

HISTORIA 396
ISSN 0719-0719
E-ISSN 0719-7969
N°1-2020
[73-114]

Historia 396
Instituto de Historia PUCV Chile
10 años

EXPANSIÓN MINERA, DÉFICIT HÍDRICO Y CRISIS SANITARIA. LA POTABILIZACIÓN DEL RÍO TOCONCE Y EL IMPACTO DEL ARSENICISMO EN LA POBLACIÓN DE LA PROVINCIA DE ANTOFAGASTA (1915-1971)*

*MINING EXPANSION, WATER DEFICIT AND SANITARY CRISIS.
THE POTABILIZATION OF THE TOCONCE RIVER AND THE IMPACT
OF ARSENICISM ON THE POPULATION OF THE ANTOFAGASTA
PROVINCE (1915-1971)*

Bernardo Arriaza

Instituto de Alta Investigación
Universidad de Tarapacá, Chile
barriazaarica@gmail.com

Damir Galaz-Mandakovic

Universidad Católica del Norte, Chile
damirgalaz@gmail.com

Resumen

En este artículo se describen y analizan los procesos mineros metálicos y no metálicos impulsados por capitales estadounidenses, los cuales aumentaron la demanda y la presión hacia los escasos recursos hídricos del Desierto de Atacama por efecto de la innovación de sus sistemas técnicos y por la expansión de sus escalas de producción. Se caracterizan las medidas que se tomaron en un contexto de escasez y desabastecimiento de agua para la población, y cómo estas variables influyeron en la conexión de las aguas salobres del río Toconce a la matriz pública de agua potable. Esta decisión produjo inesperadas consecuencias que ocasionaron resultados desastrosos en la salud de miles de personas, debido a que estas aguas poseían de modo natural altas concentraciones

* Este artículo es producto de los siguientes proyectos: FONDECYT N° 1170120: Bioarchaeology of the invisible: unraveling the history of endemic natural contaminants that may have affected ancient Chilean populations. FONDECYT N° 11180932: Chuquicamata, Cantón El Toco y Tocopilla bajo la impronta de los Guggenheim: sistemas técnicos, sociedad, conflictos y medioambiente en el desierto de Atacama (1915-2015).

nes de arsénico, cantidades que superaban en 80 veces la norma recomendada actualmente por la Organización Mundial de la Salud para el agua potable.

Palabras clave: políticas públicas, contaminación ambiental, minería, arsenicismo, salud pública, sistema Guggenheim

Abstract

This article describes and analyzes the metallic and non-metallic mining processes promoted by US capital, which increased the demand and pressure towards scarce water resources in the Atacama Desert due to the innovation of its technical systems and the expansion of its production scales. We debate the measures taken in a context of scarcity and shortage of water for the population, and how these variables influenced that the brackish waters of the Toconce River were connected to the public drinking water matrix. The final decision produced unexpected consequences with disastrous results for the health of thousands of people, since these waters naturally possess high doses of arsenic, exceeding by 80 times the norm currently recommended by the World Health Organization for drinking water.

Key words: public policies, environmental pollution, mining, arsenicism, public health, Guggenheim process

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la industrialización de la minería del cobre y del salitre desarrollada en el Desierto de Atacama durante el siglo XX, las escasas aguas del desierto comenzaron a ser vistas como un recurso utilizable que fue administrada *capitalistamente*¹ debido a la instauración de innovadores sistemas técnicos que trajeron aparejado el aumento de las escalas de producción. Este nuevo escenario significó la preponderancia industrial sobre el acceso de las empresas mineras a dichas aguas por sobre el bienestar de la población, especialmente desde 1915, pero por sobre todo desde la década de 1950, momento en que se profundizó el consumo del agua en el desierto. De ese modo, se encarnó una forma de gestión e intervención particularmente capitalista sobre el territorio y en los modos de acceso a la propiedad de los recursos hídricos

1 Fischer-Kowalski, Marina y Helmut Haberl, "El metabolismo socioeconómico". *Ecología Política*. N° 19. 2000.

los que en la práctica fueron privatizados en el marco de una asimetría relacional entre la población, las empresas en el contexto de los nuevos procesos extractivos y la creciente necesidad de agua en la población. Fue entonces que, ante la carestía de agua en las comunidades regionales, se tomaron algunas decisiones técnicas, empresariales y estatales que impactaron negativa y profundamente en el devenir sanitario y en la calidad de vida de las poblaciones, surgiendo así un agua de deficiente calidad para el consumo humano que ocasionó una intoxicación arsenical masiva con consecuencias epidemiológicas agudas y crónicas.

En este trabajo analizamos el impacto de los usos consuntivos² de dichas aguas en un escenario de ampliación de la minería cuprífera y también salitrera de la etapa Guggenheim, proponiendo como hipótesis central que dicho proceso de ampliación devino en un alto consumo industrial de agua que significó un serio problema de desabastecimiento hídrico para la población. Además, al intentar solucionar esta disyuntiva se derivó en un grave proceso de intoxicación masiva para la población, especialmente en las urbes costeras del desierto de Atacama.

En este trabajo se pretende caracterizar y analizar, en primer lugar, las consecuencias en la población del desarrollo de la minería del cobre, particularmente considerando el caso de Chuquicamata desde 1915. Seguidamente, se abordan las implicancias del desarrollo de la minería salitrera a través del sistema Guggenheim, aplicado en la Provincia de Tocopilla, como así también en las ampliaciones de la gran minería del cobre en la década de 1950, particularmente analizando el impacto de la implementación de la Planta de Sulfuros en Chuquicamata. Asociado a lo anterior, se describe y caracteriza el desabas-

2 Desde una mirada de la ecología política, por recurso entenderemos como un bien natural que en el marco de la comoditización de la naturaleza, ingresa a los ciclos productivos en tanto facilitador de los mismos o bien para transformarse en mercancía. Boyd, Prudham y Schurman establecen dos tipos de relaciones del capital con la naturaleza en la comoditización de sus recursos, una llamada *subsunción formal*, y la otra llamada *subsunción real*. En ese contexto, la *subsunción formal* implica que el capital explota y extrae naturaleza para transformarla en mercancías; por su parte, la *subsunción real* significa la transformación de las propiedades biofísicas de la naturaleza sujeta a un transcurso de comoditización con el objetivo de producir una nueva forma de naturaleza que participe de modo eficaz en los procesos productivos con base a un tipo particular de capital. Ver: Boyd, William, Scott Prudham y Rachel Schurman, "Industrial dynamics and the problem of nature". *Society & Natural Resources*. Vol. 14. Issue 7. 2011. pp. 555-70. En ese contexto, el agua en Atacama adquirió por efecto de la minería del cobre y del salitre un uso consuntivo, el cual se refiere al consumo que no se devuelve al medio donde se ha captado o también cuando el agua no se la devuelve de la misma manera que se ha extraído.

tecimiento de agua y la estructura de la matriz pública de aquel entonces. De modo consecutivo se abordan las soluciones implementadas para superar el desabastecimiento, especialmente con la conexión de las aguas del río Toconce a la matriz pública, las cuales significaron un fuerte impacto en la morbilidad y mortalidad de la población de Antofagasta debido a su alto contenido de arsénico. En ese sentido, se consideran las políticas de mitigación que buscaron frenar la grave emergencia sanitaria.

LA MINERÍA DEL COBRE Y LA EXTRACCIÓN DE AGUA A GRAN ESCALA EN EL RÍO TOCONCE

Desde que la familia Guggenheim, a través de The Chile Exploration Company, proyectó la industrialización de la mina de Chuquicamata, proyecto ideado en 1912 en New Jersey y puesto en marcha desde mayo de 1915, significó una completa transformación, redefinición y rearticulación en el territorio. En ese contexto, desde el año 1913 dicha firma estadounidense comenzó la instalación de una serie de logísticas auxiliares para la mina, entre ellas, la implementación de una fundición sustentada en el proceso de electrolisis y la instalación de una poderosa termoeléctrica en Tocopilla.

En el marco de esta implementación, el gobierno de Ramón Barros Luco emitió el Decreto Supremo N° 2.032 del 30 de octubre de 1913, el cual fue titulado como “Reglamento relativo a las mercedes que se soliciten en el río Loa y sus afluentes y en las aguadas y vertientes de la provincia de Antofagasta”, decreto que, evidentemente, buscó facilitar los procesos extractivos de agua para la compañía. Esta reglamentación estableció una jerarquía respecto a los usos consuntivos del agua: en primer lugar, ésta sería usada para la provisión de las ciudades y salitreras, en segundo lugar, las faenas mineras del cobre y salitre, y por último, el uso del agua para el regadío de algunas iniciativas agrícolas. Evidentemente, la escala de las captaciones era sumamente asimétrica, siendo el uso minero el que evidentemente significaría el mayor consumo. El mismo Ramón Barros Luco fue el encargado de inaugurar la mina³ de cobre el 18 de mayo de 1915⁴. Así, las aguas del río Toconce fueron consideradas aptas para

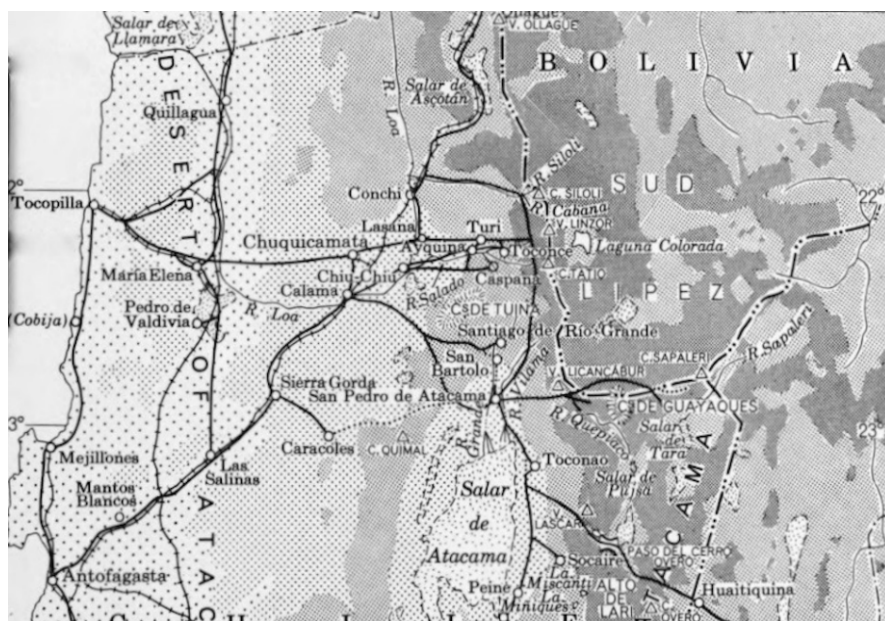
3 Galaz-Mandakovic, Damir, “Turbinas y electricidad para la mina, lámparas a parafina para la población. Crónica de una asimetría del capitalismo minero en Tocopilla (1914-1942)”. *Estudios Atacameños*. N° 54. 2017.

4 En 1920 surgió otro decreto, el N° 649, el cual era mucho más específico y se refería solamente a la hoya del río Loa, detallando los procedimientos concesionales, los requisitos y “una serie de disposiciones (...) para las localidades a que se refiere (...)”; Vergara, Alejandro, *Derecho de aguas*. Vol. 1. Santiago, Editorial Jurídica de Chile, 1998, p. 165.

el consumo humano en el Company town de Chuquicamata, pero por sobre todo, el río Toconce fue la fuente de abastecimiento para los propios usos de los procesos mineros (Figura 1). En cuanto al consumo de agua en el Company town de Chuquicamata, se señaló en 1920: “el agua que allí se consume va mezclada con la salobre, y a veces salada por completo, no obstante que para las cabalgaduras de los ‘blancos’, es decir, los jefes, se destina el agua dulce y pura de Toconce”⁵.

Figura 1.

Detalle de mapa del hinterland minero del cobre y el salitre: Chuquicamata, María Elena, Pedro de Valdivia, Tocopilla, Antofagasta y los cursos de agua precordilleranos, entre ellos el río Toconce



Fuente: Rudolph, William, *Vanishing Trails of Atacama*. New York, American Geographical Society, 1963.

De este modo, las aguas del río Toconce, nacido al nororiente de la Región de Antofagasta, a una distancia de 86 kilómetros de la ciudad de Calama, asumieron una cierta fama de “agua dulce” e idónea para el consumo humano. Estas percepciones ya habían sido comentadas en 1905 por Luis Riso Patrón, indicando que en la hoya del río Salado, “encontramos los cultivos de Toconce...a la orilla del río de agua dulce de este nombre, i de unas 6 hectáreas de

5 Gutiérrez, Eulogio y Marcial Figueroa, *Chuquicamata: Su grandeza y sus dolores*. Santiago, Imprenta Cervantes, 1920, p. 11.

extensión”⁶. Quince años después el mismo investigador señaló: “el Río Toconce: es de buena agua, nace en el ojo de Linzor, corta en abrupto tajo el cordón que se desprende al S del cerro de aquel nombre, corre hacia el W i se vacía en la marjen N del río Salado, del Loa”⁷. Eulogio Gutiérrez también señaló que Toconce era un “río dulce”⁸ Aquella *dulcificación* perceptiva y semántica con la cual comenzó a ser conocido el río Toconce devendría, al poco tiempo, en una situación realmente opuesta y sumamente toxicológica como veremos más adelante.

