



Mignaqui, Vera

Puna, litio y agua : estimaciones preliminares para reflexionar sobre el impacto en el recurso hídrico



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Mignaqui, V. (2019). Puna, litio y agua: estimaciones preliminares para reflexionar sobre el impacto en el recurso hídrico. *Revista de Ciencias Sociales*, 10(36), 37-55. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes
<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/3508>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Vera Mignaqui

Puna, litio y agua

**ESTIMACIONES PRELIMINARES PARA REFLEXIONAR
SOBRE EL IMPACTO EN EL RECURSO HÍDRICO**

El crecimiento de la extracción del litio por el cambio hacia autos eléctricos

Desde 1950, el foco único en crecimiento económico ha generado impactos a nivel mundial que están afectando la sostenibilidad de las condiciones ambientales del ecosistema terrestre (Rockstrom *et al.*, 2009; UNEP, 2012; Steffen *et al.*, 2015; Foster 2017), principalmente causados por los niveles de consumo de América del Norte y Europa (UNEP, 2012), aunque la producción para satisfacer ese consumo no esté totalmente radicada en esas regiones. Son varios los indicadores ambientales que presentan una alteración de los límites a partir de los cuales los riesgos de cambios abruptos son relevantes, entre ellos la biodiversidad, los flujos del nitrógeno y el fósforo, el cambio en el uso de la tierra y el cambio climático (Steffen *et al.*, 2015), poniendo en riesgo la estabilidad del ecosistema terrestre tal como la conocemos. Si bien las fuentes directas del sobrepaso de estos límites se estudian en función de los datos concretos de indicadores ambientales, las causas sociales que podrían considerarse como primordiales son un foco exagerado en el crecimiento económico orientado al aumento constante de la producción y el consumo, con una severa desvinculación de saberes, un generalizado desconocimiento de la dinámica ecosistémica y una falta de control, monitoreo y regulación de impactos ambientales en general y consolidados tanto a nivel local como regional y planetario.

En respuesta a estos problemas, el desarrollo sostenible entró en agenda internacional para intentar mantener estables las condiciones de vida humana en la Tierra y minimizar el impacto de los cambios que ya no puedan revertirse. Desde 1987, con el informe

“Nuestro Futuro Común”, comienza a formalizarse el debate, teniendo como hitos la Cumbre de la Tierra (1972, 1992, 2002, 2012), el Protocolo de Kyoto (1997), la firma de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015), el Acuerdo de París (2016), entre otros.

En respuesta a uno de estos problemas ambientales en particular, el del cambio climático generado por la emisión de gases de efecto invernadero, en gran medida por la quema de combustibles fósiles, es que se impulsa la industria de los autos eléctricos en reemplazo de los de combustión. Los autos eléctricos requieren baterías para el almacenamiento de energía y ahí es cuando el litio entra como jugador relevante en el nuevo escenario mundial. Se espera que el mercado de litio crezca de 2.000 millones a 7.700 millones de dólares para 2022 (Ministerio de Energía y Minería, 2017), motivado principalmente por el aumento en la producción de baterías, que pasará del 39% de la demanda (2016) al 70% en 2026 (*ibidem*).

Es importante aclarar que este fomento al mercado de autos eléctricos como posible medida de disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero tiene un enfoque *tecnocentrista* (Lacabana y Mignaqui, 2017), ya que no cuestiona la lógica de esta demanda de movilidad ni plantea una disminución de consumos, sino un mero reemplazo por energías más limpias para mantener los niveles de consumo de los países del norte, que, sabemos, son insostenibles, aunque se propulsen con energías renovables.

El rol de la Puna argentina en el mercado de carbonato de litio

Argentina tiene un rol relevante en el mercado del carbonato de litio como insumo para las baterías, ya que junto a Chile y Bolivia tienen el 68% de los recursos de litio a nivel mundial y más del 80% del litio en salmuera. Está entre los primeros cuatro países en términos de reservas y entre los primeros tres productores de litio (Ministerio de Energía y Minería, 2017). Las reservas de litio en salmuera presentan menores costos de extracción en comparación con la extracción a partir de roca (Castello y Kloster, 2015).

La mayor parte de las reservas de Argentina se encuentran en los salares de la cuenca Cerrada de la Puna. Actualmente existen dos empresas en operación y varias en etapas de exploración en distintos grados de avance (Ministerio de Energía y Minería, 2017). Las expectativas del gobierno nacional respecto de la producción futura de carbonato de litio son muy positivas, esperando que la capacidad instalada de producción pase de 37.500 toneladas en

2017 a 331.000 en 2022, de los cuales 296.000 se encontrarán en salares de la Puna (Ministerio de Energía y Minería, 2017).

La cuenca Cerradas de la Puna se encuentra al noroeste de Argentina (mapa 1) y comprende parte de las provincias de Catamarca, Salta y Jujuy.

