAS, 2016.

Pozo 11. Gasto lps						
Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Promedio	54.14	45.87	45.19	44.91	43.64	40.59
Max	59.52	47.61	48.54	47.62	47.61	43.48
Min	48.64	44.24	41.66	41.67	38.46	34.48

Tabla 5 Gasto de extracción pozo Alisos 11, promedio anual.

Fuente: OOMAPAS, 2016.

El pozo Potrero el Cibuta, reactivo operación en el año 2012. Se encontraron pocos datos. El nivel estático, fue medido en el mes de Septiembre de 2016 arrojando el valor de 38.35m. El comportamiento del nivel dinámico ha sido muy variable, se presume buena permeabilidad del terreno, con respecto al registro de lluvias.

En el 2014, el nivel dinámico disminuyó a 6.26 metros, pero se restablece a una profundidad promedio de 40.83 m (datos del 2014), muy cerca del nivel estático. El pozo ha presentado eficiencia decreciente con respecto al gasto de extracción. Aunque se cuenta con pocos datos, no se observan cambios, por lo que se concluye que la descarga no ha impactado en el mismo.

Gasto de Descarga PTAR Los Alisos

La PTAR Los Alisos fue construida para una operación de 220 lps; el promedio anual descargado para el 2013, no alcanzó 100 lps, pero en algunos meses del 2016, supera los 220 lps tal como lo indica la gráfica 6, arriba de la capacidad de operación de la misma.

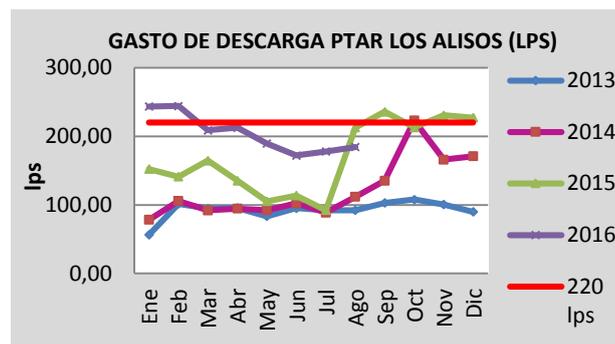


Gráfico 6 Gasto de descarga PTAR Los Alisos.
Fuente: OOMAPAS, 2016

Calidad de la descarga

Comparando los resultados de los análisis de calidad de la descarga con los parámetros del permiso de descarga, la Nom-003-Semarnat-1997 (Límites Máximos LM, para los que fue construida) y la Nom-015-CONAGUA-2007 (establece las características del agua para obras para la infiltración artificial de aguas a los acuíferos), los resultados arrojaron algunas incidencias en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Sedimentables (SS), Nitrógeno Total, Sólidos Suspendedos Totales (SST), Grasas y Aceites, pero principalmente en Coliformes Fecales. Estas incidencias fueron registradas de manera puntal, salvo el caso de Coliformes Fecales, donde la problemática se torna recurrente para el año 2015 y 2016.

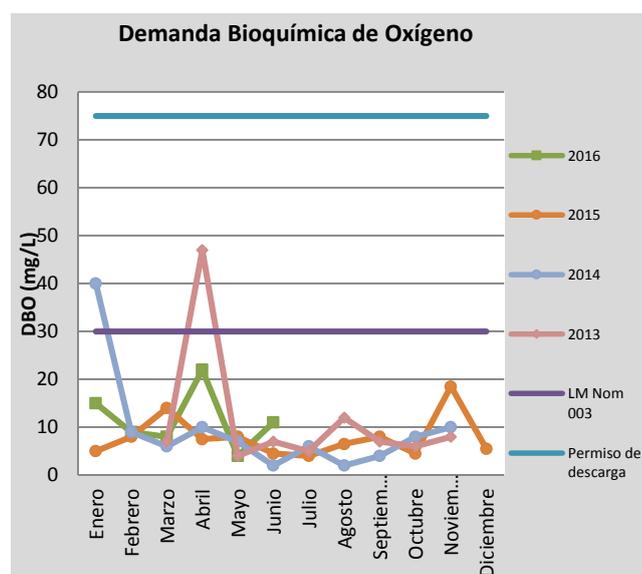


Gráfico 7 Analisis de DBO en descarga PTAR Los Alisos
Fuente: OOMAPAS, 2016.

En el gráfico 7, podemos observar las incidencias del parámetro de DBO, en el gráfico 8 se observan las incidencias de Grasas y Aceites; en los gráficos 9 y 10 se presenta presenta el parámetro de Coliformes Fecales, con el mayor numero de incumplimiento tanto a la Nom-003, el permiso de descarga y la Nom-015.