Los cronistas chilenos Gutiérrez y Figueroa agregan, en 1920, que cerca de un año y medio trabajaron 600 hombres en tender la cañería que llevó el agua desde Toconce hasta la planta de Chuquicamata, la que estaba ubicada a 2.694 metros sobre el nivel del mar: “dicha cañería (...) mide 8 pulgadas de diámetro, tiene 109 kilómetros de extensión”⁹. Pero dichos procesos de potabilización estuvieron marcados por fuertes costos en la salud de los trabajadores¹⁰. Fue así que en 1918 entró en funcionamiento un acueducto desde el río Toconce: “ella llevaba el vital líquido para usos domésticos y otros que requerían agua de alta calidad, a razón de 4.500 toneladas diarias”¹¹ (Ver Figura 2).

6 Riso Patrón, Luis, *El problema del Salado en la Hoya del Loa*. Santiago, Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, 1905, p. 5.

7 Riso Patrón, Luis, *Diccionario Jeográfico de Chile*. Santiago, Imprenta Universitaria, 1924, p. 884.

8 Gutiérrez, Eulogio, *Chuquicamata, Tierras Rojas, Historia y monografía*. Santiago de Chile, Editorial Nascimento, 1926, p.27.

9 Riso Patrón, *Diccionario Jeográfico...*, p. 23.

10 Un ejemplo de ello nos remite al año 1917: “en julio de 1917 fueron traídos de Toconce, sitio donde parte para la Chilex la cañería del agua dulce, alrededor de treinta obreros atacados de pulmonía fulminante contraída por los glaciales fríos de esa región situada al pie de la cordillera”: Riso Patrón, *Diccionario Jeográfico...*, pp. 145-46. Se denunció que los enfermos botaban sangre y cada uno de ellos padecía una fuerte tos: “Casi todos murieron. Uno de los pocos que salvó fué el boliviano Pedro Sandoval, que se fué a Calama, donde tuvo servicio médico atendido por su propia familia. El resto en su mayoría sucumbió. Y todos los fallecidos eran chilenos”: Gutiérrez y Figueroa, *Chuquicamata: Su grandeza y sus dolores*, p. 27.

11 Martínez, Gerardo, *Orígenes y desarrollo de Chuquicamata bajo la Chile Exploration Company*. Santiago, Ediciones Revista Universitaria, 1971, p. 38.

Figura 2.

Una comitiva compuesta por estadounidenses cruzando el caudaloso río Toconce nacido al pie de las montañas y volcanes



Fuente: *Scribner's magazine*. New York. Vol. LXVII. 1920.

En 1927, The Chile Exploration Company en su tenor expansivo, instaló una segunda bocatoma las que reportaban agua potable de 50 l/s, mientras que la Dirección de Obras Sanitarias recurría a la bocatoma de Linzor para abastecer a Tocopilla y algunas salitreras¹².

No obstante, esos abastecimientos seguían siendo precarios para los puertos. El diario *La Prensa de Tocopilla* informaba que la red en Tocopilla existía desde 1927, pero presentaba serias fallas, siendo la escasa presión la más importante, "dificultad que afectó seguidamente a las poblaciones del sector alto del puerto. Las cañerías de 1927 tenían sólo dos pulgadas"¹³.

12 Cámara de Diputados. Sesión N° 54. Legislatura Ordinaria. 29 de agosto 1944. p. 2085. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

13 *La Prensa de Tocopilla*. Tocopilla. 22 de agosto 1971.

AMPLIACIONES DEL EXTRACTIVISMO: LOS GUGGENHEIM EN EL SALITRE

Hacia el año 1919 se manifestó el inicio de una crisis en la industria del salitre chileno por efecto de la pérdida del mercado alemán y por la consolidación del nitrato sintético que se producía a bajos costos¹⁴ producto de la proliferación de plantas fijadoras de nitrógeno en países europeos que tradicionalmente se habían caracterizado por ser compradores del salitre chileno. Simultáneamente se confirmaba un agotamiento en los salitrales que constituían el material de alta ley, además de los altos precios del transporte y embarque del salitre hacia los puertos europeos¹⁵.

El sistema Shanks, que dicho sea de paso requería de mucha agua y combustible para su ejecución, quiso resistir con el intento de algunos empresarios en querer perfeccionarlo después de casi 40 años de funcionamiento ininterrumpido. Los deseos de superar la crisis en la década de 1920 estimularon múltiples búsquedas de procedimientos de lixiviación del caliche, en ese devenir se produjeron diversas pruebas a través de varios sistemas técnicos. De todos esos experimentos, solo uno de ellos fue óptimo y viable: el sistema Guggenheim¹⁶. Los dueños de Chuquicamata inyectaron sus capitales y tecnologías en la industria del salitre y así se originó un nuevo ciclo que vendría a significar la "metamorfosis de la industria"¹⁷.

Dicha *metamorfosis* se materializó con la aplicación de los mismos procesos electrolíticos implementados en la lixiviación del cobre en la mina de Chuquicamata. El nuevo sistema técnico en el salitre fue patentado con el apellido de los dueños de la mina de Chuquicamata y de la termoeléctrica de Tocopilla, significando un próspero y ventajoso aprovechamiento del caliche que no era trabajado¹⁸.

En ese escenario, la familia Guggenheim constituyó el 15 de septiembre de 1924 la compañía salitrera Anglo Chilean Consolidated Nitrate Corporation, ob-

14 Couyoumdjian, Ricardo, *Chile y la Gran Bretaña durante la primera guerra mundial y la posguerra 1914 -1921*. Santiago, Editorial Andrés Bello y Ediciones de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 1986.

15 Soto, Alejandro, *Influencia británica en el salitre. Origen, naturaleza y decadencia*. Santiago, Editorial Universidad de Santiago, 1998.

16 Galaz-Mandakovic, Damir, "De Guggenheim a Ponce. Sistema técnico, capitalismo y familias en el extenso ciclo de los nitratos en El Toco y Tocopilla (1924-2015)": *Revista Chilena de Antropología*. N° 37. 2018. p. 110.

17 Macuer, Horacio, *Manual práctico de los trabajos en la pampa salitrera*. Valparaíso, Talleres Gráficos Salesianos, 1930, p. 194.

18 SONAMI, *Boletín Minero de la Sociedad Nacional de Minería*. Santiago de Chile. N° 322. 1926.

teniendo todos los bienes de la compañía de origen británica que operaba en el Cantón El Toco, mencionada como The Anglo Chilean Nitrate and Railway¹⁹.

La familia Guggenheim refundó y profundizó su huella desde la industrialización a gran escala de la mina de cobre de Chuquicamata. El Ingeniero E. López indicó en 1947 que las Oficinas Guggenheim: "son de gran capacidad productiva, emplean poca mano de obra -solo unos 9.000 obreros para producciones aproximadas a 1.200.000 toneladas de salitre anuales"²⁰.

Si bien el ocaso del sistema Shanks significó un desmantelamiento productivo y demográfico en la zona de Tarapacá y Antofagasta, la zona intermedia, el Cantón El Toco, vivió un nuevo proceso de urbanización a través de la implementación de las Oficinas y sus respectivos campamentos en María Elena (1926) y Pedro de Valdivia (1931). En la costa también hubo un aumento demográfico por efecto de las migraciones de los pampinos a los puertos, y en Tocopilla, por efecto del aumento de los embarques del salitre y los respectivos aumentos en los flujos navieros, se requirió mayor personal en los puertos. Todos estos procesos produjeron una mayor demanda de agua para el consumo de la población.

Tabla 1.

Datos demográficos de los principales poblamientos en la actual Región de Antofagasta entre los años 1920 y 1982

Ciudad	Censo 1920	Censo 1930	Censo 1940	Censo 1952	Censo 1960	Censo 1970	Censo 1982
Antofagasta	51.531	53.791	49.048	62.272	87.860	125.086	185.486
Tocopilla	5.207	18.290	15.624	20.241	22.185	21.980	21.883
Calama	8.404	7.835	5.659	4.901	12.970	26.166	45.863
María Elena	----	9.062	9.198	9.686	9.572	s/i	11.840
Chuquicamata	9.715	13.346	19.130	24.223	24.798	22.126	16.891

Fuente: Elaboración propia según los respectivos censos de población implementados por la Dirección General de Estadísticas (censo de 1920 y 1930), por el Servicio Nacional de Estadísticas y Censos (censos de 1940, 1952 y 1960) y el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (censos de 1970 y 1982).

Hacia los inicios de la década de 1930, el consumo mensual de agua para usos industriales y poblacionales en las nuevas Oficinas salitreras era de 140.000 m³. aguas obtenidas en las bocatomas de Lequena y Quinchamales junto a To-

19 *Ibíd.*, p. 185.

20 López, Emiliano, *La industria salitrera de postguerra*. Santiago, Imprenta y litografía Universo S.A., 1947, p. 9.

conce²¹. Mientras que en el mismo periodo la población de Tocopilla consumía 150m³,²² por su parte Antofagasta recibía desde los principios el siglo XX 2.500 m³,²³ calculándose un déficit de 2000 m³ para la segunda mitad de la década de 1940²⁴. Dicho déficit de agua para la población fue aumentando con el correr de los años porque el sistema Guggenheim para la obtención de salitre se desarrolló sobre la base del tratamiento del caliche con generosas cantidades de agua fría o tibia depositadas en grandes estanques, donde la cristalización del salitre era obtenida por medio de refrigeración artificial en vez de la evaporación y enfriamiento en estanques abiertos como lo fue el sistema técnico tradicional anterior, el sistema Shanks. Hacia el año 1939, la Compañía Salitrera Lautaro “se ve en la necesidad de resacar 700 m³ de agua del río Loa”²⁵, por día. En esa lógica, si calculamos la cifra mensual de aquella extracción, nos da 21.000 m³ cada 30 días.

Despuntada la década de 1940, la Dirección General de Obras Públicas inició un estudio para abastecer con una mayor cantidad de agua a Calama y las salitreras ante la manifestación de escasez hídrica. Dichas obras, “se ejecutarán sin gasto alguno para el fisco, pues serán financiadas por las compañías mineras que resultan beneficiadas con estas instalaciones”, indicaba el diario *La Verdad* el sábado 15 de marzo de 1941.²⁶ Fue así que con la Ley 7.258 del 27 de agosto de 1942, se aprobó el convenio *ad referendum* celebrado entre el Director General de Obras Públicas y las Compañías The Lautaro Nitrate Company y Anglo Chilean Consolidated Nitrate Corporation, por medio la cual estas compañías se obligaban en las condiciones establecidas en dicho convenio a aportar la cantidad de \$12.000.000 para la construcción de un acueducto de 80 kilómetros para el Departamento de Tocopilla que extendía el uso de las aguas del río Toconce. Dicho acueducto estaría formado por “cañerías de cemento

21 Garcés, Eugenio, *Las ciudades del Salitre. Un estudio de las Oficinas Salitreras en la Región de Antofagasta*. Santiago de Chile, Ediciones Orígenes, 1999.

22 Carta s/n del Gobernador al Administrador del Servicio de Agua de Mar y Agua Potable. 12 de diciembre 1931. Archivo Gobernación de Tocopilla. Según este mismo documento, al despuntar la década de 1930, el agua en Tocopilla era más cara en comparación a Iquique y Antofagasta, en estas ciudades el agua tenía un costo de un \$1.40 por metro cúbico. Sin embargo, en Tocopilla se pagaba la excesiva suma de \$4.40.

23 Recabarren, Floreal, *Episodios de la vida regional*. Antofagasta, Ediciones Universitarias, Universidad Católica del Norte, 2002, p. 116.

24 *Ibid.*, p. 110.

25 Memoria Anual de la Inspección Fiscal de la Empresa Partklar de Agua Potable de Antofagasta. Antofagasta. 31 de diciembre 1939. Archivo de la Intendencia de Antofagasta. Vol. 207, citado en González Pizarro, José, “Recursos hídricos, modernización y comunidad Atacameña. La coyuntura de los años 30”. *Revista de Derecho Administrativo Económico*. Vol. II. N° 1. 2000. p. 411.

26 *La Verdad*. Punta Arenas. 15 de marzo de 1941

armado centrifugado y un limitado sector de 17 kilómetros en alta cordillera con cañerías de acero”²⁷.

En ese escenario, los problemas de abastecimiento de agua comenzaron a manifestarse preocupantemente. Ya en 1939 la carencia de agua en Tocopilla era palmaria, esto era secuela de la inconclusión de las obras de otra cañería que se proyectó para unir la red de Tocopilla y Calama para acceder a las aguas de Toconce. En ese sentido, en un contexto de carencia, los precios del agua que vendía la empresa del ferrocarril a la Administración de Agua Potable, fueron subiendo y la escasez aumentando: “la empresa comunicó a la Administración de Agua Potable de Tocopilla que sería rebajada en un 8.33% la cantidad de agua que se envía desde Calama para nuestro puerto. Ello ha originado también un problema de importancia, pues en Tocopilla hay quintas, jardines, industrias y otros establecimientos particulares que necesitan agua potable. Entre ellos, la fábrica de hielo ha sido afectada por la escasez”²⁸.

AMPLIACIONES EN LA MINA DE COBRE

Finalizando la década de 1940 surgieron importantes ampliaciones en las instalaciones de la mina de Chuquicamata, particularmente con la nueva Planta de Sulfuros que requería en ese momento 32.000 m³ de agua adicional, por lo que la compañía minera exigió dos nuevas mercedes que significaron la ampliación de las captaciones de agua en Toconce. Dicha Planta de Sulfuros comenzó a construirse en 1948 y tuvo un costo de 130 millones dólares²⁹. La huella y las derivaciones que dejaría la instalación de esta planta en la empresa norteamericana serían profundas plasmándose en los cuerpos de los habitantes del desierto de Atacama.

