

2014

Informe técnico para la Declaración de Área Crítica - Acuíferos del Sur

Informe sobre el estado de situación de los acuíferos del sur de Puerto Rico y las medidas urgentes a tomar para la recuperación de este importante recurso natural.



División de Monitoreo del Plan de
Aguas - Secretaría Auxiliar
Planificación Integral



10/15/2014

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Acuíferos del sur	2
Ponce:	3
Juana Díaz:	4
Santa Isabel:	5
Salinas:	6
Guayama:	7
Arroyo:	8
Coamo:	8
Declaración de Área Crítica	9
Área de interés primario.....	9
Área de interés secundario.....	11
Vistas públicas.....	11
Acciones Remediadoras para el área de interés primario	12
Corto plazo	12
Mediano plazo.....	12
Largo plazo	13

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica – Acuíferos del Sur

Introducción

Los cuerpos de agua subterráneos (acuíferos) se utilizan como fuente de agua en Puerto Rico. Un acuífero es una formación geológica saturada con agua, cuyo volumen y permeabilidad es suficiente para sostener la extracción de un caudal significativo de agua dulce (Driscoll, 1986; Campbell y Lehr, 1973). Puerto Rico cuenta con una diversidad de formaciones geológicas que funcionan como acuíferos, las cuales se pueden agrupar en tres tipos de formaciones geológicas fundamentales: depósitos aluviales, roca caliza (cárstica) y roca ígnea. Los acuíferos formados por depósitos aluviales se les conocen como acuíferos aluviales, que son el tipo de acuífero que se encuentra en la zona sur de Puerto Rico.

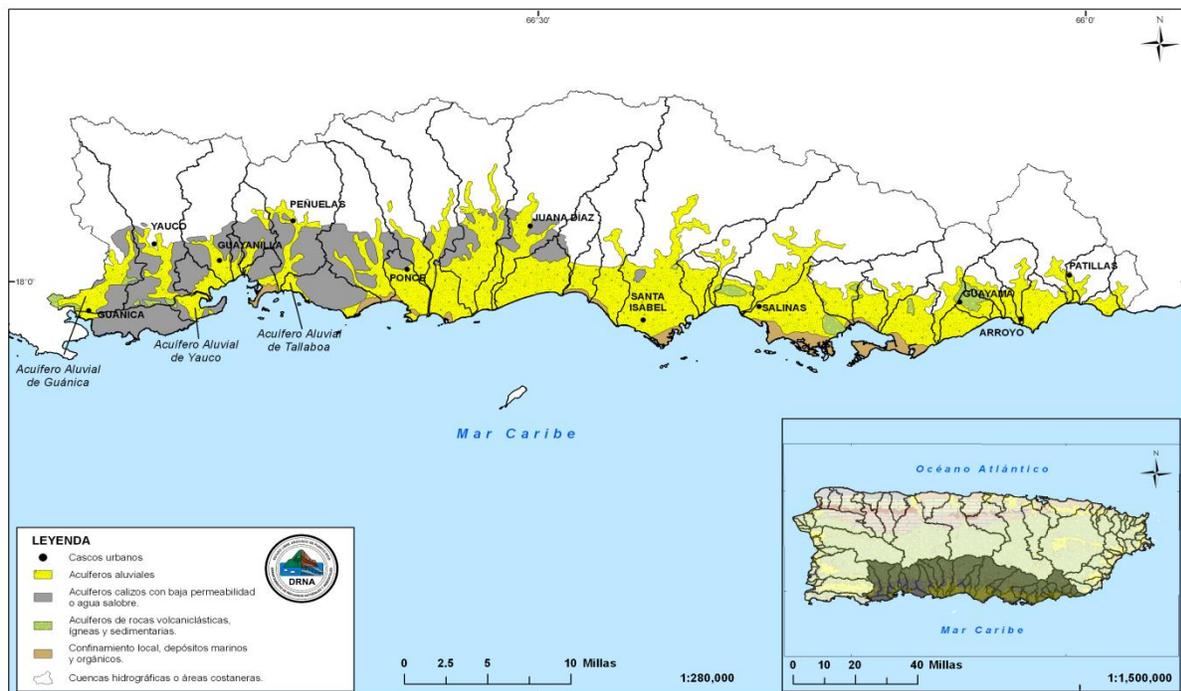


Ilustración 1 Acuíferos del sur, Fuente: DRNA, 2008

ÁREA CRÍTICA se define como una zona en la que existe sobreexplotación del recurso agua o cuando la calidad de ese recurso agua se está deteriorando al punto que se requiera de un manejo especial para reducir o eliminar la sobre explotación o para reducir o eliminar los problemas de calidad para proteger la integridad del recurso. La condición precaria en que se encuentra la calidad de las aguas de algunos de los acuíferos del sur de Puerto Rico ha llevado al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) a declarar los mismos en estado crítico. Dicha facultad ha sido

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

delegada en la Secretaria del DRNA mediante el Artículo 5 (d) de la Ley Núm. 136 de 3 de junio de 1976, según enmendada, *Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico (Ley de Aguas)*, la cual dicta que la Secretaria puede: “*Establecer áreas o distritos de aguas en estado crítico y adoptar con referencia a ellas las normas especiales y el sistema de prioridades que se precise para garantizar su mejor conservación, uso y aprovechamiento*”.

EL OBJETIVO de establecer como área crítica varios de los acuíferos del sur es viabilizar la adopción de normas especiales para atender los problemas de sobre explotación, contaminación e intrusión salina que están ocurriendo en estos acuíferos. De no ser atendidos con premura estos asuntos y perpetuarse los problemas, éstos pueden provocar daños irreparables y permanentes a la fuente de agua principal y en algunos casos la única fuente de agua que tienen los municipios del sur.

La Declaración de Área Crítica es una herramienta que otorga la Ley de Aguas al DRNA como fiduciario de las aguas de Puerto Rico para intervenir y tomar las medidas que sean necesarias para garantizar la disponibilidad de aguas de buena calidad y en cantidad suficiente a ésta y a las generaciones venideras. La adopción de normas especiales y de un sistema de prioridad permitirá al Estado Libre Asociado de Puerto Rico tener las garantías para lograr una mejor conservación, uso y aprovechamiento de las aguas de estos acuíferos del sur de la Isla.