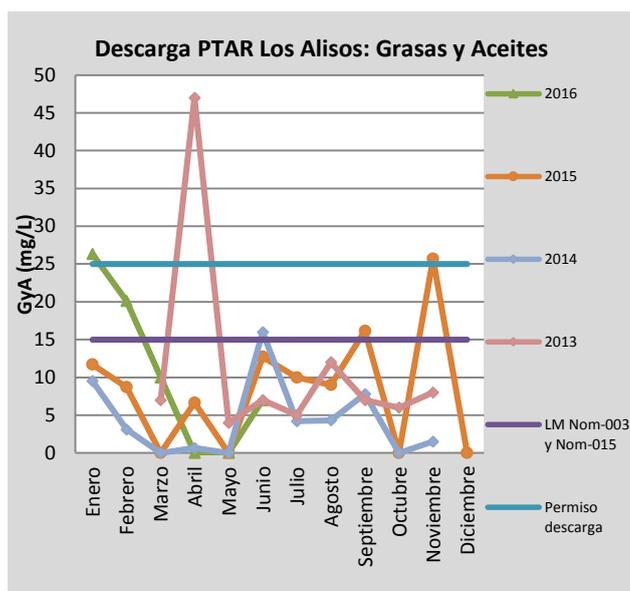


Gráfico 8 Analisis de Grasas y Aceites en descarga PTAR Los Alisos.

Fuente: OOMAPAS, 2016.

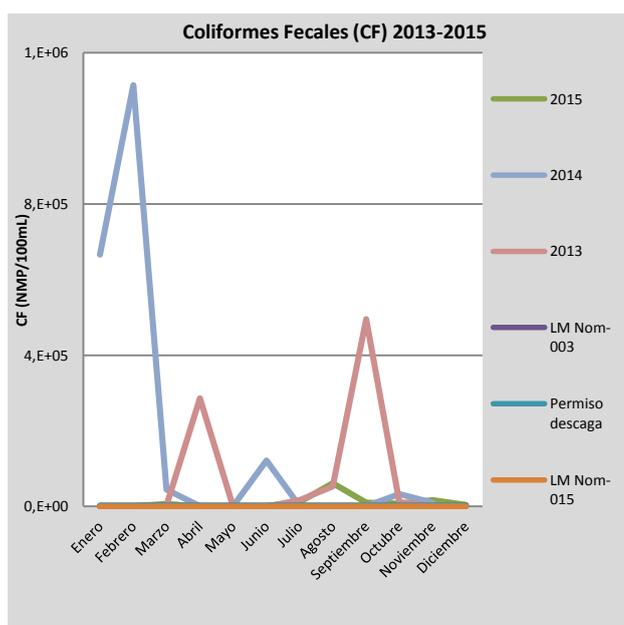


Gráfico 9 Analisis de Coliformes Fecales descarga PTAR Los Alisos 2013-2015.

Fuente: OOMAPAS, 2016.

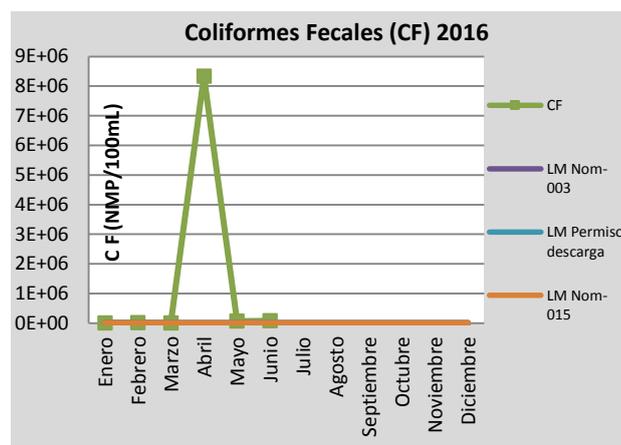


Gráfico 10 Analisis de Coliformes Fecales descarga PTAR Los Alisos 2016.

Fuente: OOMAPAS, 2016.

Calidad del agua subterránea

De los estudios de calidad del agua subterránea realizados en los pozos Alisos 7, 11 y Potrero el Cibuta, se observaron incidencias puntuales en parámetros como cromo total, nitratos, coliformes totales (en todos los casos) y coliformes fecales, de manera puntual en el pozo Alisos 7 (pozo mas cercano a la descarga de la PTAR Los Alisos), en menos de 1 UFC (unidades formadoras de colonias)/100 ml (promedio anual), para los años 2013 y 2015. No se observan daños severos a la cuenca sin embargo al revasar la capacidad de tratamiento de la PTAR Los Alisos, continuar con la calidad de la descarga se tiene una afectación potencial de la cuenca.

Conclusiones

La descarga de la PTAR Los Alisos, genera un beneficio con el 42% de retorno de lo extraído. Sin embargo no se observan evidencias con respecto al beneficio directo en la recarga de los pozos. La calidad de la descarga no cumple con las condiciones del título de concesión del permiso de descarga, por lo cual no puede pensarse en un proyecto de Recarga Artificial directa. La capacidad de tratamiento de la PTAR Los Alisos, ya ha sido rebasada, una razón para el incorrecto funcionamiento de la misma.