Cabe indicar que la Planta de Sulfuros buscó, evidentemente, mejorar la producción de la mina de capitales estadounidenses a través del aumento de la concentración de cobre con base a un proceso de molienda, que reducía la granulometría del mineral chancado. Luego a través de reacciones físico-químicas se separaban por flotación los minerales sulfurados de cobre y otros elementos como el molibdeno. Finalmente, el proceso de espesamiento y filtrado permitía reducir el porcentaje de humedad del concentrado de cobre.

27 Cámara de Diputados. Sesión 54^a Ordinaria. 29 de agosto 1944. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

28 *La Prensa de Tocopilla*. Tocopilla. 6 de noviembre 1939.

29 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 9 de octubre 1948.

El Boletín de la Sociedad Nacional de Minería de abril de 1953 señalaba que, en el año 1942, por petición del gobierno de los Estados Unidos, se implementaron en Chuquicamata nuevos equipamientos en la Planta, lo que significó una producción total de 245 mil toneladas de cobre operando 335 días al año. El citado boletín agrega: “Se comprendió entonces que una producción de esta magnitud no podía mantenerse por un largo tiempo con el mineral oxidado, debido a la ley decreciente y al agotamiento de las reservas de mineral oxidado. Sin embargo, el aumento se justificaba para ayudar a Estados Unidos a obtener el cobre necesario para su esfuerzo”³⁰.

Fue entonces que ya en el año 1948, la mina contaba con una gran cantidad de mineral sulfurado evitándose incluirlo en las operaciones de explotación. La extracción continuada de mineral oxidado seguía poniendo a la vista las numerosas toneladas de mineral sulfurado, que hasta entonces no podía aprovecharse para la producción de cobre, porque no existía una Planta tecnológica que beneficiara el mineral en ese formato. Para solucionar esta dificultad y seguir manteniendo una producción de 245 mil toneladas, el directorio de la compañía estadounidense acordó la construcción de una Planta para beneficiar 30.000 toneladas de mineral sulfurado por día: “El vasto cuerpo de mineral sulfurado que se encuentra debajo de la hondura de la actual cantera, asegura una fuente de cobre para muchos años en adelante”³¹.

Ciertamente, la escasa disposición de agua fue el principal escollo a resolver por parte de la empresa estadounidense instalada en el desierto más árido del orbe, en donde, “el agua brota en manantiales donde las salidas de estas cuencas están obstruidas por corrientes de lava y de allí nacen los pequeños arroyos que alimentan el único río importante de la región, el río Loa. El agua de Chuquicamata se obtiene de estos manantiales y riachuelos”, indicaba el boletín de SONAMI en 1953³².

En una discusión parlamentaria sobre el retraso en la ejecución de las obras de agua potable de la ciudad de Antofagasta, el diputado Domingo Cuadra señaló: “esta empresa minera tiene cuatro grandes cañerías para la conducción de agua a larga distancia: una, la cañería de Toconce de 97 kilómetros de largo que conduce 4.500 toneladas de aguas potable al día”³³. Las otras cañerías, una llamada San Pedro, conducían 16.000 toneladas y la cañería llamada Arroyo

30 SONAMI, *Boletín Minero de la Sociedad Nacional de Minería*. N° 631. Santiago de Chile. 1953.

31 *Ibid.*

32 SONAMI, *Boletín Minero de la Sociedad Nacional de Minería*. N°631, p. 1520.

33 Cámara de Diputados. Sesión Ordinaria N° 73. Legislatura Extraordinaria. 29 de marzo 1955. p. 4731. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Salado, conducía 35.000 toneladas diarias³⁴.

El boletín de la Sociedad Nacional de Minería, al hablar sobre las aguas del río Toconce, indicaba que: “Esta agua no solo se usa para beber, sino también para las calderas y demás usos que exigen agua de alta calidad. Para el agua industrial de la planta de óxidos, hay dos cañerías de 12 pulgadas desde el río San Pedro que conducen un total de 17.000 metros cúbicos por días de un agua algo salobre. Esta agua se usa actualmente para lixiviación y fines higiénicos”³⁵.

No obstante, ante las nuevas necesidades proyectadas por Chuquicamata, se calculó que se debían adicionar 32.000 m³ de agua por día. Con ese objetivo, se implementó una cañería de siete kilómetros de largo para captar el agua del río Salado, uno de los principales tributarios del río Loa, el más largo de Chile (Figura 3).

Figura 3.

Lugar exacto donde las dos tuberías con destino a la mina de Chuquicamata convergen en pleno desierto. La línea a la izquierda llevaba el agua desde el río Salado, y la otra, a la derecha, desde el río *Toconce*



Fuente: Rudolph, William, *Vanishing Trails of Atacama*. New York, American Geographical Society, 1963, p. 36.

Claramente, el alto nivel salífero del río Salado, principalmente cloruros, era perjudicial para la agricultura y para la ganadería, por ello, “el Gobierno de Chile estaba haciendo estudios para separar esta agua de las demás del sistema

34 *Ibíd.*

35 SONAMI, *Boletín Minero de la Sociedad Nacional de Minería*. N°631, p. 1521.

del Loa a fin de mejorar las condiciones agrícolas en el fértil valle de Calama³⁶. En ese escenario, el gobierno de Carlos Ibáñez del Campo estaba dispuesto a conceder los derechos de agua del Salado mediante algún convenio con la empresa minera.

Cabe indicar que la inauguración de la Planta de Sulfuros, ocurrida el 7 de abril de 1953, contó con la presencia del presidente Carlos Ibáñez del Campo junto al Ministro de Hacienda. En la ocasión Ibáñez dijo: "Muchas gracias, trabajadores y empresario por estas inversiones que nos dan riqueza y que significan mejores días para la Patria"³⁷. La nueva Planta de Sulfuros fue diseñada por Wilbur Jurden, ingeniero de Anaconda-Jurden Associates Inc. En su construcción participaron 6.000 trabajadores y, por consiguiente, creció el parque automotriz, habitacional y comercial en Calama y Chuquicamata³⁸. Dicha Planta, que significó una segunda etapa en la historia del yacimiento desde 1915, exigió junto a la Planta de óxidos mayores cantidades de agua, al menos 107.000 toneladas diarias en su época inicial.

Figura 4.
Panorámica de la Planta de Sulfuros de Chuquicamata



Fuente: Alvear, J. *Chile, nuestro cobre. Chuquicamata, El Salvador, Potrerillos, El Teniente, Enami, Mantos Blancos y Andina*. Santiago, Editorial Lastra S.A., 1975, p. 48.

A los tres años de inaugurada la nueva Planta, la empresa accedió a una segunda merced de agua la cual "tiene sus fuentes en Incalari y transporta 10.500

36 *Ibíd.*

37 *Ibíd.*

38 Álvarez, Alejandro, *Resumen de la historia de Calama*. Calama, Ediciones Odisea, 1999.

metros cúbicos diarios de agua desde 1956³⁹. La cañería fue otro record: 103 kilómetros⁴⁰.

Jorge Alvear Urrutia indicó en el año 1975: “deducimos que el consumo de agua de Chuquicamata alcanza a la impresionante cifra de 107.000 toneladas diarias y con ellas no se satisface la sed del coloso, pues ya se advierte la necesidad de disponer de cantidades adicionales. La empresa presta muy seria atención a este problema y busca afanosamente otras fuentes de abastecimiento, incluso de procedencia subterránea⁴¹. Debemos agregar que la llamada Planta de Recuperados de Aguas Servidas en la mina, rescataba en los principios de la década de 1970, más de 32.000 toneladas diarias de agua desde los servicios de alcantarillado. Adicionándose 10.000 toneladas diarias de agua que eran usadas en la Planta de Sulfuros y que eran rescatadas por los espesadores. Con esas cantidades se atendía a los procesos de lixiviación y flotación⁴².

No obstante, debemos señalar que todo este proceso de ampliaciones industriales, fueron antecedidos por algunas políticas estatales que también devinieron en una mayor demanda de agua. Una de ellas surgió en el marco del impacto regional de la crisis de 1929, situación que estimuló en el año 1930, bajo el primer gobierno de Carlos Ibáñez, el cierre del paso a los productos agropecuarios desde Argentina, situación que se logró con un aumento a los impuestos de internación de dichos productos. Estas políticas de obstaculización al tráfico argentino se profundizaron bajo el segundo gobierno de Arturo Alessandri (1932-1938), quien dio a conocer un Plan de Fomento Agrícola en 1936. En los hechos, se buscó obstaculizar dicho mercado con el objetivo de ampliar la producción agrícola regional, situación que se refrendó mucho más a través de CORFO (1939) que fomentó una serie de iniciativas: proyectos de regadíos, conformación de asociaciones agrícolas, fomento de sembradíos en diversos valles, diversas colonizaciones agrícolas en la pampa⁴³. Al mismo tiempo, vino un apogeo de las llamadas huertas de hortalizas en la costa, en donde hubo un gasto irracional de agua en un contexto de escasez, huertas que al poco andar fueron decayendo. Todas estas medidas “buscaron paliar lo fundamental ante la crisis: el aprovisionamiento de los recursos básicos

39 Martínez, *Orígenes y desarrollo de Chuquicamata...*, p. 38.

40 Alvear, Jorge, *Chile, nuestro cobre. Chuquicamata, El Salvador, Potrerillos, El Teniente, Enami, Mantos Blancos y Andina*. Santiago, Editorial Lastra S.A., 1975, p. 80.

41 *Ibíd.*, p. 80-1.

42 *Ibíd.*, p. 80.

43 González Pizarro, *Recursos hídricos, modernización y comunidad Atacameña*.

perecibles”⁴⁴. Desde entonces, distintas instituciones del Estado chileno se abalanzaron al desierto con el propósito de intervenir los escasos riachuelos, intervenir algunos cursos de aguas y desviarlos e instalar diques, implementar bocatomas y de ese modo poder optimar el aprovechamiento de los exiguos recursos hídricos.

Sin embargo, en el propio pueblo de Toconce la situación comenzó a desmejorar desde la instalación de las bocatomas y captaciones de agua por parte de la minería cuprífera. Las comunidades indígenas comenzaron a ver mermadas sus actividades agrícolas y comenzaron a emigrar varios de los miembros de la comunidad, abandonando así los secos predios agrícolas y los lugares de pastoreo: “el abandono de las terrazas de cultivos, convirtiéndose éstas en mudos testigos de la otrora floreciente economía agrícola”⁴⁵. Todo se manifestaba como una derivación negativa de la extracción a gran escala del agua en las nacientes de los ríos, estimulando un fuerte proceso de desertificación⁴⁶. De ese modo, surgió una presión minera que secó las diversas vegas y “alteró el equilibrio ecológico de la región y por las políticas nacionales de la sociedad mayor, que sencillamente ha ignorado la existencia de los habitantes indígenas del área”⁴⁷.

Estos procesos de captaciones densas de agua, fueron alternados con periodos de sequía generándose la muerte de numerosos animales, tornando casi imposible el desarrollo de la ganadería y agricultura,⁴⁸ asimismo se alteraba sustancialmente un modo de vida tradicional. De acuerdo a esto, la relación entre las aguas destinadas al uso agrícola y uso minero, fue siempre en desigualdad: manifiestamente, los usos mineros tenían preferencia por parte de los gobiernos y la cantidad de agua usada era evidentemente a una mayor escala. Esto nos remite, por otra parte, a la agresividad del extractivismo minero y la configuración sacrificial del territorio en el marco de la colonialidad propia de los capitales extranjeros situados en un territorio de un Estado rentista y subsumido a decisiones tomadas en el exterior.

44 *Ibíd.*, p. 145.

45 Bustos, Alejandro, *Etnografía Atacameña*. Antofagasta, Instituto de Investigaciones Antropológicas, 1999, p. 64.

46 Castro, Victoria, y Martínez, José Luis, “Poblaciones indígenas de la Provincia de El Loa” *Culturas de Chile. Etnografía*. Santiago. Editorial Andrés Bello. 1997. pp. 80-1.

47 Martínez, José Luis, “La formación del actual pueblo de Toconce, s. XX.” *Revista Chungara*. N° 15. 1985. p.102.

48 Carrasco, Anita, “Entre dos aguas: identidad moral en la relación entre corporaciones mineras y la comunidad indígena de Toconce en el desierto de Atacama” *Revista Chungara*. Vol. 46. N° 2. 2014. p. 249.

“EL PUEBLO PIDE AGUA...”

El proceso de inserciones tecnológicas en la minería, comenzó a ser paralelo al fuerte desabastecimiento de agua en las ciudades costeras⁴⁹. En los finales de la década de 1940, el Ministerio de Obras Públicas calculaba un déficit diario de agua de alrededor de 2.000 m³, al poco tiempo, la cifra se duplicó⁵⁰. Cabe recordar que la empresa del Ferrocarril Antofagasta a Bolivia (FCAB), no había realizado ninguna ampliación de sus captaciones en un marco de 50 años de funcionamiento⁵¹ y tampoco demostró intereses en invertir ante la negativa del gobierno de Gabriel González Videla, porque las inversiones significarían un aumento en el precio de agua, medida que sería impopular. Los iniciales desabastecimientos despuntando la década de 1950 (Figura 5), implicaron el aumento de la especulación del agua y el apogeo de los aguateros que recorrerían las poblaciones vendiendo agua a altos precios y no siempre limpia, lo que dio paso a diversos problemas sanitarios⁵².