EL CARÁCTER URGENTE que tiene la intervención del Estado para atender este problema es que estos acuíferos son la fuente de agua potable para cerca de 110,000 personas en la zona sur de Puerto Rico y para riego de los suelos agrícolas del sur de la Isla. Actualmente, estos acuíferos presentan contaminación con sólidos disueltos (intrusión salina) y nitratos. Esta contaminación compromete la calidad del agua de los acuíferos para uso agrícola y agua potable. De prolongarse este problema llegará el momento en que el acuífero no será apto para uso alguno y habrá que invertir en la restauración del mismo. Es deber del DRNA proteger los recursos de agua del País, en especial en zonas como ésta, donde el desarrollo de fuentes de abasto alternas requeriría inversiones cuantiosas de dinero.

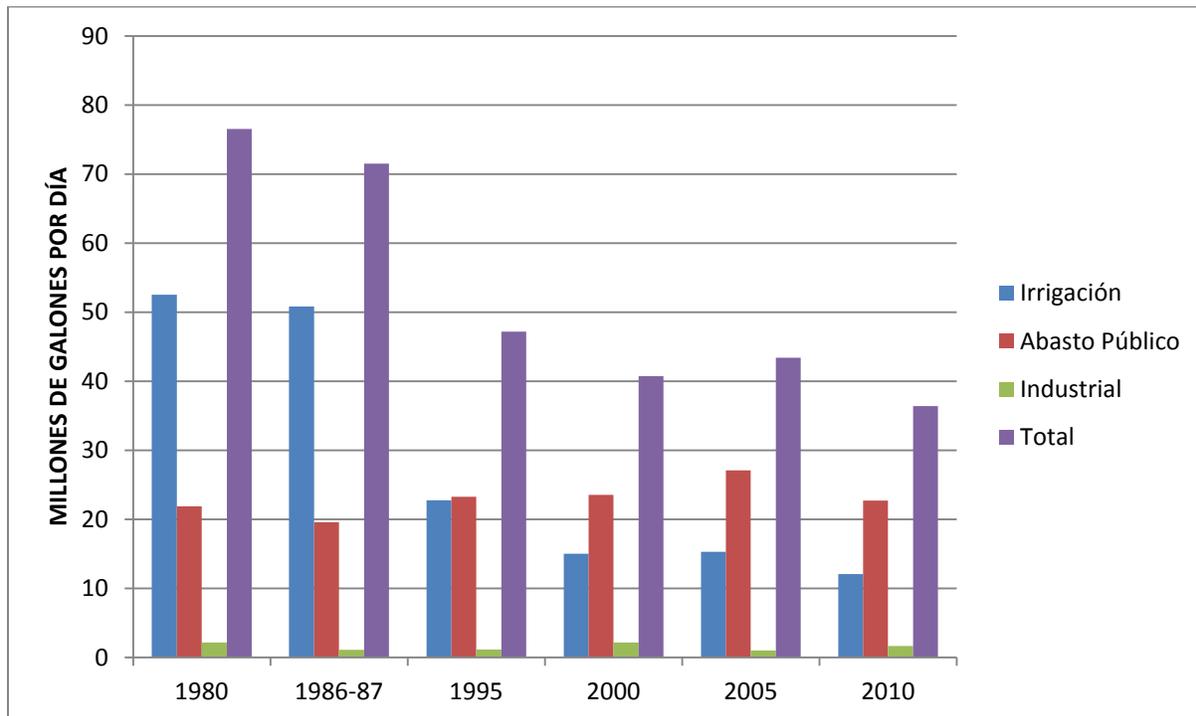
Acuíferos del sur

La problemática con el sistema de los acuíferos del sur viene agudizándose desde la década de los '90. Históricamente, los suelos agrícolas de la costa sur fueron regados con una combinación de agua de los acuíferos locales y de los canales de riego para el cultivo de la caña de azúcar. El riego de este cultivo se hacía mediante inundación de los terrenos. El exceso de agua que no se evapotranspiraba se infiltraba al acuífero. Todo este proceso resultaba en una recarga de los acuíferos mayor a la que ocurriría naturalmente. A principios de la década de los '90 finaliza el cultivo de la caña y los nuevos cultivos se riegan con aguas subterráneas mediante el método de riego por goteo. El uso de los acuíferos como fuente de agua potable se intensifica y pasa a ser el uso principal del agua del acuífero. Esto resulta en una sobreexplotación de los acuíferos, pues ya se había eliminado la recarga artificial que resultaba del riego de



Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

aguas por inundación de los terrenos agrícolas. La reducción en el área bajo riego y menos cuerdas que utilizaban agua de los canales y un sistema de riego por goteo que dejó de utilizar agua de los canales y empezó a utilizar agua subterránea, son factores que han producido una merma significativa en la recarga de los acuíferos en la Costa Sur durante los últimos 20 años. En la Gráfica 1 se puede observar cómo han variado los usos del agua en la zona desde la década de los '80.



Gráfica 1. Historial de extracciones desde Ponce hasta Patillas. (Fuente: Rodríguez & Gómez, 2009)

Los acuíferos del sur que están siendo sobreexplotados y que presentan algún tipo de contaminación o tendencia en esa dirección son incluidos en la Declaración de Área Crítica. Estos son los acuíferos que ubican en los municipios de **Ponce, Juana Díaz, Santa Isabel, Salinas, Guayama y Arroyo**. A continuación una descripción la condición de cada acuífero.

Ponce:

Las muestras tomadas por el Servicio Geológico Federal (USGS, por sus siglas en inglés) en el acuífero de Ponce, revelan que parte de éste presenta concentraciones altas de sales disueltas, como se puede observar en la Ilustración 2. En el caso particular de Ponce la presencia de NaCl que se puede observar en la Ilustración 2, es de origen natural y corresponde a la existencia de un humedal estuarino de mangle en el área, conocido como Punta Cabuyones. El área identificada con presencia de NaCl entra hasta aproximadamente 4.3 km (2.67 mi) tierra adentro. El hecho de que exista este bolsillo de sal, hace más vulnerable a las zonas circundantes a contaminación por

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

intrusión salina. En el caso de Ponce se puede observar en el mapa que el agua salada se ha ido moviendo tierra adentro debido a la extracción de pozos por parte de las comunidades aledañas y la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). Esta área es identificada en la Ilustración 2 como con presencia de CaCl_2 y llega hasta aproximadamente 5.4 km (3.35 mi) tierra adentro. A pesar de que en este caso la presencia de NaCl es de origen natural, es de suma importancia tomar las medidas preventivas necesarias para evitar la propagación del agua salada y el empeoramiento del área que ya presenta CaCl_2 .