En este periodo de investigación la calidad del agua subterránea, de manera puntal ha presentado incumplimientos en los LMP de los requisitos de agua para consumo humano. El OOMAPAS y los diferentes niveles de gobierno, deben de realizar las gestiones necesarias para construir y operar la 2da. etapa de la PTAR y evitar una afectación a la cuenca.

Recarga Artificial, es una excelente técnica de recuperación de acuíferos, tomando las medidas adecuadas para mejorar la calidad de la descarga de la PTAR. Nogales tiene una opción para recuperar sus pozos.

La planeación en el desarrollo urbano depende en gran medida de la cantidad de los recursos naturales. La explotación racional de la cuenca del Río Alisos requiere de conocer el funcionamiento del sistema, considerando los cambios cuantitativos y cualitativos resultantes de las diferentes posibilidades de explotación, tanto a nivel general como del sistema en particular.

Referencias

- BANDAN. (1998). Banco de Desarrollo de América del Norte. Proyecto de Abastecimiento y Distribución de Agua Potable. Nogales, Sonora.
- Carrillo, L. Felipe., Juárez, B. Mario. Tratamiento de agua de potable de dos comunidades de Irapuato mediante ozonificación y quitosano. ECORFAN. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Vol. 2, No.3, Ene-Mar 2016. p. 59-67.
- CILA. Comisión Internacional de Límites y Aguas. (13 de Enero de 1958). Acta 206, 227 y 276. Recuperado el Agosto de 2016, de <http://cila.gob.mx/cilanorte/images/stories/pdf/206.pdf>
- Collazo, M. P. (2012). Manual de Agua Subterránea. Montevideo, Uruguay: Denad Internacional S.A.
- CONAGUA. (2007). Comisión Nacional del Agua. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Coyoacán, México D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2015). Comisión Nacional del Agua. Actualización de la disponibilidad de agua subterránea en el acuífero Río Alisos (2613). Recuperado el Junio de 2016, de http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Aguas_ubterránea/pdf/DR_2613.pdf
- CONAGUA. (23 de Julio de 2014). Nom-011-CONAGUA-2015. Recuperado el Agosto de 2016, de Secretaria de Gobernación, Diario Oficial de la Federación: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5387027
- CONAGUA. (28 de Noviembre de 2008). Nom-015-CONAGUA-2007. Recuperado el Agosto de 2016, de Secretaria de Gobernación, Diario Oficial de la Federación: http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5105754
- CONAGUA. (2011). Título de concesión de permiso de descarga de la PTAR Los Alisos. 02SON125222/08HMOC011. Nogales, Sonora, México.
- CONAPO. (2015). Consejo Nacional de Población. Sonora: Proyecciones de población de localidades seleccionadas1, 2010-2030. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de [CONAPO:http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos)
- Custodio E. Llamas M., R. (1976). Hidrología Subterránea. Barcelona, España: Ed. Omega.
- Gobierno del Estado de Sonora. (Diciembre de 2016). Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora. Ley de Ingresos y Presupuesto de Ingresos del H. Ayuntamiento de Nogales: Gobierno del Estado.

Guadarrama, T., Rosendo. Contaminación del Agua. ECORFAN. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Vol. 2, No. 5, Jul-Sep 2016, p. 1-10.

Guerrero, F. Blanca., López, Vania. Identificación y caracterización de los impactos ambientales derivados del manejo de los residuos sólidos urbanos. ECORFAN. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Vol.1, No.2, Oct-Dic 2015, p. 100-105.

IMIP. (2016). Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Nogales, Sonora. Acumulado en mm de lluvia de estación del IMIP.

INEGI. (2015). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 14 de NOVIEMBRE de 2015, de: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/default.aspx>

INEGI. (2015). INEGI. Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015. Recuperado el AGOSTO de 2016, de INEGI: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/default.aspx>

OMG. (2016). Organización Mundial de la Salud. Recuperado el Mayo de 2016, de http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/

OOMAPAS Nogales. (2016). Padrón de Usuarios en el SAC. Nogales, Sonora.

OOMAPAS, Nogales. (2015). Cuestionario único de información básica del sistema de gestión por comparación. Nogales, Sonora: CEA, (Comisión Estatal del Agua).

OOMAPAS, Nogales. (2016). Reporte de operación de la PTAR Los ALISOS. Nogales, Sonora.

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. (1980). NORMA MEXICANA NMX-AA-003-1980. Recuperado el Noviembre de 2015, de Aguas Residuales y Muestreo: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-003-1980.pdf>

Secretaria de Salud Ambiental. (16 de Diciembre de 1999). Nom-127-SSA1-1994. Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/m127ssa14.html>

SEMARNAT. (1997). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el Agosto de 2016, de Nom-001-Semarnat-1996: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO2470.pdf>

SEMARNAT. (21 de Septiembre de 1998). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el Agosto de 2016, de Nom-003-Semarnat-1997: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO114OK.pdf>

Tratado Internacional Mex-EUA. (MARZO de 1944). CILA MEX. Recuperado el 14 de NOVIEMBRE de 2015, de CILA MEX: <http://cila.sre.gob.mx/cilanorte/index.php/tratados-internacionales>