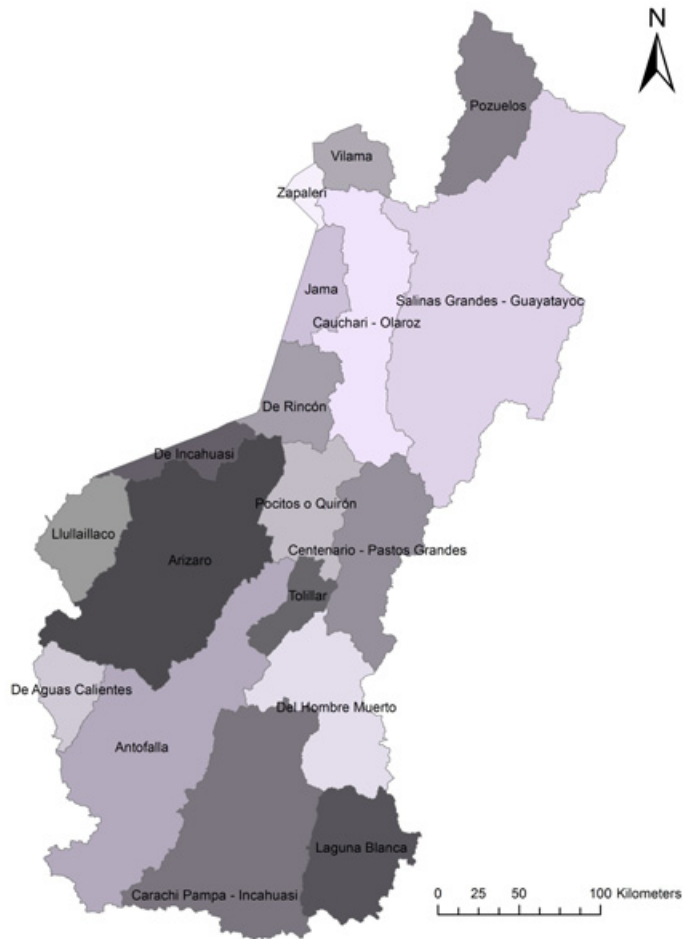
Mapa 1. Ubicación de la cuenca Cerradas de la Puna



Fuente: Pablo Lacabana, Laboratorio SIG, PIIdISA, UNQ, en base a Dente y Martínez (2018).

La zona de la Puna donde se encuentra la mayoría de los salares está compuesta por dieciocho subcuencas hídricas cerradas (mapa 2), en cuya zona más baja suelen ubicarse las lagunas o salares (Paoli *et al.*, 2011).

Mapa 2. Cuencas hídricas cerradas de la Puna



Fuente: Pablo Lacabana, Laboratorio SIG, PIidISA, UNQ, en base a Paoli *et al.* (2011)

Actualmente existe extracción de litio en dos de las subcuencas, la del Hombre Muerto y la de Cauchari-Olaroz. Las proyecciones del gobierno aspiran a tener extracción en seis subcuencas para 2022 (tabla 1).

Tabla 1. Detalle de la capacidad instalada actual y proyectada por subcuenca de la Puna

Subcuenca	Capacidad instalada 2017 (t LCE)	Capacidad proyectada 2022 (t LCE)
1. Antofalla		
2. Laguna Blanca		
3. Carachi Pampa - Incahuasi		
4. Del Hombre Muerto	20.000	81.000
5. De Aguas Calientes		
6. Salinas Grandes - Guayatayoc		20.000
7. Del Rincón		50.000
8. Pocitos o Quirón		
9. Arizaro		
10. De Incahuasi		
11. Lullailaco		
12. Centenario - Pastos Grandes		35.000
13. Tolillar		
14. Vilama		
15. Zapaleri		
16. Jama		
17. Cauchari - Olaroz	17.500	85.000
18. Pozuelos		25.000
TOTAL Puna	37.500	296.000

Fuente: elaboración propia en base a Ministerio de Energía y Minería (2017).

Preocupación por el impacto de la extracción del litio en la dinámica hídrica de la Puna

Diversas instituciones y autores han señalado la necesidad de estudiar el impacto de la extracción del litio en salmuera de la Puna argentina en el balance hídrico de la región (Naciones Unidas, 2010;

Gallardo, 2011; Castello y Kloster, 2015; Puente y Argento, 2015; Anlauf, 2015).

En 2010, dentro de las principales conclusiones y recomendaciones de la Reunión del Grupo de Expertos Senior sobre el Desarrollo Sostenible del Litio en América Latina afirmaron que “la extracción de litio a través de la evaporación de salmueras en salares puede tener impactos significativos en el delicado equilibrio de los suministros de agua”; además, que “estudios exhaustivos de impacto medioambiental y de monitoreo son esenciales para impedir, minimizar y mitigar cualquier impacto negativo en la flora y fauna así como en los ecosistemas de los salares y las áreas adjuntas” (Naciones Unidas, 2010, p. 2).

En 2012, un reporte de la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) y el Centro de Investigación y Documentación Bolivia (CEDIB) comentaba que “las comunidades indígenas (de Argentina) que habitan las zonas desean poder seguir viviendo del modo que lo hacen ancestralmente, y temen que la extracción de litio en el lugar pueda afectar ese vivir” (FARN y CEDIB, 2012, p. 6). Respecto de los impactos ambientales, el reporte expresa que “es uno de los puntos en los que resultó más difícil recabar información fehaciente y respecto del cual será necesario ahondar en un futuro” (p. 26).