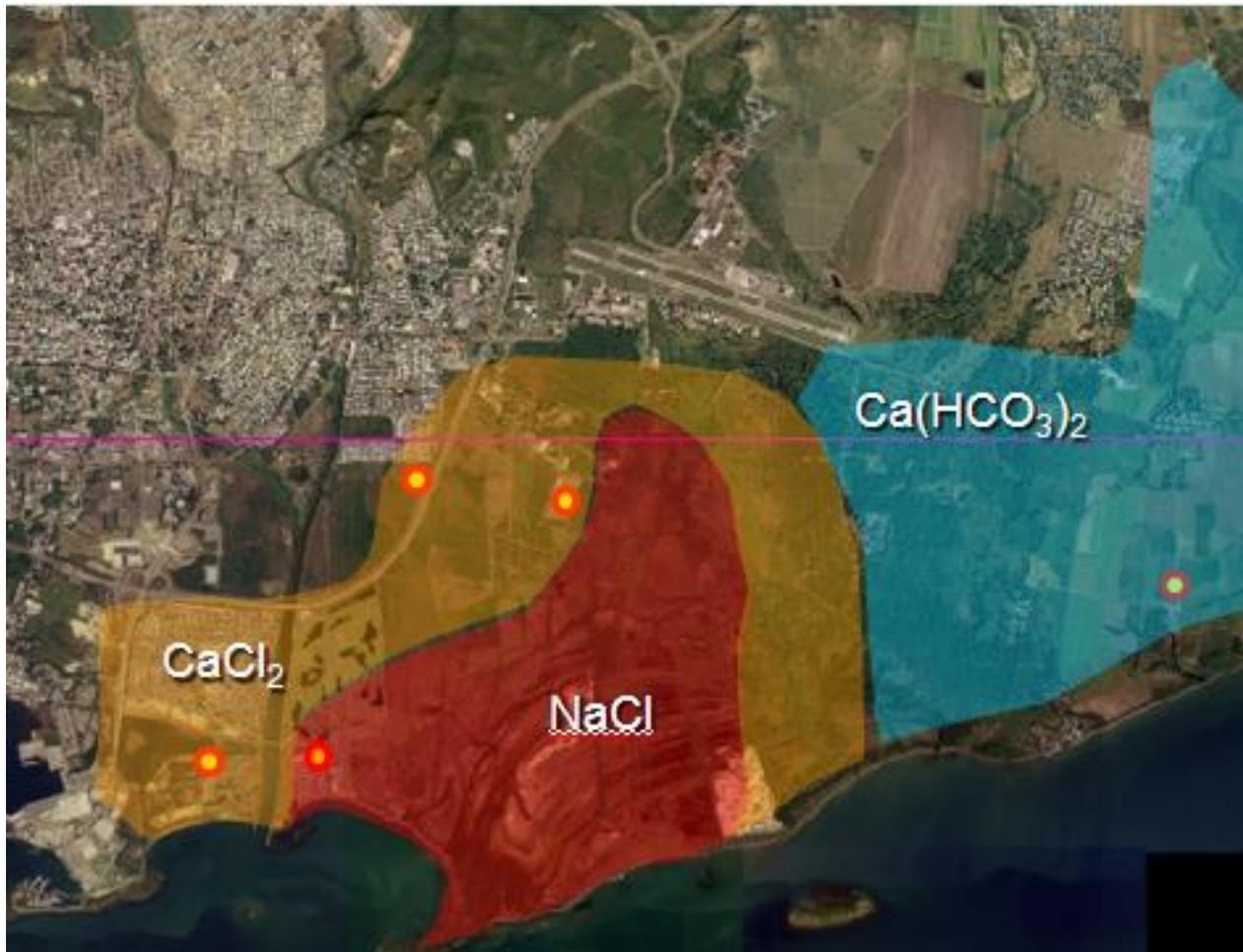


Ilustración 2. Mapa de la condición hidroquímica en el acuífero del área de Ponce, año 2012. Los puntos rojos representan los pozos cuya agua fue analizada por el USGS.
(Fuente: Rodríguez & Gómez, 2009).

Juana Díaz:

En el caso del acuífero de Juana Díaz, los tres pozos que el USGS toma y analiza muestras de agua, reflejan concentraciones de sólidos disueltos que se aproximan al límite de 500 mg/L establecido por la Agencia de Protección Ambiental Federal (EPA,

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

por sus siglas en inglés) para agua potable. Es por esta razón que el acuífero de Juana Díaz ha sido incluido en la Declaración como medida preventiva para evitar la consolidación de la tendencia al aumento de sólidos disueltos. En la Ilustración 3 se puede apreciar que actualmente este acuífero no presenta signos de intrusión salina.



Ilustración 3. Mapa de la condición hidroquímica en el acuífero del área de Juana Díaz, año 2012. Los puntos rojos representan los pozos cuya agua fue analizada por el USGS.
(Fuente: Rodríguez & Gómez, 2009).

Santa Isabel:

El acuífero de Santa Isabel es el que presenta el caso de contaminación más severo dentro del sistema de acuíferos del sur. Este acuífero sufre de una sobreexplotación aguda pues toda su población, junto con el 70% de la de Coamo, se abastece del agua de este acuífero. Esta sobre explotación ha resultado en el descenso de los niveles freáticos de hasta aproximadamente 14 pies bajo el nivel del mar, según datos del 2008 publicados por el USGS, en algunos sectores. Tal baja en los niveles freáticos ha hecho a este acuífero especialmente vulnerable a la intrusión salina, como se puede apreciar en la Ilustración 4. La zona sombreada de color mostaza e identificada con CaCl_2 , representa las áreas donde el agua ya ha perdido su potabilidad debido a los sólidos disueltos. En estas áreas se pueden detectar concentraciones de sólidos disueltos que sobrepasan el límite de para agua potable de 500 mg/L.