49 Debemos consignar que el agua potable consumida por las poblaciones de la costa del desierto de Atacama durante la década de 1930 no se caracterizaba precisamente por su salubridad, debido a sus extensos días de almacenamiento, además tenía que ser evaporada para la eliminación de sales, tratamiento que no era eficaz. Por ejemplo, la Administración de Servicios de Alcantarillado Agua de Mar y Agua Potable, mencionó: “Esto la hace poco agradable a la bebida, sobre todo en verano, máxime que debido a la temperatura con que circula por la cañería, se encuentran las matrices oxidadas, óxido que luego es transportado por el agua a consumir”.

Carta s/n, Administrador de Servicio de Alcantarillado Agua de Mar y Agua Potable, Tocopilla. 13 diciembre de 1931. Archivo Gobernación de Tocopilla. Agréguese la deficiente mantención de las cañerías. Un documento indica: “el agua circula por matrices oxidadas, óxido que luego es transportado por el agua a consumir (...)”. Oficio N° 2 del Servicio de Agua de Mar y Potable. Tocopilla. 3 de diciembre 1931. Archivo Gobernación de Tocopilla.

50 Recabarren, *Episodios de la vida regional*.

51 Sobre la matriz pública del agua potable, cabe indicar que para el aprovisionamiento en la ciudad de Antofagasta se contaba con dos canalizaciones. El principal aprovisionamiento de agua era la que entregaba la empresa del Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia (FCAB), operativo desde 1888 gracias a la Compañía Huanchaca de Bolivia. Desde el año 1904, se adicionaron las aguas provenientes desde las aguadas ubicadas en las cercanías del volcán Palpana y otra aguada cercana a la Estación Polapi, a través de una cañería de fierro de 340 kilómetros. Luego se adicionó una tubería proveniente desde el río Siloli. En el año 1906, el desabastecimiento de agua en Antofagasta exigió que las Fuerzas Armadas tuvieran que detener las actividades productivas en las salitreras con el propósito de recuperar las reservas y así evitar una sequía en la población portuaria. Por su parte, en la ciudad de Tocopilla, segundo centro poblado en la costa, el agua era obtenida por destilación gracias a la empresa salitrera Anglo Chilean Nitrate & Railway durante la década de 1920. Ver: Arce, Isaac, *Narraciones históricas de Antofagasta*. Antofagasta, Imprenta Moderna, 1930.

52 González Pizarro, *Recursos hídricos, modernización y comunidad Atacameña*, p. 145.

Figura 5.

Distribución de agua en tiempos de desabastecimiento en Antofagasta, 1954



Fuente: Museo Histórico Nacional de Chile. Fondo: Pool fotográfico Revista Zig-Zag, FC-12325, 1954.

Como respuesta a este desabastecimiento, comenzaron a aparecer algunas protestas gráficas en diversas materialidades, entre ellas, los propios estanques de aguas que yacían vacíos y diseminados en el desierto (Figura 6). Así, literalmente, esas reclamaciones manifestaban “El pueblo pide agua” y “Agua queremos”, clamores populares que se reproducían para llamar la atención de las autoridades. Por mientras, esas protestas gráficas eran circundadas por los letreros de la Coca-Cola.

Figura 6.

El desabastecimiento de agua se constituyó en una fuerte problemática poblacional que significó la constitución de diversas protestas en el desierto de la Región de Antofagasta



Fuente: Recabarren, F. y V. Maino, *Historia del agua en el desierto más árido del mundo*. Santiago, Matte Editores, 2008, p.117.

La Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, tomó la decisión de tender nuevas cañerías hacia las bocatomas del interior de la región. Estas cañerías serían de tubos de cemento armado o centrifugados. Desde enero de 1952, comenzaron las construcciones de estos tubos, pero a nivel nacional surgió una escasez de cemento que batió fuertemente al proyecto. Toda esta situación generó una discusión pública a través de los medios de comunicación en cuanto a que existían dos bandos: los que defendían a los tubos de cemento y los que defendían los tubos metálicos⁵³. Mientras que los empresarios norteamericanos y su nueva Planta de sulfuros ya habían avanzado en el desierto con una tecnología de vanguardia llegando hasta la precordillera. La ciudad de Antofagasta, el puerto del cobre de Chuquicamata, vivía otro tiempo tecnológico y la semántica política en la población distaba mucho de los avances industriales mineros.

El llamado Centro para el Progreso de Antofagasta, liderado por José Papic Radnic, consideraba que la construcción de tubos de cemento era un despilfarrero y un desacierto ante la demostrada imposibilidad técnica de superar múltiples filtraciones en las articulaciones de los tubos⁵⁴. Es por ello que inició una campaña para implementar tubos metálicos. El cambio de gobierno abrió di-

53 Recabarren, *Episodios de la vida regional*, p. 121.

54 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 27 de septiembre 1952.

chas ilusiones: la llegada de Carlos Ibáñez por segunda vez al Palacio de La Moneda daba nuevas luces, quien finalmente dio la orden, en el año 1953, de implementar una tubería metálica. El diario *El Mercurio* de Antofagasta noticiaba la iniciación de los trabajos para la instalación de las cañerías en la Población Lautaro de Antofagasta en abril de 1955⁵⁵. Al año siguiente, fue inaugurado en Chuquicamata el nuevo acueducto para abastecer de agua a los habitantes del campamento: se instalaron 104 cañerías, requiriéndose la participación de 700 obreros⁵⁶. Al mismo tiempo, en el desierto quedaban abandonados los tubos de cemento⁵⁷. Desde Italia llegaron a Antofagasta en el año 1954 los nuevos conductos metálicos y el ingeniero Floridor Bravo se encargó de la implementación, “un año después se paseaba por las calles de la ciudad como Fiesta de la Primavera, el tubo N° 10.000, los vecinos aclamaron su paso”⁵⁸.

LA LLEGADA DE LAS AGUAS DEL RÍO TOCONCE A LA COSTA

Así fue que en el año 1958 llegaron a Antofagasta, a través de los tubos metálicos, las aguas del río Toconce como la solución al grave desabastecimiento vivido en Antofagasta. Pero la zona urbana en Antofagasta que comenzó a recibir agua directamente desde Toconce, era el sector norte y oriente de la ciudad, es decir, los sectores de los quintiles socioeconómicos más bajo de la población, a saber que hacia el sur, la zona de los Jardines del Sur, era en donde habitaba la clase alta local, éste último sector, en donde vivían 200 familias, recibía las aguas del río Siloli⁵⁹. El diario *El Mercurio* de Antofagasta informó: “Antofagasta comienza a recibir directamente desde Toconce más de 22 mil metros cúbicos de agua en forma gravitacional, prescindiendo definitivamente del equipo de bombas elevadoras que se utilizaban con anterioridad”⁶⁰. Coincidentemente, días antes el mismo diario informaba que el Consejo Nacional de Salud había aprobado los planos y los recursos económicos para la construcción del nuevo hospital de Antofagasta. Dos noticias a simple vista no relacionadas, pero el devenir sanitario por efecto de la calidad de las aguas del río Toconce, haría que dicho centro hospitalario fuera el primero en dar una alerta en el

55 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 13 de abril 1955.

56 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 30 de diciembre 1956.

57 Senado. Sesión Ordinaria N° 17. 15 de julio 1969. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

58 Recabarren, *Episodios de la vida regional*, p. 122.

59 Puga, Federico *et al.*, “Hidroarsenicismo crónico. Intoxicación arsenical crónica en Antofagasta. Estudio epidemiológico y clínico”. *Revista Chilena de Pediatría*. Vol. 44. N° 3. 1973.

60 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 30 de agosto 1958.

corto plazo⁶¹. La construcción del nosocomio comenzó el 15 de diciembre de 1959⁶². Fue recién en octubre de 1960 que finalmente la cobertura total del agua en la ciudad de Antofagasta quedó homogeneizada con las aguas del Toconce a través de la unión de los estanques almacenadores⁶³.

Todo este proceso de ampliación de la minería que demandó mayor cantidad de agua, fue invisibilizado, porque siempre remitieron la “culpa” al aumento demográfico atestiguado en la costa, omitiéndose la correlación entre el aumento de la explotación minera y la necesidad de agua. Por ejemplo, el diario *La Prensa de Tocopilla* tituló el 10 de noviembre de 1970: “Tocopilla recibe la misma cantidad de agua potable que hace 10 años, pero cada vez es menos su frecuencia”. Luego, en una entrevista con el jefe de la Dirección de Obras Sanitaria y futuro alcalde, Marcos de la Vega, éste indicaba que la carencia de agua era por “la explosión demográfica de Calama, ya que quita agua a Tocopilla. También Antofagasta. Toda la provincia afronta el problema de la escasez”⁶⁴. Según el mismo diario, la cantidad de agua que recibía Tocopilla en 1970 no superaba los 3.500 m³ cada 24 horas.

Por otra parte, es posible visibilizar que la principal preocupación por parte de los diarios y los políticos a la hora de ampliar la extracción en Toconce giró en torno a la calidad de los tubos, sus dimensiones, extensiones y materialidades: era ahí el foco de la “modernidad” en la discusión y ciencia política regional: trasladar aguas desde tan lejos, constituía todo un orgullo y toda una épica futurista, pero esas aguas representarían la inauguración de una etapa mucho más oscura para la población.

LAS AGUAS DEL RÍO TOCONCE: LA HUELLA DEL ARSENICISMO

Satisfecha la cobertura de agua potable para la población y para la minería del cobre y del salitre, las aguas de Toconce conocidas desde el principio del siglo XX como las “aguas dulces”, dicha categoría resultaría en una cruel ironía, y

61 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 11 de agosto 1958.

62 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 16 de diciembre 1959.

63 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 30 de octubre 1960.

64 La culpabilización hacia el aumento demográfico siguió reproduciéndose a lo largo de los años. El diario *La Prensa de Tocopilla* indicaba el 21 de diciembre de 1973: “Escasez de agua potable enfrentara Antofagasta”, agregando: “Las condiciones geográficas de la región impiden que la provincia y en particular la ciudad, posean suficiente cantidad de líquido para satisfacer las necesidades de la población (...). La planificación tropieza con una dura realidad: Antofagasta crece día a día y con ello el consumo. Alrededor de 200 mil habitantes necesitan satisfacer sus necesidades con agua potable”.

surgiría una compleja realidad sanitaria que cambiaría radicalmente el curso de la salubridad y calidad de vida en miles de habitantes costeros. Las aguas del río Toconce eran silenciosamente contenedoras de altísimas dosis de arsénico,⁶⁵ superando en casi 80 veces la norma recomendada actualmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que es de 10µg/L. Resulta paradójico entonces que una millonaria inversión para la instalación de tuberías llevara finalmente agua contaminada con arsénico para el consumo de la población. Es interesante señalar que si bien los altos niveles de arsénico en el agua no son detectables a simple vista (contaminación incolora), la mala calidad de estas aguas ya se conocía desde la década de 1940, más de una década antes de la instalación de las nuevas matrices de agua, situación que profundizaremos más adelante.

Cabe indicar que la Región de Antofagasta presenta aguas superficiales con concentraciones variables de arsénico directamente relacionados con el origen de los recursos hídricos. Las mayores concentraciones se vinculan a orígenes volcánicos y geotérmicos⁶⁶. En ese escenario geológico nace el río Toconce⁶⁷, a los pies de un estratovolcán llamado Linzor, desde donde desarrolla un curso de dirección general SO. Faltando alrededor de 1.500 metros para su confluencia con el río Salado, el río Toconce recibe por su fachada izquierda los aportes del río Hojalar, cuyo curso superior es denominado Río de

65 En el año 1952 se iniciaron en la Planta de Chuquicamata procesos metalúrgicos que aumentaron la contaminación del aire con arsénico, existiendo un pináculo de contaminación entre los años 1979 y 1988, ver: Rivara, Isabel y Corey, Germán, "Tendencia del riesgo de morir por cánceres asociados a la exposición crónica al arsénico. Región de Antofagasta 1950-1993". *Cuadernos Médicos Sociales*. Vol. 36. N° 4. 1995. pp. 39-51. Cabe indicar que el arsénico contenido en el aire es absorbido por el hígado el cual, a través de la sangre llega a los pulmones donde las partículas se oxidan y alojan existiendo altas posibilidades que se produzca un cáncer. Ver: Poblete Sotomayor, Mirella, "Medio ambiente y calidad de vida". Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Unidad de Extensión y Publicaciones. Vol. 1. N° 5. 2001. pp. 14-15. Del mismo modo, podemos agregar que la región de Antofagasta presenta características epidemiológicas de enfermedades que difieren del resto del país. De acuerdo a Solar, Pizarro y Román, el cáncer es una de las causas más frecuentes de mortalidad, destacándose la incidencia de los cánceres broncopulmonar, laríngeo, piel y vejiga, todos presumiblemente asociados a la exposición a arsénico por vía digestiva o aérea. Ver: Solar, Carlos, Pizarro, Isabel, y Román, Domingo, "Presencia de altos niveles de arsénico en tejidos cardiovasculares de pacientes de áreas contaminadas en Chile." *Revista chilena de cardiología*. Vol. 31. N° 1. 2012. p. 42.