Con la intención de construir consensos sobre la necesidad de evaluar el impacto de la extracción del litio en salmuera sobre la dinámica hídrica de la región, aportamos estos análisis y discusiones para enriquecer dicho debate.

La Puna es una región de cuencas endorreicas, esto es, cuencas cerradas, sin salida al mar. El agua está presente en reservorios – por ejemplo, lagos, humedales, salares, ríos permanentes– y transita a través de flujos –por ejemplo, precipitación, evaporación, escorrentía, infiltración, usos para el desarrollo del ambiente, como el las plantas para crecer–. Estos flujos componen el ciclo del agua y junto con los reservorios son los componentes del balance hídrico. Sin la intervención de las personas, en un año la cantidad de agua en los reservorios suele asumirse constante y los flujos compensarse entre sí, aunque se presentan ciclos mayores a los anuales de recarga de acuíferos. Para ejemplificar: el agua que llega a la región por precipitación fluye a través de ríos o arroyos, a través del terreno superficialmente o de manera subterránea, o es absorbida por la flora y fauna del ambiente para luego ser evaporada y volver a la atmósfera.

La extracción del litio en salmuera y la producción de carbonato de litio afectan tanto al agua en reservorio como a los flujos, poniendo en riesgo toda la dinámica del ecosistema, ya que la zona de la Puna es una región donde el agua es el factor determinante

del comportamiento del ecosistema debido a su escasez (Izquierdo y Grau, 2016; Izquierdo *et al.*, 2018). En el caso de los reservorios, la extracción del agua rica en litio afecta la cantidad de agua salobre de los salares y del agua dulce asociada a los mismos. Al “vaciar” el salar, se origina una depresión de los niveles de agua que genera una variación de las condiciones de equilibrio y altera la composición y la cantidad de agua en el reservorio (Izquierdo *et al.*, 2016, 2018; Flexer y Galli, 2018; Sticco, 2018). Esto impacta no solo en el salar, sino también en los humedales asociados (Izquierdo y Grau, 2016; Izquierdo *et al.*, 2018). Esta extracción es no sostenible por definición; lo único que se puede regular es la velocidad del vaciamiento para minimizar los impactos, retrasarlos lo más posible o estudiar el reemplazo de las tecnologías de extracción por otras que obtengan el litio sin la necesidad de vaciar de agua los salares.

En el caso de los flujos, la producción de carbonato de litio extrae agua dulce para parte del proceso. Para que este consumo sea sostenible debe ser menor que la cantidad de agua dulce que fluye y se recarga anualmente con las precipitaciones, descontando los requerimientos de agua para otros servicios ambientales o usos humanos. Si las extracciones netas –sin devolución en condiciones al ambiente– superan estos flujos anuales, significa que se está tomando agua de reservorios y “secando el ambiente”, generando un impacto negativo. Es el caso de la extracción de la salmuera para obtener el litio.

Toda actividad humana genera un impacto en el ambiente; nuestro modo de vida moderno e industrializado no puede existir de otro modo. Sin embargo, es necesario estudiar y entender la dimensión de tales impactos para evaluar cuán conveniente es seguir con la actividad extractiva, mejorar sus tecnologías de extracción, cambiarla por alguna alternativa o al menos regularla para minimizar los daños sobre las regiones donde se genera.

El estudio del uso del agua para la extracción y el procesamiento del litio no solo se da en una región donde el agua es el factor determinante de la dinámica del ecosistema, sino también que gran parte de la Puna se encuentra dentro de los marcos de Reservas de Biósfera, Sitios Ramsar o Áreas Protegidas Provinciales (Izquierdo y Grau, 2016; Izquierdo *et al.*, 2018), con distintos grados de restricciones y requerimientos de conservación (mapa 3). Al afectar la dinámica hídrica, se altera la dinámica ecosistémica, poniendo en riesgo los objetivos de conservación.

En este contexto, la intención de este análisis es tener una primera estimación del impacto en el balance hídrico de la Puna por la extracción de litio en salmuera actual y a futuro según la producción esperada.

Mapa 3. Áreas protegidas de la Puna



Fuente: Pablo Lacabana, Laboratorio SIG, PIIDISA, UNQ, en base a Izquierdo *et al.* (2018).