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

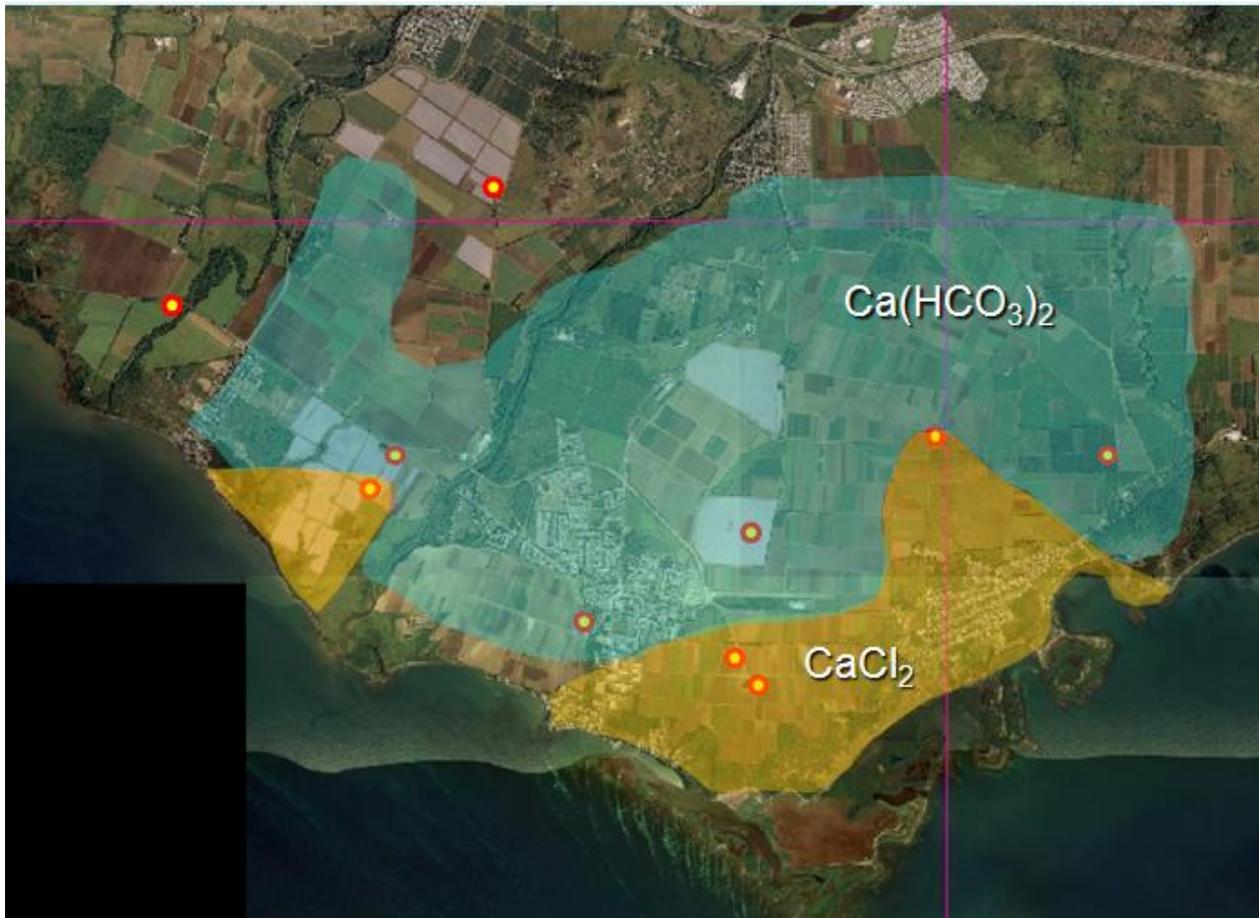


Ilustración 4. Mapa de la condición hidroquímica en el acuífero del área de Santa Isabel, periodo 2011-2012. Los puntos rojos representan los pozos cuya agua fue analizada por el USGS. (Fuente: Rodríguez, 2013).

En el caso del acuífero de Santa Isabel el USGS también pudo identificar contaminación con nitratos de origen agrícola, mayormente. El límite establecido por la EPA para agua potable para nitratos es de 10 mg/L, mientras que el USGS encontró concentraciones que sobrepasaban los 20 mg/L en el año 2013.

Salinas:

El acuífero de Salinas presenta un caso de sobreexplotación muy preocupante. En el caso de este acuífero, el mismo sirve como fuente de abasto para todo el municipio de Salinas. Al igual que el acuífero de Santa Isabel, la sobreexplotación del mismo ha causado un descenso de hasta 26 pies bajo el nivel del mar en los niveles freáticos. En la Ilustración 5 se puede apreciar cómo la intrusión salina se ha movido tierra adentro, limitando la potabilidad del agua en estas zonas.