66 Sancha, Ana María, *Estudio de caso: contaminación por arsénico en el norte de Chile y su impacto en el ecosistema y la salud humana*. Santiago, FCFM, Universidad de Chile, 1998.

67 En su orilla izquierda se levanta el poblado homónimo, un caserío pequeño que en el año 1924 fue descrito como "(...) de aspecto antiguo (...) poblado por indígenas i se encuentra asentado encima de los barrancos." Riso Patrón, *Diccionario Geográfico de Chile*, p. 884. Dicho poblado se localiza a 3.350 msnm.

Piedras Grandes por nacer en la falda occidental del cerro de ese nombre, “el desarrollo del Hojalar alcanza a 18 Km”⁶⁸. El arsénico en dicho río está presente de modo natural en formas orgánicas como inorgánicas⁶⁹. Un informe del Instituto Bacteriológico de Chile, a través del Departamento de Laboratorios Sección Bromatología, presentado a la Cámara de Diputados en julio de 1969, indicaba que: “la aducción de Toconce está contaminada con arsénico, se debe a que este río atraviesa zonas minerales muy ricas en sulfuros, las que generalmente contienen sales de arsénico, que son arrastradas o disueltas en dichas aguas”⁷⁰.

La exposición en dosis alta y en forma crónica al arsénico tiene efectos neurológicos, dermatológicos, vasculares y carcinogénicos, estimulando los riesgos al cáncer de piel, pulmón y vejiga⁷¹. Asimismo, es un consenso científico la asociación que se establece con la manifestación de la diabetes⁷². Por su parte, la evidencia global es suficiente para concluir que la ingestión de arsénico inorgánico “aumenta el riesgo de cáncer de pulmón”⁷³. La exposición crónica al arsénico a través del agua potable también está relacionada con un mayor riesgo de diversos resultados de salud no relacionados con el cáncer, incluidos los efectos dérmicos, reproductivos, pulmonares y neurológicos. Por efecto del hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE),⁷⁴ “se han encontra-

68 Niemeyer, Hans, “Hoyas hidrográficas de Chile, Segunda Región.” Santiago de Chile: Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, 1980, p.5.

69 Hopenhayn-Rich, Claudia *et al.*, Chronic Arsenic Exposure and Risk of Infant Mortality in two Areas of Chile”. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 108. N° 7. 2000.

70 Cámara de Diputados. Sesión N° 41. Legislatura Ordinaria. 10 de septiembre 1969. p. 4918. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

71 Chen C.J., Kuo T.L., Wu M.M., “Arsenic and cancers. (Letter)” *Lancet*. N°1. 1988. 414-15.

72 Shibata, Atsuko *et al.*, “Mutational spectrum in the p53 gene in bladder tumors from the endemic area of black foot disease in Taiwan.” *Carcinogenesis*. N° 15. 1994. 1085-87.

73 Ferreccio, Caterina y Ana María Sancha, “Lung cancer and arsenic concentrations in drinking water in Chile”. *Epidemiology*. Vol. 11. Issue 6. 2000. 673-679.

74 El HACRE, producto del entorno natural afecta a muchas regiones del mundo (Litter, Marta y Jochen Bundschuh, *Situación del arsénico en la región Ibérica e Iberoamericana: posibles acciones articuladas e integradas para el abatimiento del As en zonas aisladas*. Buenos Aires, Editorial Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2010), sobretudo a aquellas de los quintiles socioeconómicos más bajos. Las personas se envenenan fácilmente con arsénico cuando este metaloide y otros elementos tóxicos se disuelven en agua y dicha exposición aumenta porque no es detectable a simple vista, ya que no posee ningún olor, sabor o color particular, además de ser invisible, es a menudo tipo mosaico, tal como ocurre en el extremo norte de Chile (Arriaza, Bernardo *et al.*, “Living in poisoning environments: Invisible risks and human adaptation” *Evol Anthropol*. N° 27. 2018. pp. 188-96). En el continente americano se han detectado aguas ricas en arsénico en zonas de los Estados Unidos, México, Bolivia, Perú y Argentina. En este último país se han presentado casos trágicos por el arsenicismo natural relacionado con el vulcanismo y la actividad hidrotermal asociada de la

do también patologías vasculares de las extremidades inferiores, diabetes, hipertensión arterial y trastornos reproductivos”⁷⁵. Además, el consumo crónico de agua con arsénico es un factor de alto riesgo en relación con el cáncer de vejiga y pulmón, debido a la gran capacidad mutagénica, teratogénica y carcinogénica del arsénico. De acuerdo a Chen *et al*, “El nivel de arsénico en agua potable se ajusta a la mortalidad por cánceres de vejiga, riñón, piel, próstata, pulmón e hígado”⁷⁰. Y según los análisis de Shibata *et al.*, la presencia de arsénico en el agua, “sugiere fuertemente que el arsénico es un carcinógeno urotelial”⁷⁶.

Desde que la ciudad de Antofagasta, la mayor ciudad de la región, comenzó a consumir las aguas de Toconce, los niveles de exposición de la población al arsénico fueron impresionantes: 860 µg/L entre los años 1958 y 1970⁷⁷. Este hecho, provocó un aumento de la mortalidad infantil: en un 18%-24% entre 1958 y 1965 y “Además, aumentó considerablemente la mortalidad por cáncer al hígado, riñones y pulmones entre 1985 y 1992”⁷⁸.

Al poco tiempo, las laceraciones dérmicas por efecto del arsenicismo se constituyeron en la identidad fenotípica de los habitantes regionales: los cuerpos en el desierto devinieron en la constitución de un verdadero archivo del meta-loide. Solo a dos años de expuesta la población, llegaron a Santiago, al Hospital Calvo Mackenna, cuatro enfermos procedentes desde el nuevo hospital de Antofagasta: tres adultos y un niño, quienes presentaban un orden pigmenta-

Cordillera de los Andes, siendo las aguas superficiales el mecanismo de dispersión del arsénico hasta el mismo Atlántico, abarcando así la zona cordillerana, que incluye el Altiplano, la Puna y áreas limítrofes hasta la zona pampeana. Los casos más emblemáticos son los atestiguados en Bell Ville (Córdoba), localidad donde el problema fue detectado en 1913, siendo denominado como “Enfermedad de Bell Ville”; en San Antonio de los Cobres en Salta (200 ppb de nivel de arsénico), Taco Pozo en Chaco (700 ppb) y la localidad de Mili (2400 ppb), en la Provincia de Santiago del Estero. En estas localidades, las dolencias más recurrentes durante el siglo XX e inicios del XXI fueron la hiperpigmentación de la piel, la hiperqueratosis, las verrugas, la melanosis, la leucodermia, además, una alta incidencia de cáncer de vejiga y de uretra. Swiecky, Claudia, *Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico HACRE: Módulo de Capacitación*. Buenos Aires, Ministerio de Salud de la Nación. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones, 2011.

- 75 Litter, Marta, “La problemática del arsénico en la Argentina: el HACRE”. *SAEGRE*. N° 17. 2010. p. 7
- 76 Shibata *et al.*, “Mutational spectrum in the p53 gene...”, p. 1085.
- 77 Hopenhayn-Rich *et al.*, “Chronic Arsenic Exposure and Risk of Infant Mortality in Two Areas of Chile”; Ferreccio, Catterina y Ana María Sancha, “Arsenic exposure and its impact on health in Chile.” *J Health Popul Nutr*. Vol. 24. Issue 2. 2006.
- 78 Apata, Mario, *Señales de adaptación humana al hidroarsenicismo en los valles andinos de la Región de Arica y Parinacota: evidencias de variantes protectoras del gen arsénico [+3] metiltransferasa*. Memoria para optar al título de Antropólogo Físico. Universidad de Chile. 2015. p. 8.

rio leuco melanodérmico en el tronco, además de la cara y en el cuello, junto a un estado verruciforme en las manos y en los pies,⁷⁹ síntomas propios de la exposición al arsénico.

Yuan *et al* pudieron demostrar, a través de un estudio de mortalidad que abarcó 50 años, el claro aumento en las muertes por infarto agudo de miocardio durante el tiempo de exposición al arsénico a través de las aguas de Toconce en Antofagasta, tasas que disminuyeron unos 10 años después de la exposición: “La primera evidencia de enfermedad cardiovascular asociada con arsénico en el agua potable provino de Antofagasta en la II Región de Chile, con una serie de casos de 17 muertes por infarto de miocardio informadas en sujetos menores de 40 años”⁸⁰.

El problema fue que ya se manejaba información en cuanto a la toxicidad del río, pero dichas informaciones no fueron consideradas. El testimonio del ingeniero Isaac Faiguenbaum es relevante en cuanto a ciertas advertencias remitidas a la calidad del agua durante la época de exposición al arsénico:

“En lo que a nuestro país se refiere, la experiencia comenzó a fines del año 1953 cuando, en nuestra calidad de ingeniero Jefe del Departamento de Estudios de la Dirección de Obras Sanitarias, nos convertimos en el primer ingeniero chileno que supo la existencia de arsénico en las aguas destinadas a Antofagasta. En efecto en esa oportunidad el Ing. Jefe de la Chile Exploration Co. señor William E. Rudolph nos informó de su conocimiento, adquirido a través de análisis recientes hechos en EE.UU. de N. A., de que las aguas de los ríos Toconce y Ojalar contenían una elevada dosis de As”⁸¹.

Cabe indicar que, en la comparación de los límites de concentración de arsénico en las aguas de bebida, establecido por la OMS, en 1958 el límite era de 0,02

79 Cámara de Diputados. Sesión N° 41. Legislatura Ordinaria. 10 de septiembre 1969. p. 4941. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

80 Yuan, Yan, *et al.*, “Acute myocardial infarction mortality in comparison with lung and bladder cancer mortality in arsenic-exposed region II of Chile from 1950 to 2000”. *American Journal of Epidemiology*. Vol. 166. N° 12. 2007. p. 1381-91.

81 Cámara de Diputados. Sesión N° 41. Legislatura Ordinaria. 10 de septiembre 1969. p. 4920. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

mg/l mientras que la norma chilena se limitaba a 0,05 mg/l⁸².

El senador, y también médico, Osvaldo Olgún Zapata, señaló en el Senado que ya en el año en 1946, la Sociedad Médica de Antofagasta había denunciado que el agua de Toconce era inadecuada para la vida del ser humano y que producía arsenicosis: “Después, algunos ingenieros especialmente el señor Rudolph, ingeniero jefe de Chuquicamata dejaron sentada también esa verdad: el agua de Toconce tenía un porcentaje de arsénico extraordinariamente alto, fluctuante entre 0,6 y 0,8 miligramos por litro de agua. A pesar de esto, se aceptó la solución de Toconce y se iniciaron las obras”⁸³.

El Senador indicó que el porcentaje de la población afectada era extraordinariamente alto y que después de diez años se había producido una intoxicación crónica de la población antofagastina, ante lo cual el gobierno de la provincia adoptó algunas medidas desde agosto de 1968; entre ellas, la colocación de 80 estanques auxiliares de plásticos para evitar el consumo desde las llaves. Además, comenzó a repartirse agua proveniente desde el río Siloli contando con la ayuda del Ejército para distribuirla en camiones aljibes.

El Diputado René Tapia denunció en el Parlamento la muerte de siete niños: “confirmada por exámenes anatómopatológicos, y de otros casos de niños que, a pesar de haber sido operados, quedarán con secuelas invalidantes y ya no volverán a correr, a jugar ni a sonreír como los demás”⁸⁴. Asimismo, el diputado denunciante indicaba la fatalidad en los niños: “Vimos a otros niños proletarios que llegaron tarde al médico, y éstos solo tendrán un tratamiento que calme sus molestias; y no será ni el de órgano ni el milagro el que consiga darles pulmones nuevos, destruidos por el veneno fatal que fue dañándolos sin premura y que los matará inexorablemente en un plazo no lejano”⁸⁵.

Otro de los primeros denunciantes de los problemas dermatológicos fue el médico yugoslavo residente en Antofagasta Antonio Rendić Ivanović⁸⁶. Sin em-

82 *Ibíd.*

83 Senado. Sesión Ordinaria N° 17. 15 de julio 1969. p. 1119. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

84 Cámara de Diputados. Sesión Ordinaria N° 23. 22 de julio 1969. p. 2060. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

85 *Ibíd.*

86 El médico Rendić era un personaje destacado en Antofagasta. En enero de 1964 había sido condecorado como Caballero Comendador de la Orden de San Silvestre en virtud de la obra social que realizaba en Antofagasta, dicho título fue conferido por el propio Papa Paulo VI. *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 6 de enero 1964.

bargo, su denuncia fue desatendida por sus propios colegas. Sin embargo, por efecto de la difusión del impacto del arsénico en la población a través prensa escrita, la Sociedad Médica se allanó a celebrar una reunión con la presencia del propio Rendic. “Esta trascendental medida –comentó La Estrella del Norte en su edición del 16 de noviembre de 1968– tiene la virtud de hacer justicia al primer y único médico que luchó contra la opinión de sus propios colegas para poner en alerta el mal que estaba causando el alto contenido de arsénico en el agua bebida”⁸⁷.

El caso de algunos infartos infantiles y los primeros cánceres en la piel, despertaron alta curiosidad en los médicos. Otro médico que se encargó de visibilizar el problema fue Edmundo Ziede, apodado como “Doctor del Arsénico”⁸⁸, quien, siendo presidente del Colegio Médico, inició una campaña para que las autoridades nacionales no siguieran minimizando la densa problemática sanitaria en Antofagasta⁸⁹.