Impacto sobre los reservorios: vaciamiento de reservas de agua salobre

Un cálculo que suele hacerse en la industria extractiva es cuántos años de reservas remanentes quedan con los actuales niveles de producción. Suele ser un número consolidado que divide el total de las reservas sobre la capacidad de producción actual. En Argentina, para el caso del litio en salmuera, consideramos el total de reservas publicado por el Ministerio de Energía y Minería (2017), 5.039.000 toneladas de carbonato de litio equivalente (LCE), mencionando que es llamativo que en el informe no se incluyan las re-

servas del salar de Olaroz, que ya está en producción. Teniendo en cuenta esta omisión, haciendo el cálculo considerando solamente la capacidad instalada del salar del Hombre Muerto de 20.000 t/año (Ministerio de Energía y Minería, 2017) y asumiendo que iguala a la producción, la tasa de reservas sobre producción estima que las mismas alcanzarán para unos 252 años. Sin embargo, si se hace el cálculo considerando solo las reservas del salar del Hombre Muerto (1.200.000 toneladas de LCE) sobre su producción (20.000 t/año) (Ministerio de Energía y Minería 2017), la tasa da sesenta años, una reducción bastante importante en las expectativas de vida del salar, que en poco más de medio siglo estará vacío. Salvo que se realice un trabajo de reinyección de agua salobre, el impacto en el ecosistema será relevante.

Con este primer ejemplo puede observarse que los impactos toman otra dimensión al analizarlos por subcuenca hídrica, ya que al hacerlo a nivel nacional se pierde el mayor nivel de explotación en las subcuencas operativas y se licua el impacto local. En Argentina, hay dos empresas en operación en dos salares; en caso de concretarse las proyecciones a 2022, los salares operativos estarán ubicados en seis subcuencas de la Puna (Ministerio de Energía y Minería, 2017) cuyos impactos particulares deben evaluarse de manera independiente.

Para el caso de los salares de los que se tienen datos de reservas, y considerando la capacidad proyectada a 2022 por el gobierno, se estima que a esa tasa de producción en menos de treinta años se vaciarán los salares del Hombre Muerto, Rincón y Cauchari-Olaroz. Incluso entendiendo que una vez construidas las instalaciones de extracción y procesamiento se requieren entre dos y cuatro años para alcanzar la producción óptima. Una vez en operación, en solamente cuatro a seis años se vaciará el 20% del salar, una magnitud nada despreciable en un contexto donde el agua es el determinante de equilibrio del ecosistema. Pueden observarse los detalles de la estimación en la tabla 2.

Estos niveles no son despreciables, y los efectos tanto sobre la dinámica hídrica del ecosistema en general como en la relación agua dulce/agua salobre dentro del salar deben ser.

Impacto sobre los flujos: extracción de agua dulce sobre agua disponible renovable anual

Para medir el impacto ocasionado en los flujos de agua dulce por el consumo en la extracción y el procesamiento del litio usaremos un indicador de estrés hídrico (WSI) desarrollado por Vladimir

Tabla 2. Estimación de tasa de reservas / capacidad proyectada para salares a 2022 y cantidad de años en que se vaciará el 20%

Subcuenca	Capacidad instalada 2017 (t LCE)	Capacidad proyectada 2022 (t LCE)	Reservas (t LCE)	Recursos* (t LCE)	Reservas / Capacidad proyectada (años)	Años que tardará en vaciar el 20%
1. Antofalla						
2. Laguna Blanca						
3. Carachi Pampa - Incahuasi						
4. Del Hombre Muerto	20.000	81.000	2.339.000	7.323.000	29	6
5. De Aguas Calientes						
6. Salinas Grandes - Guayatayoc		20.000		239.000	Sin datos de reservas	
7. Del Rincón		50.000	1.200.000	8.300.000	24	5
8. Pocitos o Quirón						
9. Arizaro						
10. De Incahuasi						
11. Llullaillaco				1.866.000		
12. Centenario - Pastos Grandes		35.000		5.953.000	Sin datos de reservas	
13. Tolillar						
14. Vilama						
15. Zapaleri						
16. Jama						
17. Cauchari - Olaroz	17.500	85.000	1.500.000	18.662.830	18	4
18. Pozuelos		25.000			Sin datos de reservas	
TOTAL Puna	37.500	296.000	5.039.000	42.343.830		

* Incluye medidos, indicados e inferidos

Fuente: elaboración propia en base a Ministerio de Energía y Minería (2017).

Smakhtin que reconoce los requisitos ambientales de agua dentro de su cálculo (Brown y Matlock, 2011). Considera, por un lado, los consumos de agua dulce y, por otro, la disponibilidad de agua dulce renovable anual. Dentro de esta disponibilidad renovable descuenta los usos para servicios ecosistémicos, esto es, el consumo de agua dulce requerido por el ecosistema para mantener sus características y funcionamiento. La escorrentía media anual superficial (MAR) se utiliza como un proxy de la disponibilidad total de agua, y los requisitos ambientales de agua estimados (EWR) se expresan como un porcentaje de la escorrentía anual media superficial a largo plazo que debe reservarse para fines ambientales. Este indicador se calcula a nivel cuenca. En el numerador se consideran los consumos antrópicos del agua (CONS) en toda la cuenca, tanto agropecuarios como industriales o municipales –incluyendo domésticos, comerciales, entre otros, esto es, todo uso del agua dentro del casco urbano–.