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

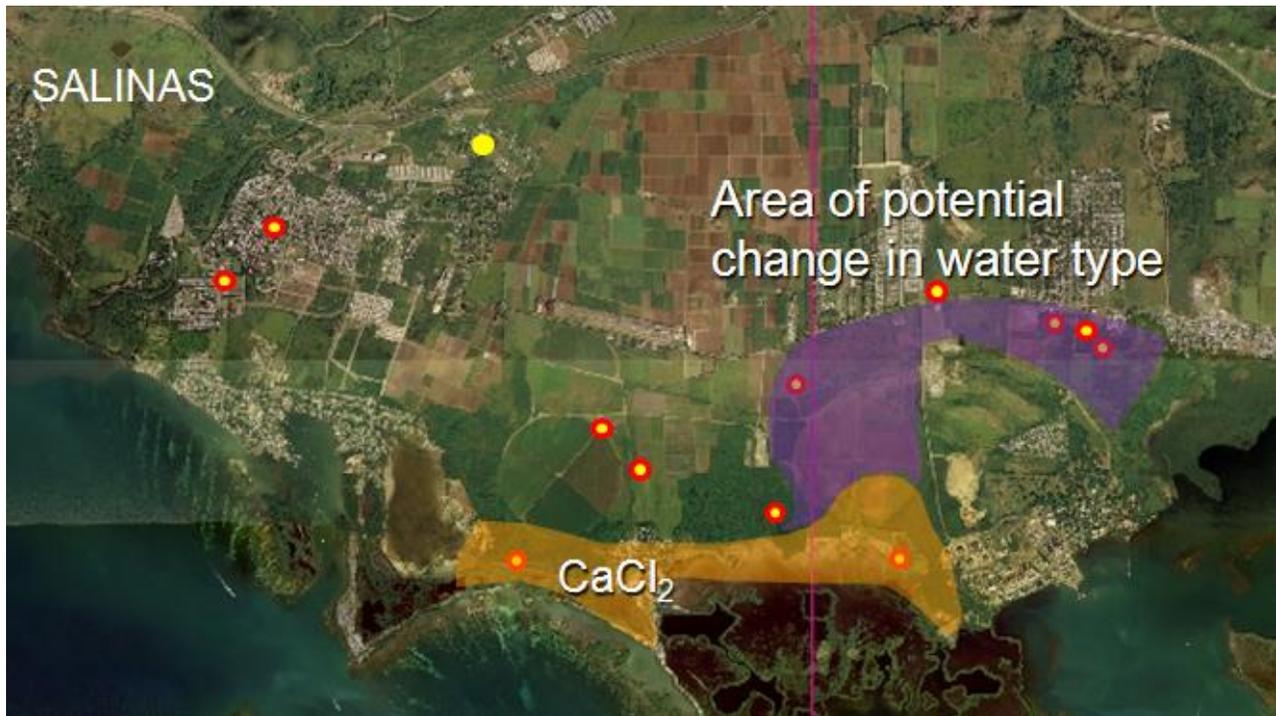


Ilustración 5. Mapa de la condición hidroquímica en el acuífero del área de Salinas, periodo 2011-2013. Los puntos rojos representan los pozos cuya agua fue analizada por el USGS. (Fuente: Kuniansky & Rodríguez, 2010).

El acuífero de Salinas también presenta concentraciones de nitratos que sobrepasan el límite de la EPA para agua potable de 10 mg/L. En el año 2002 el USGS encontró concentraciones de nitratos de 15 mg/L en algunos pozos. Las concentraciones de nitratos dan la impresión de haberse estabilizado. A pesar de esto, las mismas continúan estando por encima del límite de los 10 mg/L. (ver Tabla 1. Calidad de Aguas). En este caso, se encontró que las fuentes de los nitratos son los fertilizantes agrícolas, filtraciones de los pozos sépticos y los desechos de la industria avícola en el área localizada en la falda de las montañas.

Guayama:

La situación del acuífero de Guayama no es tan severa como la de los municipios de Santa Isabel y Salinas. Guayama, al igual que Juana Díaz, fue incluido en la Declaración como medida preventiva pues a pesar de que las concentraciones de sólidos disueltos reportadas por el USGS no sobrepasan los límites para agua potable, sí se han reportado concentraciones sumamente cercanas a los 500 mg/L.

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

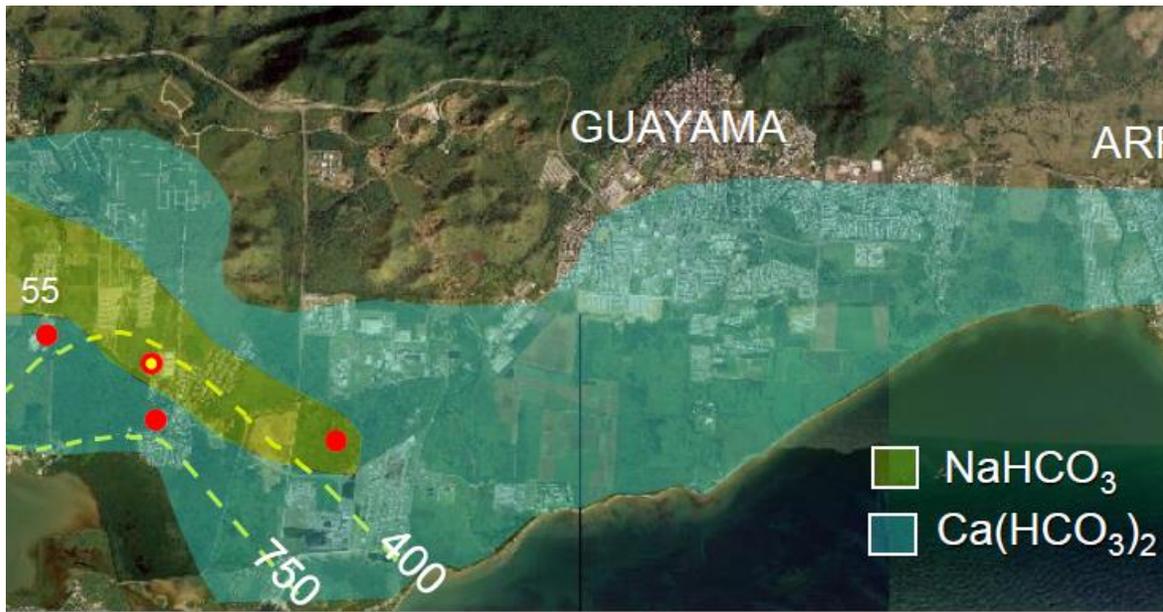
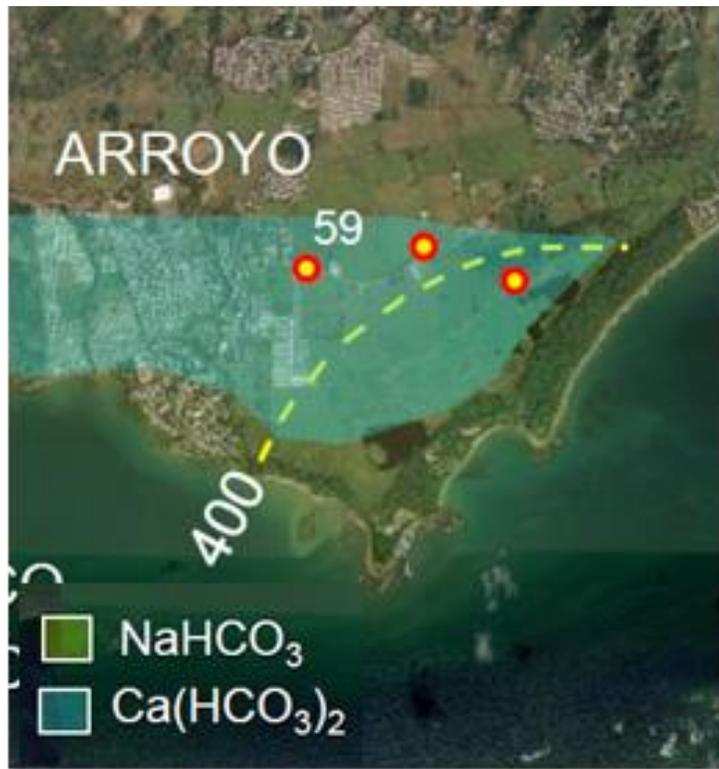