El 18 de junio de 1968, el diario El Mercurio de Antofagasta indicaba sobre la alarma pública de la población en Calama, señalando: “el aumento de los certificados de defunción que confirman las intoxicaciones por arsénico como la causa de muerte de menores de edad de esta zona”⁹⁰. En ese contexto, el alcalde y regidor exigían el 2% Constitucional para enfrentar la emergencia ante dichos casos de muerte “en que está en peligro la seguridad y la salud de la población”⁹¹.

El 17 de julio de 1968, El Mercurio de Antofagasta comunicó que el municipio izó la bandera nacional a media asta en señal de protesta contra el gobierno central. Por su parte, algunos sectores de la ciudad izaron banderas negras y algunas banderas chilenas con crespones. En esas circunstancias, en 1968 el gobierno chileno y las autoridades sanitarias, a través del Servicio Nacional de Salud, designaron a tres médicos y una enfermera para determinar las consecuencias del alto contenido de arsénico en el agua que estaba provocando. Dicha agencia contó con la colaboración del Instituto Bacteriológico de Chile⁹². Fue entonces que se examinaron a 213 personas en la provincia: 159 en la ciudad de Antofagasta, 24 en el pueblo de Baquedano (que recibía solo aguas

87 Recabarren, Floreal y Valeria Maino, *Historia del agua en el desierto más árido del mundo*. Santiago, Matte Editores, 2008, p. 132.

88 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 10 de septiembre 2001.

89 Recabarren y Maino, *Historia del agua...*, p. 137.

90 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 18 de junio de 1968.

91 *Ibíd.*

92 Puga *et al.*, “Hidroarsenicismo crónico...”

del Siloli), y 30 personas en el poblado de Toconce⁹³. Según el análisis de las 159 personas, los que fueron divididos en “Piel sana” (115 personas) y “con melanodermia” (44 personas), los dramas sanitarios en los primeros remitían principalmente a dolores abdominales (19,1%), seguida por las diarreas (13%). Por su parte, en los considerados “con melanodermia”, la principal molestia también eran los dolores abdominales (36%), seguidas por diarreas (27%), también por decaimiento y signos bronquiales, ambas con 22%⁹⁴.

Cabe indicar que los signos distintivos de toxicidad crónica inducida por la presencia de arsénico incluyen queratosis de la piel de palmas y plantas e hiperpigmentación del torso y las extremidades superiores. Estas lesiones cutáneas generalmente se desarrollan de 5 a 10 años después de que comienza la exposición, aunque son posibles las latencias más cortas. Asimismo, la ingestión crónica de arsénico causa cáncer de piel y también se asocia con un mayor riesgo de cáncer de los órganos internos. La evidencia emergente muestra que la ingestión de arsénico inorgánico también puede conducir a efectos respiratorios⁹⁵. Se constituyó, entonces, un problema de salud pública, donde el impacto del hidroarsenicismo que afectó a la población se correlaciona directamente con los años de exposición de sus habitantes y el nivel de arsénico presente en el agua.

Sobre los aspectos cutáneos, se evidenció una acentuación de los pliegues palmares y plantares con hiperpigmentación de ellos, además de identificar en las palmas y plantas ligeras hiperqueratosis difusas con aspectos granulados. Lo anterior determinado por solevantamiento hemisféricos, puntiformes de la piel del tamaño de una cabeza de alfiler, además de describir colores cianóticos, los enfermos indicaban la manifestación de pruritos o picores,⁹⁶ junto con cefaleas y decaimientos, con algunos casos de abatimiento extremo. Un dato revelador indica: “las personas que reciben agua con alto contenido de As. contienen el doble de As. en el pelo y casi tres veces más en la orina promedio que aquellas que se abastecen con el agua de Siloli”⁹⁷.

En 1968, llegaron al Hospital Calvo Mackenna de Santiago 18 niños provenientes de Antofagasta, quienes fueron calificados como víctimas del arsenicismo crónico “con motivo del fallecimiento de uno de estos niños, se hizo un estudio

93 *Ibíd.*, p. 218.

94 *Ibíd.*, p. 219.

95 Mazumder *et al.*, “Arsenic in drinking water and the prevalence of respiratory effects in West Bengal, India.” *International Journal of Epidemiology*. Vol. 29. 2000. p. 1047-48.

96 Puga *et al.*, “Hidroarsenicismo crónico...” p. 219.

97 *Ibíd.*, p. 220.

anatómopatológico, encontrándose en sus vísceras un nivel de arsénico mayor que lo normal⁹⁸. Entre los años 1968 y 1969, se realizaron cinco autopsias en niños de Antofagasta. Los resultados arrojaron los típicos signos de intoxicación crónica por la presencia de arsénico, incluyendo hiperpigmentación y queratosis. Además de evidenciar anomalías en los tejidos pulmonares. De los cinco casos, dos presentaban fibrosis intersticial⁹⁹.

El 11 de julio 1969, el diputado Ramón Valdívieso denunciaba ante el parlamento que otros dos niños habían fallecido en el hospital de Antofagasta, detallando: “el primer caso con los diagnósticos de insuficiencia cardíaca, infarto al miocardio, pleuroneumonía izquierda y arsenicosis crónica como posibilidad de estudio; el segundo caso falleció de una trombosis mesentérica y se sospecha también que el arsénico pudiera haber influido”¹⁰⁰.

Finalmente, el informe levantado por la agencia sanitaria, al cual tuvieron acceso siete médicos que escribieron un reporte a la Revista Chilena de Pediatría en 1973, indica que el arsénico en Antofagasta fue la causa de la pigmentación anormal de la piel que se presenta en el 28% de la muestra obtenida en la encuesta epidemiológica. Indicando además que la patología asociada es significativamente más frecuente en las personas que presentan melanodermia que en aquellos que tienen piel sana. Se adiciona a lo anterior que los niños son los que presentaron las complicaciones más usuales las que correspondían al sistema respiratorio y al sistema circulatorio¹⁰¹. Despuntada la década de 1970, se empezaron a diagnosticar problemas respiratorios asociados con lesiones de la piel en niños que vivían en la región de Antofagasta, es decir, los niños comenzaron a evidenciar los síntomas del llamado “Mal de Pisagua”¹⁰² enfermedad atestiguada en los trabajadores del salitre a principios del siglo XX.

98 Cámara de Diputados. Sesión N° 41. Legislatura Ordinaria. 10 de septiembre 1969. pp. 4942-4945. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

99 Rosenberg, Harriet, “Systemic arterial disease and chronic arsenicism in infants”. *Arch Pathol.* N° 97. 1974. pp. 360-65.

100 Cámara de Diputados. Sesión N° 13a. Legislatura Ordinaria. 16 de julio 1969. p. 11.

101 Puga *et al.*, “Hidroarsenicismo crónico...”, p. 223.

102 *Ibíd.*, p. 224.

Tabla 2.
Nómina de 18 niños provenientes de Antofagasta atendidos en el Hospital Luis Calvo Mackenna

Nombre	Edad	Fecha de ingreso	Diagnóstico
VAR	7 años	24 de junio 1968	Melanodermia
LCE	2 años, 9 meses	14 de mayo 1968	Melanodermia Infarto al miocardio
MCD	8 años, 5 meses	17 de agosto 1968	Melanodermia Bronquitis aguda
CCCC	8 años	28 de junio 1968	0,93 mgrs de arsénico en el cabello
JFCV	6 años, 11 meses	27 de agosto 1968	Melanodermia. TBC pulmonar, bronquitis crónica
JPCL	5 años, 8 meses	6 de marzo 1968	Melanodermia
AEFC	2 años, 2 meses	25 de septiembre 1967	Melanodermia Síndrome de Raynaud
VGC	5 años, 11 meses	9 de agosto 1968	Melanodermia
MGC	4 años, 9 meses	10 de agosto 1968	Melanodermia
MMGC	14 años, 9 meses	19 de agosto 1968	Melanodermia
AMGM	3 años, 11 meses	18 de junio 1968	Melanodermia
CGM	7 años, 8 meses	18 de junio 1968	Melanodermia
GLF	9 años, 2 meses	10 de julio 1968	Síndrome neurológico. 2,15 mgrs de arsénico en los cabellos
ARM	7 años	5 de mayo de 1968	Melanodermia. Bronquiectasia
ARM	5 años, 5 meses	29 de julio 1969	Melanodermia y bronquitis crónica
FDR	9 años, 5 meses	14 de agosto 1968	Melanodermia
OVA	10 años, 6 meses	4 de julio 1968	Melanodermia
CVY	2 años, 4 meses	5 de julio 1968	Melanodermia e infarto al miocardio

Esquema elaboración propia. Los nombres fueron cambiados por las iniciales de las personas.
Fuente: Cámara de Diputados. Sesión N° 41. Legislatura Ordinaria. 10 de septiembre 1969. pp. 4942-45. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

MITIGACIÓN

En ese escenario crudo de mortalidad infantil, de visibles laceraciones dérmicas irreversibles, tan típicas por la exposición al arsénico, además de las campañas iniciadas por los médicos antofagastinos ante la explosión patológica, el Estado de Chile optó finalmente por implementar algunas medidas de mitigación que si bien resultaron tardías, vinieron a atenuar el alto impacto del hidroarsenicismo. Fue así que en la bocatoma de Toconce se construyeron estanques decantadores, a los que se les agregó sulfato de aluminio con el objeto de decantar o precipitar el arsénico contenido en el agua.

En 1970 Antofagasta contaba con 125.086 habitantes, y por ello el gobierno de Frei Montalva, en vista de la gravedad del asunto, en la última etapa de su periodo ordenó instalar una planta de filtros en los que se decantaban o coagulaban las sales arsenicadas que buscaron sanear el caudal proveniente de Toconce. Fue entonces que investigadores alemanes contratados por el Estado chileno, en alianza con investigadores chilenos, determinaron los parámetros necesarios para eliminar el arsénico del agua por medio de la coagulación. La primera planta se construyó y comenzó a funcionar en 1970, siendo inaugurada por el presidente Eduardo Frei¹⁰³. El Senador Osvaldo Olgún Zapata indicó en el parlamento: “En la primera etapa de esta experiencia, se logró rebajar de 0,8 a 0,4 la cantidad de arsénico. Esto, que significó disminuir en 50% el contenido arsenical, sin duda no era la solución, porque la norma internacional es de 0,2, y la aceptada en Chile, 0,05 parte por millón de arsénico. De manera que todavía estábamos por encima de la cantidad de arsénico aceptable”¹⁰⁴.

Dichas obras de mitigación consistentes en la instalación de una planta de filtros para abatir totalmente el arsénico en el agua de Toconce, fue adquirida por Ministerio de Obras Públicas y Transportes a la firma alemana Berkefeld Filter, con financiamiento del consorcio Krupp: “Este equipo importado tiene un costo CIF de 3.735.155 marcos”¹⁰⁵. Además, se empezaron a construir algunas obras civiles con un costo de 7.500.000 Escudos. La importación de la planta de filtros se autorizó por resolución de la Dirección General de Obras Públicas N°111 y por los decretos N° 749 y 368, de dicho año, de Hacienda y Obras Públicas, respectivamente. Las obras civiles se contrataron en Chile por resolución N°112, también de este año, del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, con la firma International Engineering Services for Latin America (INESA), y estuvieron a cargo del contratista señor Slachevsky¹⁰⁶.

Por su parte, las cervezas y las diversas bebidas de fantasías elaboradas en Antofagasta por la Compañía de Cervecerías Unidas (CCU), también fueron un vector de distribución de arsénico en varias otras ciudades del norte del país. Fue así que a contar de 1968, por las obligaciones que impuso el Servicio Nacional de Salud, la compañía de cervezas y gaseosas inició de modo urgente los estudios para abatir el contenido de arsénico en las aguas que utilizaba, esto lo hizo a través del sistema de remoción por flóculo de hierro, utilizando

103 *El Mercurio de Antofagasta*. Antofagasta. 12 de febrero 1970.

104 Senado. Sesión Ordinaria N° 17. 15 de julio 1969. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

105 *Ibíd.*

106 *Ibíd.*

una Planta de Tratamiento en la cual se adicionó Sulfato Ferroso, Cal, Yeso e Hipoclorito de Sodio. El agua así tratada pasaba finalmente por filtros de cuarzo, carbón activado y cerámicos¹⁰⁷. El 30 de septiembre de 1968, la Dirección de la 1° Zona del Servicio Nacional de Salud emitió la resolución N° 480 que prohibió la elaboración y expendio de todas aquellas bebidas que “contengan una cantidad de arsénico superior al máximo permisible que señalan las normas internacionales para el Agua Potable empleada en su fabricación”¹⁰⁸. De ese modo, todas las bebidas analcohólicas y alcohólicas que circulaban en Antofagasta y en el resto de la provincia, dejaron de hacerlo; estas eran: Papaya, Pepsicola, Orange Crush, Bilz, Ginger Ale, Pepsi Cola, Agua Seltz, Fanta, Coca-Cola, además de las cervezas Pilsener, Malta y Escudo¹⁰⁹.