En esta estimación preliminar consideraremos solamente los consumos de agua debidos a la extracción y el procesamiento del litio, por lo que el nivel de estrés que obtengamos estará subdimensionado.

$$WSI = \text{CONS} / (\text{MAR} - \text{EWR})$$

Para determinar cada uno de estos parámetros para cada subcuenca deben realizarse algunos supuestos, ya que la disponibilidad de información pública y oficial es escasa, si no inexistente. Es por eso que estimar el impacto de la extracción de agua dulce para el procesamiento y la producción del carbonato de litio sobre el agua disponible renovable anual es aún más complicado que en el caso del vaciamiento, debido a la falta de datos oficiales. Igualmente, basados en bibliografía y realizando algunos supuestos, se puede llegar a unas estimaciones preliminares para enriquecer el debate sobre el tema en cuestión.

Para el caso del numerador CONS usaremos como consumos de agua para extracción y procesamiento del carbonato de litio los datos de consumos de agua dulce por tonelada producida de LCE reportados por las empresas actualmente en operación en sus informes de sostenibilidad, aunque llama la atención que sean muy distintos. Así, se considera para el salar del Hombre Muerto un consumo de agua de 130 m³/t LCE según datos de FMC (2017); para el salar de Cauchari-Olaroz un consumo de agua de 41 m³/t LCE según datos de Orocobre (2017); y para el resto se supone un valor promedio de 86 m³/t LCE. Estos valores se multiplican por la capacidad proyectada en 2022 y se obtiene el consumo de agua por extracción y procesamiento de litio por subcuenca para ese año.

Para el caso del denominador, el EWR, que es la necesidad de agua para servicios ecosistémicos, se considerará un promedio de 25% según el rango propuesto por Smakhtin (2004) de 20-50%. Por lo que:

$$\text{EWR} = 0,25 \cdot \text{MAR}.$$

El MAR, que es la escorrentía media anual superficial, requiere un poco más de elaboración y supuestos para llegar a un valor a nivel subcuencas. Primero consideraremos que, del total que precipita en las subcuencas, el 5% se transforma en escorrentía superficial, tomando este supuesto basados en datos disponibles para los salares de Cauchari-Olaroz y Atacama, que son áreas de condiciones áridas o semiáridas comparables a las cuencas analizadas.

Para la cuenca de Cauchari-Olaroz, Burga *et al.* (2017) plantean que el 10% de la precipitación se transforma en infiltración más escorrentía superficial, y Houston y Gunn (2011) calculan que el 3% de la precipitación se transforma en escorrentía superficial. Para el salar de Atacama, Corenthal *et al.* (2016) plantean que el 6% de lo que precipita se transforma en escorrentía superficial. Basados en estos casos, tomamos un promedio de 5% para todas las subcuencas analizadas, por lo que, si multiplicamos los niveles de precipitación por subcuenca por el área de cada subcuenca y a eso le aplicamos el 5%, obtendremos el MAR para cada subcuenca estudiada. Los datos de precipitación los tomamos de Paoli *et al.* (2011), donde la mayoría de las subcuencas de la Puna presentan una precipitación promedio anual de 50 mm, salvo Pozuelos, que tiene una precipitación media anual de 300-350 mm (Paoli *et al.*, 2011); consideraremos 325 mm para la estimación. El área de cada subcuenca sale de los estudios de Paoli *et al.* (2011). Con todos estos datos, y ajustando las correspondientes unidades, se calcula:

$$\text{MAR} = 5\% \cdot \text{Precipitación media anual} \cdot \text{Superficie de la subcuenca}$$

Con los datos de MAR, CONS y EWR podemos estimar el índice de estrés hídrico para cada subcuenca que se espera tenga extracción al 2022. Los niveles del indicador de estrés hídrico representan distintos grados de explotación del recurso según se detalla en tabla 3. A medida que el nivel de explotación avanza, al aumentar el WSI, disminuye la disponibilidad de agua para servicios ecosistémicos, agravando el impacto sobre el ambiente.

Tabla 3. Categorización de escasez de agua según indicador de Smakhtin

Color	WSI	Grado de escasez ambiental de agua
	$WSI \geq 1$	Sobreexplotado
	$0,6 \leq WSI < 1$	Fuertemente explotado
	$0,3 \leq WSI < 0,6$	Moderadamente explotado
	$WSI < 0,3$	Ligeramente explotado

Fuente: elaboración propia en base a Brown y Matlock (2011).

Aplicando las fórmulas y los datos descritos, llegamos a los niveles de estrés hídrico por subcuenca que pueden verse en la tabla 4.

Tabla 4. Estimaciones de estrés hídrico por subcuenca de la Puna con proyección de extracción de litio a 2022