Ilustración 6. Mapa de la condición hidroquímica en el acuífero del área de Guayama, periodo 2007-2010. Los puntos rojos representan los pozos cuya agua fue analizada por el USGS. (Fuente: Rodríguez & Gómez, 2009).

Arroyo:

La situación con el acuífero de Arroyo es similar a la de los acuíferos de Juana Díaz y Guayama, pues las concentraciones de sólidos disueltos aún no han sobrepasado el límite de 500 mg/L para agua potable. Es importante resaltar que a pesar de que están por debajo del límite, sí están cerca del mismo. Algunos pozos en este acuífero presentan una tendencia clara de aumento en la cantidad de sólidos disueltos.

Ilustración 7. Mapa de la condición hidroquímica en el acuífero de Arroyo, periodo 2007-2010. Los puntos rojos representan los pozos cuya agua fue analizada por el USGS. (Fuente: Rodríguez & Gómez, 2009).



Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

Coamo:

Coamo ha sido incluido dentro de la Declaración a pesar de que no tienen un acuífero productivo en su territorio ya que parte de su territorio queda dentro de las zonas de recarga más importantes del acuífero de Santa Isabel, el río Coamo. Los usos del terreno en la cuenca del río Coamo afectan de manera directa la calidad del agua del acuífero. El patrón de desarrollo urbano del municipio de Coamo podría afectar el acuífero ya que la impermeabilización del terreno reduciría la recarga del acuífero de Santa Isabel, fuente de agua principal de agua potable del municipio.

Declaración de Área Crítica

La designación de la Declaración lleva consigo la implantación de acciones que tienen como objetivo a corto plazo estabilizar la condición del acuífero, para evitar la continuación del deterioro severo que se puede observar actualmente en algunos de los acuíferos. El DRNA también pondera diferentes estrategias de recuperación a largo plazo que serán descritas en la sección de *Acciones Remediadoras* de este documento. A continuación se presentan las medidas propias de la Declaración.

En la Ilustración 8 se muestra la zona que ocupan los acuíferos de la región sur de la Isla que, debido a la condición desfavorable persistente durante décadas, se propone declarar como Área Crítica. El área geográfica cubierta por la Declaración incluye territorio de los municipios de Ponce, Juana Díaz, Santa Isabel, Salinas, Guayama, Arroyo y Coamo. El Área Crítica se ha dividido en dos áreas de interés según la magnitud de la condición crítica prevaleciente al 2014. Éstas son las siguientes:

Área de interés primario

Ésta es el área que presenta los casos más severos de intrusión salina y contaminación por nitratos. Está definida entre el río Descalabrado en Santa Isabel y el río Seco en Guayama. Parte de Ponce también es considerada de Interés Primario, limitada entre el río Inabón al este, el río Bucaná al oeste y las carreteras Núm. 52 y la Núm. 2 al norte, correspondiendo con la zona conocida como Punta Cabuyones y el área inmediatamente circundante (ver Ilustración 7).

Para el área de interés primario no se considerará la construcción de pozos nuevos, extracciones nuevas ni aumento en extracciones. Para el área de interés primario también se propone como estrategia de mitigación la reducción de extracciones, la sustitución de fuentes para los usuarios que tengan otra fuente disponible y estrategias para la recuperación de acuíferos para revertir los daños presentes. Acciones todas que se rigen por el Reglamento Núm. 6213, Reglamento para el aprovechamiento, uso, conservación y administración de las aguas de Puerto Rico y la Ley de Aguas.



Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

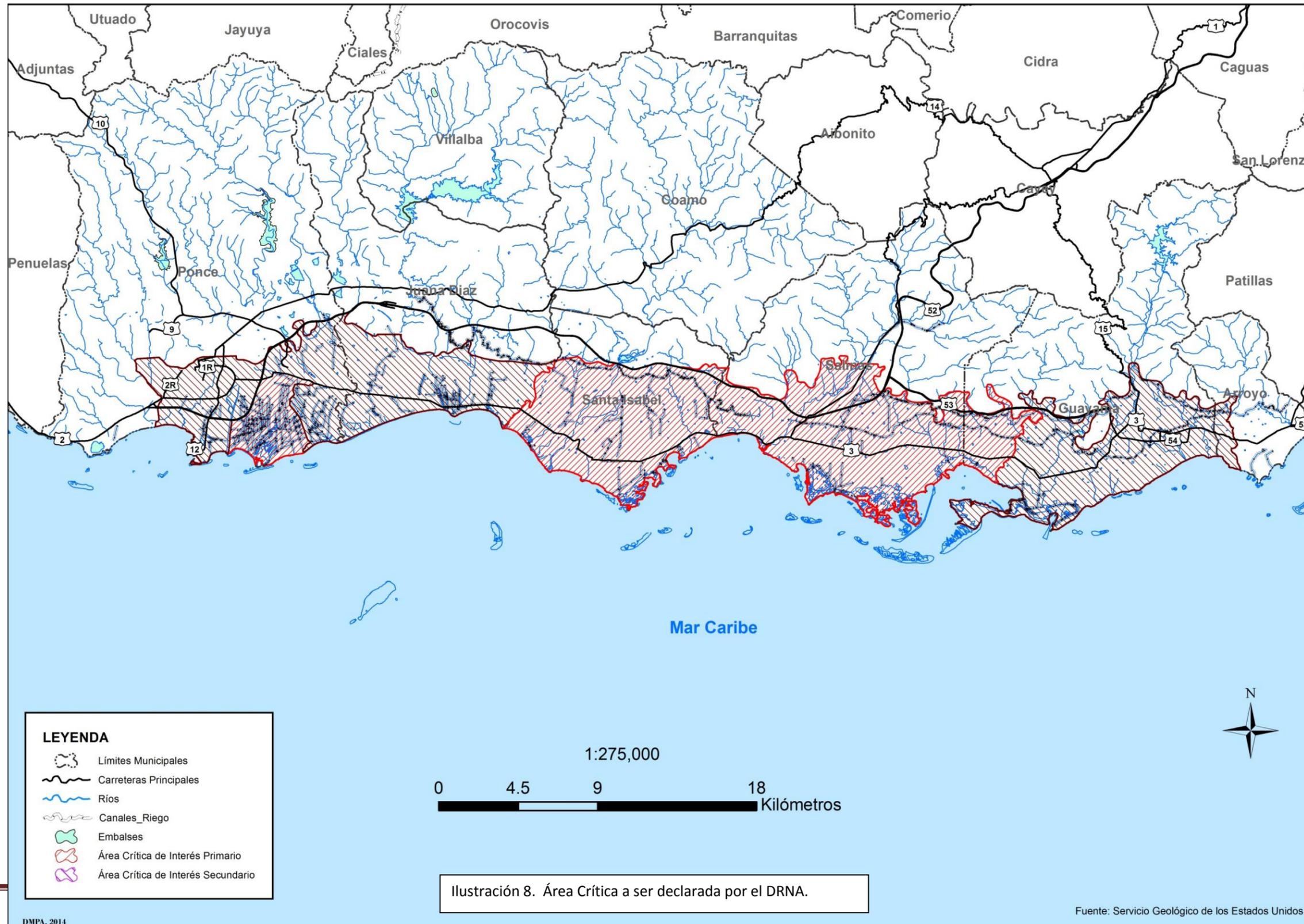


Ilustración 8. Área Crítica a ser declarada por el DRNA.

Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos



DMPA, 2014

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

Las franquicias vigentes dentro de la zona de interés primario serán analizadas en el DRNA para ver de qué manera las mismas necesitan ser modificadas para reducir su impacto en los acuíferos.

Área de interés secundario

Esta área está dividida en dos partes, ubicándose éstas al lado oeste y este del área de interés primario. El primer segmento está definido al oeste entre el río Descalabrado, en Santa Isabel, y los ríos Matilde y Pastillo, en Ponce. El segundo segmento, al este, está definido entre los ríos Seco, en Guayama, y el Nigua, en Arroyo. El municipio de Coamo también es incluido dentro del área secundaria.

Esta área es considerada como un área de vigilancia preventiva, para la que el DRNA considerará solicitudes para la construcción de pozos y para la extracción de agua del acuífero, según la particularidad y situación del acuífero en cada caso. No se podrá determinar cuáles permisos y franquicias se concederán o renovaran sin antes haber evaluado la hidrogeología del lugar. Esta área es incluida en la Declaración como medida preventiva para evitar un descenso mayor en los niveles freáticos y el incremento de sólidos disueltos, que ya presenta tendencias en algunas áreas y en otras presenta señales de inicio o vulnerabilidad.

Cualquier aumento en la extracción de agua de los acuíferos incluidos en la Declaración podría poner en riesgo la integridad del recurso y la seguridad pública, ya que podría aumentar la intrusión de agua salina y podría provocar el movimiento hacia la superficie de aguas profundas de inferior calidad, comprometiendo la fuente y creando por lo tanto una situación de escasez del recurso. Es por esto que se hace necesario evaluar las extracciones nuevas, en el caso del área secundaria, y las existentes, en el caso del área primaria, tanto de manera individual como su efecto colectivo.

Vistas públicas

Se celebran vistas públicas en cumplimiento con los estatutos citados anteriormente (Ley de Aguas y su reglamento). Las vistas públicas tienen dos propósitos:

1. Orientar a las personas con interés (usuarios del recurso y administradores gubernamentales) y al público en general, sobre el porqué es necesario tomar medidas adicionales para conservar hábiles los acuíferos del sur para todos los posibles usos de éstos.
2. Obtener información adicional sobre el estado y condición de los acuíferos así como comentarios al proceso y acciones propuestas.

Luego de las vistas públicas, se estudiará y analizará la información recibida. Tomando en consideración el objetivo que persigue la actividad de Declaración de Área Crítica, se incorporaran aquellos comentarios que se entiendan necesarios para lograr el fin que persigue el proyecto. Todas y cada una de las recomendaciones serán analizadas



Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

y así se documentará en un informe que sobre el proceso de las vistas públicas se habrá de preparar. Aquellas acciones que se entiendan deben ser incorporadas como medida de acción a seguir e implantar, serán incluidas como parte del proyecto en la etapa que corresponda.

Acciones Remediadoras para el área de interés primario

Además de la veda de permisos para el Área de Interés Primario y a la enmienda a las condiciones de franquicias, el DRNA llevará a cabo acciones remediadoras adicionales para lograr la recuperación del acuífero y asegurar la permanencia de esta importante fuente de abasto de agua para la región. A continuación una descripción breve de las acciones que el DRNA tiene programado llevar a cabo.