Después de las primeras medidas tomadas en 1970, en la década siguiente se amplió la capacidad de esta primera planta de filtros y se construyeron dos nuevas plantas para abastecer a la ciudad de Calama, Tocopilla y Antofagasta¹¹⁰. Agréguese que la minera de Chuquicamata (en manos de CODELCO), construyó una planta de abatimiento de arsénico para su propio campamento. Todas estas obras, según el diputado Eduardo Clavel, “de defensa de la salud pública de los habitantes (...) llevó un poco de alivio y esperanza para quienes venían sintiendo en carne propia los efectos de tan terrible flagelo aún no conjurado”¹¹¹. Pero el mismo diputado denunció en 1972 que en la ciudad de Calama, la dirección del Hospital de dicha ciudad había indicado que la población estaba consumiendo agua con un contenido de arsénico de 0,30 partes por millón, “en circunstancias de que la proporción tolerable, de acuerdo con disposiciones vigentes del Código Sanitario, como máximo, es de 0,05 partes por millón”¹¹². Del mismo modo, en la ciudad de Calama se presentaban problemas de desabastecimientos en 1973, lo que “obliga a parte de la población a consumir agua arsenicada, lo que afecta, en especial, la salud de la población infantil”¹¹³.

107 Cámara de Diputados. Sesión N° 41. Legislatura Ordinaria. 16 de septiembre 1969. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

108 Cámara de Diputados. Sesión N° 41. Legislatura Ordinaria. 10 de septiembre 1969. p. 4927. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

109 *Ibíd.*

110 El diario La Prensa de Tocopilla reprodujo el decreto N°483 de la Municipalidad de Calama el cual llamaba a una propuesta pública para la adquisición de 5.000 metros de cañerías galvanizada destinadas al poblado de San Pedro de Atacama. *La Prensa de Tocopilla*. Tocopilla. 13 de octubre de 1970.

111 Cámara de Diputados. Sesión N° 6. Legislatura Ordinaria. 14 de junio 1972. p. 372. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

112 *Ibíd.*, p. 373.

113 Cámara de Diputados. Sesión N° 73. Legislatura Extraordinaria. 17 de enero 1973. p. 2954. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

En una mirada diacrónica, podemos ver que las concentraciones de arsénico en el agua potable en la actual región de Antofagasta se manifestaron de la siguiente forma:

Tabla 3.
 Niveles de concentración de arsénico en el agua potable de Antofagasta

Rangos cronológicos	Concentración (µg/L)
1950 – 1957	90
1958 – 1970	860
1971 – 1979	110
1980 – 1987	70
1988 – 1996	40

Fuente: Hopenhayn-Rich et al, "Chronic Arsenic Exposure and Risk of Infant Mortality in Two Areas of Chile".

Tabla 4.
 Comparación de tasas de mortalidad: mortalidad fetal tardía, mortalidad neonatal y mortalidad postnatal en las ciudades de Antofagasta y Valparaíso

Años	Mortalidad fetal tardía		Mortalidad Neonatal		Mortalidad Post natal	
	Antofagasta	Valparaíso	Antofagasta	Valparaíso	Antofagasta	Valparaíso
1950 – 1953	32.2	15,9	38.4	34.7	69.8	78,4
1954 – 1957	25.9	9,3	39.0	28,3	74.8	65.5
1958 – 1961	29.3	9,6	45.7	22,1	93.0	69.3
1962 – 1965	28.6	12,3	43.2	25,2	73.1	55,4
1966 – 1969	25.2	11,0	33.5	23,2	62.1	45,8
1970 – 1973	19.4	8,3	23.8	23,1	31.0	26,9
1974 – 1977	9.1	10,9	20.9	21,3	30.5	22,2

Fuente: Adaptado de Hopenhayn-Rich et al, "Chronic Arsenic Exposure and Risk of Infant Mortality in Two Areas of Chile".

Hopenhayn-Rich *et al.* utilizando los datos resumidos en la Tabla 4 y modelos de análisis de regresión de Poisson ajustados a las tasas de mortalidad (fetal tardía, neonatal y posnatal) en función de la estimación de años de exposición al arsénico y regresiones logarítmica lineal ajustados por ubicación y tiempo de calendario calcularon tasas asociadas a estos parámetros [ratios (RR) y los intervalos de confianza (IC) del 95%]. Encontraron que el análisis de regresión de Poisson arrojó una elevada y significativa asociación entre la exposición al arsénico y la mortalidad fetal tardía [relación de tasas (RR) =1.7; Intervalo de confianza (IC) del 95%, 1.-1.9], mortalidad neonatal (RR = 1.53; IC, 1.4-1.7), y Mortalidad postneonatal (RR = 1.26; IC, 1.2-1.3). En otras palabras, la ciudad de

Antofagasta exhibió aumentos marcados especialmente en las tasas de mortalidad fetal tardía, neonatal y post natal entre 1958-1961, si se compara con la ciudad Valparaíso donde el agua tenía buena calidad.

El incremento en las tasas generalmente coincide con el período de mayor concentración de arsénico en el agua de Antofagasta. Estas tasas se mantuvieron elevadas hasta 1970-1973. Es evidente que el arsénico entre los años 1958 y 1973, tuvo un impacto profundo, porque se evidencia una estrecha relación temporal entre la llegada del agua del río Toconce y la mitigación implementada con la planta de filtro hacia inicios de 1970. Tanto la literatura especializada como la general señalan una fuerte concordancia entre el consumo de agua contaminada con arsénico y sus nefastas consecuencias. Por ejemplo, en Antofagasta se evidenció una fuerte prevalencia de bronquiectasias, la cual fue 23 veces mayor entre los niños con lesiones cutáneas inducidas por arsénico que vivían en Antofagasta en comparación con los niños que vivían en el resto de Chile¹¹⁴.

Datos presentados en la Cámara de Diputados en 1969, indican que una encuesta escolar realizada en ese mismo año por la pediatra María Cristina Rojas, que consideró una muestra de 27.827 niños en edad escolar, arrojó los siguientes resultados de niños con síntomas de arsenicismo: Pampa Salitrera: 15% de niños contaminados. Tocopilla, 5%; Mejillones, 6% y Antofagasta con 13%¹¹⁵. En una encuesta transversal realizada 1976 en Antofagasta, que examinó 144 escolares con lesiones cutáneas inducidas por arsénico, la enfermedad broncopulmonar ocurrió 2,5 veces más a menudo en estos niños (15,9%) al compararlos con niños con piel normal (6,9%)¹¹⁶. A su vez, en la ciudad de Antofagasta se manifestaron tasas relativamente altas para la mortalidad por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) tanto en hombres como mujeres jóvenes, constatándose algunas muertes. Sobre la mortalidad de cáncer al pulmón y vejiga en la región de Antofagasta entre los años 1950 a 2000, éstas comenzaron a aumentar unos 10 años después de que comenzaron las altas exposiciones y no alcanzaron su pico hasta aproximadamente 20 años después del comienzo de las reducciones en la exposición¹¹⁷. Asimismo, se constataron muertes excesivas atribuidas al arsénico: entre 1991 y 1995, es

114 Zaldívar, R., "A morbid condition involving cardio-vascular, broncho-pulmonary, digestive and neural lesions in children and young adults after dietary arsenic exposure." *Health & Environmental Research Online (HERO)*. Vol. 170. 1980. pp. 44-56.

115 Cámara de Diputados. Sesión N° 41. Legislatura Ordinaria. 17 septiembre 1969. p. 4942. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

116 Borgoño, J.M. *et al*, "Arsenic in the drinking water of the city of Antofagasta: epidemiological and clinical study before and after the installation of a treatment plant." *Environ Health Perspect*. Vol. 19. 1977. pp.103-05.

117 Yuan *et al*, "Acute myocardial infarction mortality..." p. 1382.

decir, alrededor de 35 años después de que comenzaron las exposiciones más altas al arsénico. De las muertes masculinas, el 10% pudo ser atribuido al arsénico y un 4% de las muertes femeninas, también¹¹⁸.

Estos datos nos permiten llevar a afirmar que en Antofagasta existió un 800% de posibilidades de presentar un cáncer de pulmón, a la vejiga y a las vías urinarias por efecto de la exposición crónica a las altas concentraciones de arsénico entre los años 1958 y 1970¹¹⁹. Considerando, además, que en la década de 1980 aumentó la mortalidad por cáncer pulmonar en la región, el fenómeno fue objeto de estudio adoptándose en el año 1989 nuevas medidas de descontaminación en aquellos procesos. Así se detuvo la función de dos hornos de reverbero en Chuquicamata durante el año 1991,¹²⁰ hornos que además aumentaban la contaminación del aire con arsénico.

COMENTARIOS FINALES

Las tardías reacciones gubernamentales a los problemas sanitarios vividos en las urbes costeras del desierto de Atacama, particularmente en Antofagasta, demuestran una compleja situación entre la relación del Estado con el territorio minero. La condición de marginalidad en estas comunidades demostró claramente el desinterés propio de los gobiernos de proteger la salud pública de éstas, o en su defecto negligencia, ya que al menos una década antes de la instalación de las matrices de agua se manejaba información respecto a la mala calidad de las aguas del río Toconce.

En ese sentido, se observa un Estado centralizado, alejado y tardío en sus reacciones frente a la periferia. Un Estado que no se preocupó por el abastecimiento de agua, ni mucho menos de su calidad¹²¹. Es decir, surgió así una produc-

118 *Ibíd.*

119 El Mercurio de Antofagasta tituló el jueves 26 de noviembre de 2009: "Médicos preocupados por efectos actuales del arsénico".

120 Montoya-Aguilar, Carlos, "Cáncer en la región de Antofagasta, con especial referencia al cáncer vesical y al cáncer pulmonar." *Cuadernos Médicos Sociales*. Vol. 47. N° 3. 2007. pp. 162-75.

121 Ya en 1929 se comentó en el parlamento que la conducción del agua en Antofagasta se hacía en "pésimas condiciones, en barriles generalmente, por lo cual llega para ser bebida en estado, a veces, de putrefacción". Cámara de Diputados. Sesión N° 37. Legislatura Ordinaria. 20 de agosto 1929. p. 1591. Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. La Administración de Servicios de Alcantarillado Agua de Mar y Agua Potable, tuvo que enfrentar diversos reclamos ante los altos precios y por el mal servicio proporcionado a la comunidad. Esta misma institución informaba que el agua distribuida era sustancialmente agua desalada "no exenta de gérmenes infecciosos y de sales indigestas". Carta s/n, Administrador de Servicio de Alcantarillado Agua de Mar y Agua Potable. Tocopilla. 4 diciembre de 1931.

ción de una forma estatal que no gestionó adecuadamente la protección de la vida y sus procesos en los márgenes del territorio nacional¹²². En el marco del capitalismo minero se estableció un *nuevo orden espacial* de las ciudades¹²³. De este modo, la presión de la minería del cobre y del salitre, ambas en manos de capitales estadounidenses, generaron una presión hídrica que gatilló un déficit de los mismos recursos hídricos que, sumado al desinterés y desprolijidad del Estado, consolidaron una forma de violencia química soterrada, instalando una densa vulnerabilidad poblacional al proporcionar un agua no apta para el consumo humano. Así, se demostró la mirada de *desechamiento*¹²⁴ que opera en territorios que son considerados prácticamente como disponibles y sacrificables por diversos factores que van desde la pobreza socioeconómica hasta consideraciones políticas. Esto derivó en la denominada *violencia lenta*,¹²⁵ donde durante muchos años se consumió agua en torno a una *incertidumbre tóxica*¹²⁶ por parte de los habitantes, quienes la bebían sin tener claridad respecto a la contaminación a la que estaban siendo expuestos. Esta situación estuvo basada en una doble agresividad y asimetría: las escasas aguas disponibles eran mayoritariamente destinadas al uso minero; y, por otra parte, una asimetría respecto a la información que las empresas mineras ya manejaban y lo que los estudios científicos difundían en esos momentos en círculos académicos restringidos en otros puntos del orbe o del país¹²⁷.

Entonces, esa *violencia lenta*, que en el decir de Nixon se remite a aquella

122 El Mercurio de Antofagasta señaló el 29 de junio de 2018 que Antofagasta era la ciudad que lideraba los índices de mortalidad por cáncer de vejiga. Con base a afirmación, agregó: “Según cifras entregadas por la Unidad de Urología del Hospital Regional, mientras en el país esta patología se presenta en 1 de cada 100 mil habitantes, en la región la cifra supera en 60% la media nacional, con 1,6 casos por cada 100 mil habitantes. Las estadísticas muestran además que la mortalidad por cáncer de vejiga en la región, duplica el promedio país, con 2 casos por cada 100 mil habitantes, mientras en Chile el registro oscila entre 0,4 a 1 caso por cada 100 mil habitantes”.

123 Marcuse, P. y Van Kempen, R., *Globalizing Cities. A New Spatial Order?*. Oxford, Blackwell Publishers, 2000, p. 3.

124 Voyles, T., *Wastelanding: Legacies of Uranium Mining in Navajo Country*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 2015.

125 Nixon, R., *Slow Violence and the Environmentalism of the Poor*. Cambridge, Harvard University Press, 2011.

126 Auyero, J., y Swistun, D., “The Social Production of Toxic Uncertainty”. *American Sociological Review*. Vol. 73. Issue 3. 2008. pp. 357-79.