Subcuenca	Capacidad proyectada 2022 (t LCE)	Intensidad de consumo de agua por litio 2022 (m ³ /t LCE)	Consumo de agua por litio 2022 (m ³ /año)	Precipitación en la subcuenca (mm/año)	Superficie (km ²)	Escorrentía anual media superficial (m ³ /año)	Estrés hídrico para uso del agua por Litio
1. Antofalla				50	11.254,21		
2. Laguna Blanca				50	3.786,19		
3. Carachi Pampa - Incahuasi				50	9.494,34		
4. Del Hombre Muerto	81.000	130	10.530.000	50	4.823,18	12.057.950	1,2
5. De Aguas Calientes				50	1.538,59		
6. Salinas Grandes - Guayatayoc	20.000	86	1.720.000	50	17.552,11	43.880.275	0,1
7. Del Rincón	50.000	86	4.300.000	50	2.376,42	5.941.050	1,0
8. Pocitos o Quirón				50	3.006,21		
9. Arizaro				50	10.629,64		
10. De Incahuasi				50	1.223,54		
11. Llullaillaco				50	2.474,06		
12. Centenario - Pastos Grandes	35.000	86	3.010.000	50	4.453,43	11.133.575	0,4
13. Tolillar				50	1.253,32		
14. Vilama				50	1.393,07		
15. Zapaleri				50	506,21		
16. Jama				50	1.694,63		
17. Cauchari - Olaroz	85.000	41	3.485.000	50	5.794,04	14.485.100	0,3
18. Pozuelos	25.000	86	2.150.000	325	3.783,38	61.479.925	0,0

Fuente: elaboración propia.

Puede observarse que los resultados varían ampliamente entre subcuencas. Es importante aclarar el punto de la subestimación de este estrés, ya que no se está considerando el consumo de agua para otros usos, como el municipal, el industrial –incluyendo otros mineros– y el agropecuario. Solo considerando la demanda de agua dulce para la extracción y el procesamiento del litio se tienen niveles relevantes de estrés hídrico en cuatro de las seis subcuencas en las que se espera tener extracción al 2022. También es válido aclarar que esto permanece en caso de que la operación comience en años posteriores: el nivel de impacto anual para la proyección de capacidad considerada será el mismo.

Las subcuencas que se verán más afectadas son las del Hombre Muerto y la del Rincón, con un estrés hídrico que indica sobreexplotación del recurso. Las subcuencas de Centenario-Pastos Grandes y de Cauchari-Olaroz tendrán un nivel de explotación moderada. Por último, Salinas Grandes-Guayatayoc y Pozuelos tendrán niveles de ligera explotación del recurso, siendo las que menos verán afectado su ecosistema, aunque recordamos nuevamente que solo estamos considerando el uso del agua para la extracción del litio y no otros que pueda haber en dichas regiones, como el uso municipal, el agropecuario, etcétera.

Si bien estas estimaciones preliminares sirven de aporte para contribuir al debate, señalando que el impacto en la disponibilidad de agua dulce en la mayoría de las subcuencas donde se prevé extracción y procesamiento de litio será relevante, es importante mencionar la necesidad de ahondar en estudios de campo que nos permitan contar con información real de escorrentías superficiales, así como entender el detalle de las tecnologías de extracción y procesamiento de litio para tener valores ajustados a cada caso de consumo de agua.

Reflexiones para seguir avanzando

El crecimiento de la extracción del litio para la producción de baterías para autos eléctricos a nivel global tiene un impacto directo en la Puna argentina, debido a que en la misma se concentra gran cantidad de reservas. Este aumento de la extracción y el procesamiento del litio en la Puna genera preocupación por el impacto en la dinámica hídrica de la región, debido a que, al ser una zona de características áridas y semiáridas, el agua es el factor determinante de la dinámica ecosistémica.

Este artículo intenta aportar al debate realizando estimaciones de los impactos de dicha extracción y procesamiento tanto en los

reservorios como en los flujos de agua, llegando en ambos casos a concluir que en la dinámica hídrica de la región pueden llegar a ser en efecto muy relevantes.

En el caso de los reservorios, se estima que el vaciamiento de reservas de agua salobre, de concretarse las proyecciones anunciadas por el gobierno nacional, puede llegar a darse en menos de treinta años, en especial para los salares del Hombre Muerto, del Rincón y Cauchari-Olaroz, requiriendo solamente entre cuatro y seis años para vaciar el 20% del salar, una magnitud nada despreciable en un contexto donde el agua es el determinante de equilibrio del ecosistema.

Por otro lado, se estima que el impacto sobre los flujos de agua dulce disponible renovable serán relevantes en la mayoría de los salares donde se espera haya operación. Las subcuencas que se verán más afectadas son las del Hombre Muerto y del Rincón, con una extensiva sobreexplotación del recurso hídrico. Seguidas por las subcuencas de Centenario-Pastos Grandes y Cauchari-Olaroz, con una explotación moderada. Por último, Salinas Grandes-Guatayayoc y Pozuelos tendrán niveles de ligera explotación del recurso, siendo las que menos verán afectado su ecosistema. Sin olvidar que estas estimaciones solo consideran el uso del agua para la extracción del litio y no otros que actualmente pueda haber en dichas regiones, como el uso municipal, el agropecuario, el industrial, entre otros, que empeorarían los niveles de explotación.

La preocupación manifestada por diversas comunidades se muestra válida y fundada a la luz de los cálculos realizados, agravada en muchos de los casos por encontrarse los salares en áreas con objetivos de conservación. Estas estimaciones son preliminares, son números que requieren revisión y estudios hidrogeológicos en profundidad, tanto analíticos como mediciones en campo. Pero sirven para tomar consciencia del orden de magnitud del impacto esperable en caso de que las expectativas de producción se concreten. Aunque desde distintos análisis y perspectivas llegamos a la misma conclusión que otros autores, como Izquierdo y Grau (2016), Izquierdo *et al.* (2018) y Sticco (2018).