Corto plazo

- Se continuará con la veda al hincado de pozos.
- No se autorizaran aumentos a los caudales autorizados a extraer al presente de pozos existentes y activos (en operación)
- Análisis y modificación de franquicias.
 - Reducción en el volumen de extracción de pozos activos al presente.
 - Variación en la operación de los pozos. La variación puede ser en horario de operación de los pozos.
 - Requerir metro para medir extracción en todo pozo autorizado a operar.
- Cierre de pozos no autorizados a operar.
- Revisión y comentarios a los Planes de Ordenamiento Territorial para que se ajusten a las necesidades de protección de las zonas de recarga de los acuíferos aluviales en cada municipio, que es su fuente de agua potable.
- Reducción de pérdidas en los sistemas de la AAA que extraen y distribuyen agua subterránea potabilizada.
- Declarar como política pública el no desarrollo de proyectos nuevos, residenciales y de otra naturaleza, que dependan de aguas que están comprometidas con la recuperación del área crítica.

Mediano plazo

- Sustitución de fuente de abasto, cambio de agua subterránea a agua superficial.
- Promover la eficiencia en la extracción y uso del agua.
- Reducción de pérdidas en los sistemas de la AAA que extraen y distribuyen agua subterránea potabilizada.
- Expandir el sistema de monitoreo de las condiciones de los acuíferos para poder medir con precisión los efectos de las estrategias que se implanten.



Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

- Desarrollar un proceso de administración que permita dar seguimiento a las estrategias establecidas para la recuperación de los acuíferos.

Largo plazo

- Reducción de pérdidas en los sistemas de la AAA que extraen y distribuyen agua subterránea potabilizada.
- Expandir el sistema de monitoreo de las condiciones de los acuíferos para poder medir con precisión los efectos de las estrategias que se implanten.
- Sustitución de fuente de abasto, cambio de agua subterránea a agua superficial.
- Continuar brindando seguimiento a las estrategias establecidas para la recuperación de los acuíferos.
- Recarga artificial de los acuíferos con agua de fuentes superficiales de forma continua.

Los proyectos de recarga de acuíferos se realizarán en los municipios de Santa Isabel y Salinas. De manera general, los proyectos de recarga conllevarán la identificación de terrenos disponibles con alta permeabilidad para recargar los acuíferos en zonas estratégicas. El agua para la recarga provendrá de fuentes de agua superficial que ya se han confirmado están disponibles para este propósito.

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

Calidad de las aguas de los acuíferos

La tabla a continuación presenta las concentraciones de los sólidos disueltos totales y nitratos para los pozos analizados por el USGS en los acuíferos estudiados.

Tabla 1. Calidad de las aguas

Municipio	Pozo	Sólidos Disueltos Totales (mg/L) (lectura más reciente)	Año de lectura	Nitratos (mg/L)	Año de lectura
Límite establecido por la EPA para agua potable		500 mg/L		10 mg/L	
Ponce	Pozo 1	1,414	2012	--	--
	Pozo 2	1,575	2011	--	--
	Pozo 3	635	2012	--	--
	Pozo 4	1,013	2012	--	--
Juana Díaz	Pozo 5	420	2011	3.69	2014
	Pozo 6	407	2012	4.98	2013
	Pozo 7	426	2011	--	--
	Pozo 8	503	2011	--	--
	Pozo 9	414	2011	--	--
Santa Isabel	Pozo 10	438	2011	--	--
	Pozo 11	591	2012	23.1	2013
	Pozo 12	617	2012	20.6	2013
	Pozo 13	1,098	2012	8.95	2013



Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

Municipio	Pozo	Sólidos Disueltos Totales (mg/L) (lectura más reciente)	Año de lectura	Nitratos (mg/L)	Año de lectura
	Pozo 14	619	2012	13.5	2013
	Pozo 15	791	2012	21.1	2013
	Pozo 16	653	2012	15.1	2012
	Pozo 17	521	2012	--	--
	Pozo 18	638	2012	--	--
	Pozo 19	1,604	2007	--	--
	Pozo 20	702	2012	7.88	2013
Salinas	Pozo 21	530	2012	--	--
	Pozo 22	515	2012	--	--
	Pozo 23	612	2007	--	--
	Pozo 24	2,870	2012	--	--
	Pozo 25	17,930	2012	--	--
	Pozo 26	505	2011	8.40	2011
	Pozo 27	471	2012	--	--
	Pozo 28	630	2012	12.1	2013
	Pozo 29	500	2012	3.42	2012
	Pozo 30	3,535	2012	2.28	2012
	Pozo 31	478	2011	3.7	2011
	Pozo 32	560	2012	6.7	2013

Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

Municipio	Pozo	Sólidos Disueltos Totales (mg/L) (lectura más reciente)	Año de lectura	Nitratos (mg/L)	Año de lectura
	Pozo 33	639	2012	--	--
	Pozo 34	688	2011	--	--
Guayama	Pozo 35	396	2011	--	--
	Pozo 36	494	2012	--	--
	Pozo 37	348	2011	--	--
	Pozo 38	359	2012	2.1	2011
Arroyo	Pozo 39	355	2012	--	--
	Pozo 40	430	2011	--	--

Nota: Los datos sombreados de rojo sobrepasan los límites establecidos por la EPA para agua potable.
Fuente: USGS, 2014.



Informe Técnico para la Declaración de Área Crítica Acuíferos del Sur

Referencias

1. DRNA, Plan Integral de Recursos de Agua de Puerto Rico, 2008.
2. DRNA, Reglamento para el aprovechamiento, uso, conservación y administración de las aguas de Puerto Rico, 2000, 76p.
3. Kuniansky, E.L., and Rodríguez, J.M., 2010, Effects of Changes in Irrigation Practices and Aquifer Development on Groundwater Discharge to the Jobos Bay National Estuarine Research Reserve near Salinas, Puerto Rico: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5022, 106 p.
4. Ley de Aguas de Puerto Rico, Ley Núm. 136 de 3 de junio de 1976, según enmendada
5. Rodríguez, J.M., 2013, Evaluation of groundwater quality and selected hydrologic conditions in the South Coast aquifer, Santa Isabel area, Puerto Rico, 2008-09: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2012-5254, 36 p.
6. Rodríguez, J.M., and Gómez-Gómez, F., 2009, Groundwater quality survey of the south coast aquifer of Puerto Rico, April 2 through May 30, 2007: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Map 3092, 1 sheet.
7. USGS, 2014. Información obtenida de la página de internet del Servicio Geológico Federal el 3 de noviembre de 2014
http://pr.water.usgs.gov/projects/GW_quality_monitoring/sampled_wells.php