127 En el caso de Chile, se reporta el año 1923 como antecedente en que se describe por primera vez una enfermedad considerada original y característica de este país llamada “enfermedad del salitre” o “cáncer de los salitreros”. Las personas presentaban hiperqueratosis y alteraciones degenerativas en la piel, lesiones atribuidas al hidroarsenicismo. Ver: Galetovic Carabantes, Alexandra y Nilda Fernicola, “Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública”. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. Vol. 39. N° 4. 2003. pp. 365-72.

que se produce gradualmente y fuera de la vista, y por tales razones genera: “destrucción tardía que se dispersa en el tiempo y el espacio, una violencia tradicional que normalmente no se considera violencia en absoluto”¹²⁸. Es decir, una violencia invisibilizada tanto por su naturalización y normalización en su estrecho vínculo con el capitalismo minero y la *comodificación*¹²⁹ de las escasas aguas en el Desierto de Atacama. Procesos que a la postre impactaron negativa y directamente sobre las comunidades que incorporaron silenciosamente el arsénico al *régimen químico de la vida*¹³⁰, que es posible gracias a la “extensión geográfica” que ejerce el consumo de la industria, lo cual redundaba en una violencia química que se concentra principalmente en zonas de despojo, es decir en las zonas en que la vida “se vuelve no solo precaria a los efectos químicos, sino también más marginada y devaluada”¹³¹.

En ese escenario, fueron los cuerpos de los habitantes, que consumieron las aguas contaminadas, los que dieron las primeras señales de alerta, manifestando patologías dérmicas, diferentes dolencias y muertes, las cuales prendieron las alarmas de salud pública, surgiendo así una dura certeza ambiental: la población regional había sido masivamente envenenada. Situación que a pesar de las obras de mitigación y reducción del arsénico en el agua potable llevada a cabo en los años 70, continuó con sus estragos décadas después y se convirtió en un problema crónico de salud para miles de Antofagastinos debido a la bioacumulación permanente del metaloide en el organismo.

128 Nixon, *Slow Violencia...*, p. 2.

129 Romero, Hugo, “Comodificación, exclusión y falta de justicia ambiental”. Delgado Mahecha, Oviedo y Hellen Cristancho Garrido (eds.). *Globalización y territorio en América Latina*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 2009, pp. 243-91.

130 Murphy, Michelle, “Chemical Regimes of Living.” *Environmental History*. Vol. 13. Issue 4. 2008. pp. 695-703.

131 *Ibíd.*, p. 698.

ARCHIVOS

Archivo y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Archivo Gobernación de Tocopilla

Archivo Museo Histórico Nacional

PUBLICACIONES PERIÓDICAS

El Mercurio de Antofagasta. Antofagasta.

La Prensa de Tocopilla. Tocopilla.

La Verdad. Punta Arenas.

Scribner's magazine. New York.

SONAMI, *Boletín Minero de la Sociedad Nacional de Minería*.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, Alejandro, *Resumen de la historia de Calama*. Calama, Ediciones Odisea, 1999.

Alvear, Jorge, *Chile, nuestro cobre. Chuquicamata, El Salvador, Potrerillos, El Teniente, Enami, Mantos Blancos y Andina*. Santiago, Editorial Lastra S.A., 1975.

Apata, Mario, *Señales de adaptación humana al hidroarsenicismo en los valles andinos de la Región de Arica y Parinacota: evidencias de variantes protectoras del gen arsénico [+3] metiltransferasa*. Memoria para optar al título de Antropólogo Físico. Universidad de Chile. 2015.

Arce, Isaac, *Narraciones históricas de Antofagasta*. Antofagasta, Imprenta Moderna, 1930.

Arriaza, Bernardo *et al.*, "Living in poisoning environments: Invisible risks and human adaptation". *Evol Anthropol*. N° 27. 2018.

Auyero, J., y Swistun, D., "The Social Production of Toxic Uncertainty". *American Sociological Review*. Vol. 73. Issue 3. 2008.

Borgoño, J.M. *et al.*, "Arsenic in the drinking water of the city of Antofagasta: epidemiological and clinical study before and after the installation of a treatment plant." *Environ Health Perspect*. Vol. 19. 1977.

- Boyd, William, Scott Prudham y Rachel Schurman, "Industrial dynamics and the problem of nature". *Society & Natural Resources*. Vol. 14. Issue 7. 2011.
- Bustos, Alejandro, *Etnografía Atacameña*. Antofagasta, Instituto de Investigaciones Antropológicas, 1999.
- Carrasco, Anita, "Entre dos aguas: identidad moral en la relación entre corporaciones mineras y la comunidad indígena de Toconce en el desierto de Atacama". *Revista Chungara*. Vol. 46. N° 2. 2014.
- Castro, Victoria, y Martínez, José Luis, "Poblaciones indígenas de la Provincia de El Loa". *Culturas de Chile. Etnografía*. Santiago. Editorial Andrés Bello. 1997.
- Chen C.J., Kuo T.L., Wu M.M., "Arsenic and cancers. (Letter)". *Lancet*. N°1. 1988.
- Couyoumdjian, Ricardo, *Chile y la Gran Bretaña durante la primera guerra mundial y la posguerra 1914 -1921*. Santiago, Editorial Andrés Bello y Ediciones de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 1986.
- Dirección de Estadística y Censos, *XIII Censo Nacional de Población y II de Vivienda 29 de noviembre de 1960*. Santiago de Chile, Imprenta de la Dirección de Estadística y Censos, 1964.
- Dirección General de Estadísticas, *IX Censo de Población de la República de Chile levantado el 15 de diciembre de 1920*. Santiago de Chile, Sociedad Imprenta y Litografía Universo, 1925.
- Dirección General de Estadísticas, *Resultados del X Censo de Población efectuado el 27 de noviembre de 1930 y estadísticas comparativas con censos anteriores*. Santiago de Chile, Dirección General de Estadísticas, Imprenta Universo, 1931.
- Ferreccio, Catterina y Ana María Sancha, "Arsenic exposure and its impact on health in Chile". *J Health Popul Nutr*. Vol. 24. Issue 2. 2006.
- Ferreccio, Catterina y Ana María Sancha, "Lung cancer and arsenic concentrations in drinking water in Chile". *Epidemiology*. Vol. 11. Issue 6. 2000.
- Fischer-Kowalski, Marina y Helmut Haberl, "El metabolismo socioeconómico". *Ecología Política*. N° 19. 2000.
- Galaz-Mandakovic, Damir, "De Guggenheim a Ponce. Sistema técnico, capitalismo y familias en el extenso ciclo de los nitratos en El Toco y Tocopilla (1924-2015)". *Revista Chilena de Antropología*. N° 37. 2018.
- Galaz-Mandakovic, Damir, "Turbinas y electricidad para la mina, lámparas a parafina para la población. Crónica de una asimetría del capitalismo minero en Tocopilla

- (1914-1942)". *Estudios Atacameños*. N° 54. 2017.
- Galetovic Carabantes, Alexandra y Nilda Fernicola, "Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública". *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. Vol. 39. N° 4. 2003.
- Garcés, Eugenio, *Las ciudades del Salitre. Un estudio de las Oficinas Salitreras en la Región de Antofagasta*. Santiago de Chile, Ediciones Orígenes, 1999.
- González Pizarro, José, "Recursos hídricos, modernización y comunidad Atacameña. La coyuntura de los años 30". *Revista de Derecho Administrativo Económico*. Vol. II. N° 1. 2000.
- Gutiérrez, Eulogio y Marcial Figueroa, *Chuquicamata: Su grandeza y sus dolores*. Santiago, Imprenta Cervantes, 1920.
- Gutiérrez, Eulogio, *Chuquicamata, Tierras Rojas, Historia y monografía*. Santiago de Chile, Editorial Nascimento, 1926.
- Hopenhayn-Rich, Claudia *et al.*, "Chronic Arsenic Exposure and Risk of Infant Mortality in two Areas of Chile". *Environmental Health Perspectives*. Vol. 108. N° 7. 2000.
- Instituto Nacional de Estadística, *XIV Censo de Población y III de vivienda, 1970*. Santiago de Chile, INE, 1970.
- Instituto Nacional de Estadísticas, *XV Censo de Población y IV de Vivienda, 1982*. Santiago de Chile, INE, 1982.
- Litter, Marta y Jochen Bundschuh, *Situación del arsénico en la región Ibérica e Iberoamericana: posibles acciones articuladas e integradas para el abatimiento del As en zonas aisladas*. Buenos Aires, Editorial Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2010.
- Litter, Marta, "La problemática del arsénico en la Argentina: el HACRE". *SAEGRE*. N° 17. 2010.
- López, Emiliano, *La industria salitrera de postguerra*. Santiago, Imprenta y litografía Universo S.A, 1947.
- Macuer, Horacio, *Manual práctico de los trabajos en la pampa salitrera*. Valparaíso, Talleres Gráficos Salesianos, 1930.
- Marcuse, P. y Van Kempen, R., *Globalizing Cities. A New Spatial Order?* Oxford, Blackwell Publishers, 2000.
- Martínez, Gerardo, *Orígenes y desarrollo de Chuquicamata bajo la Chile Exploration*

Company. Santiago, Ediciones Revista Universitaria, 1971.

- Martínez, José Luis, "La formación del actual pueblo de Toconce, s. XX". *Revista Chungara*. N° 15. 1985.
- Mazumder *et al.*, "Arsenic in drinking water and the prevalence of respiratory effects in West Bengal, India". *International Journal of Epidemiology*. Vol. 29. 2000.
- McCaa, Robert (recopilador), *XI censo de población (1940). Recopilación de cifras publicadas por la Dirección de Estadísticas y Censos*. Santiago de Chile, Centro Latinoamericano de Demografía, 1940.
- Montoya-Aguilar, Carlos, "Cáncer en la región de Antofagasta, con especial referencia al cáncer vesical y al cáncer pulmonar". *Cuadernos Médicos Sociales*. Vol. 47. N° 3. 2007.
- Murphy, Michelle, "Chemical Regimes of Living." *Environmental History*. Vol. 13. Issue 4. 2008.
- Niemeyer, Hans, "Hoyas hidrográficas de Chile, Segunda Región". Santiago de Chile, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, 1980.
- Nixon, R., *Slow Violence and the Environmentalism of the Poor*. Cambridge, Harvard University Press, 2011.
- Poblete Sotomayor, Mirella, "Medio ambiente y calidad de vida". Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Unidad de Extensión y Publicaciones. Vol. 1. N° 5. 2001.
- Puga, Federico *et al.*, "Hidroarsenicismo crónico. Intoxicación arsenical crónica en Antofagasta. Estudio epidemiológico y clínico". *Revista Chilena de Pediatría*. Vol. 44. N° 3. 1973.
- Recabarren, Floreal y Valeria Maino, *Historia del agua en el desierto más árido del mundo*. Santiago, Matte Editores, 2008.
- Recabarren, Floreal, *Episodios de la vida regional*. Antofagasta, Ediciones Universitarias, Universidad Católica del Norte, 2002.
- Riso Patrón, Luis, *Diccionario Geográfico de Chile*. Santiago, Imprenta Universitaria, 1924.
- Riso Patrón, Luis, *El problema del Salado en la Hoya del Loa*. Santiago, Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, 1905.
- Rivara, Isabel y Corey, Germán, "Tendencia del riesgo de morir por cánceres asociados a la exposición crónica al arsénico. Región de Antofagasta 1950-1993". *Cuadernos Médicos Sociales*. Vol. 36. N° 4. 1995.

- Romero, Hugo, "Comodificación, exclusión y falta de justicia ambiental". Delgado Mahecha, Oviedo y Hellen Cristancho Garrido (eds.). *Globalización y territorio en América Latina*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- Rosenberg, Harriet, "Systemic arterial disease and chronic arsenicism in infants". *Arch Pathol*. N° 97. 1974.
- Rudolph, William, *Vanishing Trails of Atacama*. New York, American Geographical Society, 1963.
- Sancha, Ana María, *Estudio de caso: contaminación por arsénico en el norte de Chile y su impacto en el ecosistema y la salud humana*. Santiago, FCFM, Universidad de Chile, 1998.
- Servicio Nacional de Estadísticas y Censos, *XII Censo General de Población y I de Vivienda. Levantado el 24 de abril de 1952*. Santiago de Chile, Servicio Nacional de Estadísticas y Censos, imprenta Gutemberg, 1956.
- Shibata, Atsuko *et al.*, "Mutational spectrum in the p53 gene in bladder tumors from the endemic area of black foot disease in Taiwan". *Carcinogenesis*. N° 15. 1994.
- Solar, Carlos, Pizarro, Isabel, y Román, Domingo, "Presencia de altos niveles de arsénico en tejidos cardiovasculares de pacientes de áreas contaminadas en Chile". *Revista chilena de cardiología*. Vol. 31. N° 1. 2012.
- Soto, Alejandro, *Influencia británica en el salitre. Origen, naturaleza y decadencia*. Santiago, Editorial Universidad de Santiago, 1998.
- Swiecky, Claudia, *Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico HACRE: Módulo de Capacitación*. Buenos Aires, Ministerio de Salud de la Nación. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones, 2011.
- Vergara, Alejandro, *Derecho de aguas*. Vol. 1. Santiago, Editorial Jurídica de Chile, 1998.
- Voyles, T., *Wastelanding: Legacies of Uranium Mining in Navajo Country*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 2015.
- Yuan, Yan, *et al.*, "Acute myocardial infarction mortality in comparison with lung and bladder cancer mortality in arsenic-exposed region II of Chile from 1950 to 2000". *American Journal of Epidemiology*. Vol. 166. N° 12. 2007.
- Zaldívar, R., "A morbid condition involving cardio-vascular, broncho-pulmonary, digestive and neural lesions in children and young adults after dietary arsenic exposure". *Health & Environmental Research Online (HERO)*. Vol. 170. 1980.

Recibido el 21 de septiembre de 2018. Aceptado el 02 de septiembre de 2019