En este contexto, es importante reflexionar sobre el rol del Estado. Según el artículo 41 de la Constitución Nacional, el Estado debe garantizar un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo y actividades humanas sin comprometer las de las generaciones futuras y garantizando su preservación (Infoleg, 1995a). Además, la Ley General del Ambiente establece en su artículo 2 que la política ambiental nacional deberá cumplir con asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales; y en su artículo 18, que

las autoridades deberán informar sobre el estado del ambiente, considerando los impactos de las actividades antrópicas actuales y proyectadas (Infoleg, 2002). Por último, la Ley de protección ambiental para la actividad minera, en su artículo 18, establece que las empresas mineras que causen daño actual o residual al patrimonio ambiental estarán obligados a mitigarlo, rehabilitarlo, restaurarlo o recomponerlo (Infoleg, 1995b). Sin embargo, para poder controlar, monitorear y regular cualquier actividad y exigir la remediación ambiental a las empresas que causaren daño, es necesario contar con la información necesaria. Las investigaciones recientes sobre el impacto ambiental de la extracción y el procesamiento del litio en salmuera en la Puna argentina indican que será relevante de concretarse las expectativas de producción. Entendiendo que toda actividad extractiva a escala industrial genera impacto ambiental, es importante hacer un seguimiento y tener conciencia de hasta qué grado de deterioro estamos dispuestos a pagar para fomentar la actividad minera del litio llevada a cabo por empresas extranjeras, en su mayoría, generando un insumo –carbonato de litio– para producir bienes –baterías para autos eléctricos– que serán principalmente usados en otros países.

¿Cómo espera el Estado argentino regular el impacto ambiental de estas actividades? ¿Cómo espera el Estado argentino garantizar un ambiente sano para las comunidades? ¿Se justifica la ganancia local o nacional de esta actividad siendo conscientes de su costo ambiental?

Avanzar de manera sana en el fomento de la actividad de extracción y procesamiento del litio en la Puna argentina requiere ahondar en estudios sobre los impactos ambientales, mejorar la información disponible sobre las características ambientales de la Puna en general y de la dinámica hídrica en particular, y definir una política pública que fomente la actividad a la vez que garantice un ambiente sano para las comunidades. Seguir investigando en esta dirección y generando información y datos de calidad es clave para cumplir con la legislación nacional y dar respuesta a las preocupaciones de la comunidad.

Referencias bibliográficas

Anlauf, A. (2015), “¿Secar la tierra para sacar el litio? Conflictos socio-ambientales en la minería del litio”, en Nacif, F. y M. Lacabana (eds.), *ABC del litio sudamericano. Soberanía, ambiente, tecnología e industria*, Buenos Aires, Ediciones del Centro Cultural

- de la Cooperación Floreal Gorini y Universidad Nacional de Quilmes, disponible en <https://www.academia.edu/34268542/Conflictos_Socio-Ambientales_en_la_Miner%C3%ADa_del_Litio?auto=download>.
- Brown, A., y M. D. Matlock (2011), "A review of water scarcity indices and methodologies", *White paper*, N° 106, University of Arkansas, The Sustainability Consortium.
- Burga, D., E. Burga, W. Genck y D. Weber (2017), *Lithium Americas NI 43-101 Technical Report. Updated Feasibility Study. Reserve Estimation and Lithium Carbonate Production at the Cauchari-Olaroz Salars, Jujuy Province, Argentina*, ACSI.
- Castello, A. y M. Kloster (2015), *Industrialización del litio y agregado de valor local*, Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación, disponible en <<http://www.ciecti.org.ar/publicaciones/industrializacion-litio-agregado-valor-local/>>.
- Corenthal, L. G., D. F. Boutt, S. A. Hynek y L. A. Munk (2016), "Regional groundwater flow and accumulation of a massive evaporite deposit at the margin of the Chilean Altiplano", *Geophysical Research Letters*, vol. 43, N° 15, doi:10.1002/2016GL070076.
- Dente, M. V. y S. Martínez (2018), *Cuencas varias de la Puna*, disponible en <<https://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/pdf/83.pdf>>.
- FARN y CEDIB (2012), *El litio en la Puna argentina y boliviana*, disponible en <<http://www.farn.org.ar/wp-content/uploads/2014/06/Investigacion-Litio-FARN-CEDIB-Enero-2014.pdf>>.
- Flexer, V. y C. Galli (2018). "Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing". *Science of the Total Environment*, N° 639.
- FMC (2017), *Sustainability Report*, disponible en <http://fmcustainability.com/wp-content/uploads/2018/05/FMC_2017_Sustainability_Report.pdf>.
- Foster, J. B. (2017), "La crisis del Antropoceno", *La Alianza Global Jus Semper*, disponible en <<https://www.jussemp.org/Inicio/Recursos/Info.%20econ/Resources/CrisisAntropoceno.pdf>>
- Gallardo, S. (2011), "La fiebre comienza", *Revista Exactamente*, N° 48, Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, <http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/003_Exactamente/003_Exactamente_048.pdf>.
- Houston, J. y M. Gunn (2011), *Technical Report on the Salar de Olaroz Lithium-Potash Project Jujuy Province, Argentina. Ni 43-101 Report Prepared For Orocobre Ltd.* Level 1, 349 Coronation Drive, Milton, Queensland 4064, Australia.
- Infoleg (1995a), *Constitución de la Nación Argentina*, disponible en <<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/804/norma.htm>>.
- (1995b), *Ley de la Protección Ambiental para la Actividad Minera*, disponible en <<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/30096/norma.htm>>.

- (2002), *Ley General del Ambiente*, disponible en <<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>>.
- Izquierdo, A. E., C. J. Navarro, R. Aragón y E. Casagrande (2018), “Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región”, *La Puna argentina: naturaleza y cultura*, Tucumán, Fundación Miguel Lillo.
- Izquierdo, A. E. y R. Grau (2016). “Hidroecosistemas de la Puna y Altos Andes de Argentina”, *Acta Geológica Lilloana*, vol. 28, N° 2.
- Lacabana, M. y V. Mignaqui (2017), “Universidad y desarrollo sustentable”, en F. Moreno (comp.), *Ambiente y desarrollo sustentable: miradas diversas*, Bernal, Secretaría de Posgrado de la Universidad Nacional de Quilmes, edición electrónica.
- Ministerio de Energía y Minería, Presidencia de la Nación (2017), *El litio: una oportunidad. Estado de Situación. Perspectivas. Mercado*, disponible en <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/presentacion_litio_20-12-17.pdf>.
- Naciones Unidas (2010), *Conclusiones y recomendaciones*, Reunión del grupo de expertos senior sobre el desarrollo sostenible del litio en América Latina: asuntos emergentes y oportunidades, disponible en <http://www.un.org/esa/dsd/susdevtopics/sdt_pdfs/meetings2010/EGM_latinamerica/Conclusions%20and%20Recommendations%20Lithium%20EGM%20-%20Spanish%20-%20Final.pdf>.
- Orocobre Limited (2017), *Sustainability report*, disponible en <<https://www.orocobre.com/wp/?mdocs-file=4008>>.
- Paoli H., H. Elena, J. Mosciaro, F. Ledesma y Y. Noé (2011), “Cuenca ‘Cerrada de la Puna’”, *Caracterización de las cuencas hídricas de las provincias de Salta y Jujuy*, EEA Salta, INTA.
- Puente F. y M. Argento (2015), “Conflictos territoriales y construcción identitaria en los salares del noroeste argentino”, en Fornillo, B. (coord.), *Geopolítica del litio*, Buenos Aires, Editorial El Colectivo y CLACSO, disponible en <<http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20150918095017/Geopolitica.pdf>>.
- Rockström, J. et al. (2009), “A Safe Operating Space for Humanity”, *Nature*, N° 461.
- Smakhtin, V., C. Revenga y P. Döll (2004), *Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments*, Comprehensive Assessment Research Report 2, Colombo, Sri Lanka, Comprehensive Assessment Secretariat.
- Steffen, W. et al. (2015), “Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet”, *Science*, vol. 347, N° 6223.
- Sticco, M. (2018). “¡Litio al agua!” *Pulso Ambiental. Revista FARN*, N° 10.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2012), *Global Environment Outlook, Environment for the Future we Want*, disponible en <<http://hdl.handle.net/20.500.11822/8021>>.

[Recibido el 16 de enero de 2019]

[Evaluado el 17 de mayo de 2019]

Autora

Vera Mignaqui es Ingeniera química (UNMDP), magíster en Arts in Development Studies (ISS-Erasmus Rotterdam University) y doctoranda en Desarrollo Económico (UNQ), y docente en temas ambientales (UNQ, UNMDP y UNSAM).

Publicaciones recientes:

Mignaqui, V., y M. Lacabana (2018), “Explotación del litio en Argentina: preguntas sobre el impacto en el ciclo del agua”, *Revista NODAL*, disponible en <<https://www.nodal.am/2018/07/explotacion-del-litio-en-argentina-preguntas-sobre-el-impacto-en-el-ciclo-del-agua/>>.

Mignaqui, V. (2017), “Los retos del desarrollo sostenible para las universidades”, *Integración y Conocimiento*, vol. 2, N° 7, pp. 256-271.

Mignaqui, V. (2014), “Sustainable development as a goal: social, environmental and economic dimensions”, *International Journal of Social Quality*, vol. 4, N° 1, pp. 57-77.

Cómo citar este artículo

Mignaqui, Vera, “Puna, litio y agua. Estimaciones preliminares para reflexionar sobre el impacto en el recurso hídrico”, *Revista de Ciencias Sociales, segunda época*, año 10, N° 36, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, primavera de 2019, pp. 37-55, edición digital, <<https://ediciones.unq.edu.ar/538-revista-de-ciencias-sociales-segunda-epoca-no-36.html>>.