

Artículo

<https://doi.org/10.22380/2539472X.2710>

Página 1 de 33

Cenizas del Antropoceno: omisiones de carbón y estratigrafía tóxica en Tocopilla (Chile)

Anthropocene Ashes: Carbon Omissions and Toxic Stratigraphy in Tocopilla (Chile)

Cinzas do Antropoceno: omissões de carbono e estratigrafia tóxica em Tocopilla (Chile)

Recibido: 02/11/2023 • Aprobado: 13/06/2024 • Publicado: 01/09/2024



Cristóbal Bonelli

Universidad de Ámsterdam, Países Bajos

c.r.bonelli@uva.nl

<https://orcid.org/0000-0001-8109-0789>

Damir Galaz-Mandakovic

Universidad Católica del Norte, Chile

damir.galaz-mandakovic@ucn.cl

<https://orcid.org/0000-0003-0312-6672>

Marina Weinberg

Universidad Católica del Norte, Chile

marina.weinberg@ucn.cl

<https://orcid.org/0000-0001-9122-2212>

Valentina Figueroa

Universidad Católica del Norte, Chile

vfigueroa@ucn.cl

<https://orcid.org/0000-0001-7485-7013>

Gabrielle Hecht

Universidad de Stanford, Estados Unidos

ghecht@stanford.edu

<https://orcid.org/0000-0003-1445-0785>

Resumen

Este artículo ofrece una crítica transdisciplinaria a la abstracción capitalista de la “carbono-neutralidad” a partir de un análisis situado de la producción de energía para la gran minería de cobre y, recientemente, también de litio en la ciudad de Tocopilla (norte de Chile). Al examinar las transformaciones sociales y materiales gatilladas por la producción de energía para la gran minería durante el siglo XX, este trabajo problematiza dicha neutralidad demostrando cómo la reducción de emisiones corporativas de la gran minería en Chile opera a través de la producción de omisiones de carbón, a saber, a través de la omisión de los sedimentos tóxicos producidos por la combustión de varios combustibles que han generado lo que llamamos *cenizas del Antropoceno*. Para visualizar estos sedimentos, proponemos experimentar con una estratigrafía tóxica situada que revela los procesos históricos que precedieron la acumulación de cenizas sobre los sedimentos cuaternarios del acantilado costero, y que también explora los efectos actuales y futuros de la interacción entre estas capas. En última instancia, nuestro análisis situado en Tocopilla muestra cómo la carbono-neutralidad minera funciona como una abstracción con aspiraciones capitalistas que, al proponer discursivamente el desarrollo de transiciones energéticas, omite las transformaciones materiales y tóxicas desencadenadas por transiciones mineras.

Palabras clave: emisiones, omisiones, toxicidad, Antropoceno, carbono-neutralidad, estratigrafía tóxica

Abstract

This article offers a transdisciplinary critique of “carbon neutrality”. We present a situated analysis of energy production for large-scale copper and lithium mining in the city of Tocopilla (northern Chile). Examining the social and material transformations triggered by the production of energy for large-scale mining during the 20th century, this article problematizes carbon neutrality by demonstrating how large-scale mining corporations in Chile claim emissions reduction by producing carbon omissions, most notably by ignoring the toxic sediments of fuel combustion. We see these residues as the ashes of the Anthropocene. To render them visible, we experiment with a situated toxic stratigraphy, aimed at visualizing the historical processes that preceded the accumulation of ash on the Quaternary sediments of the coastal bluff. This visualization also explores the current and future effects of the interaction between stratigraphic layers. Ultimately, our analysis of Tocopilla shows how the carbon neutrality claimed by the mining industry functions as a capitalist abstraction, one that can only succeed by omitting the material and toxic transformations triggered by the so-called energy transition, which in the material world is actually a mining transition.

Keywords: emissions, omissions, toxicity, Anthropocene, carbon neutrality, toxic stratigraphy

Resumo

Este artigo oferece uma crítica transdisciplinar da abstração capitalista da “neutralidade do carbono” por meio de uma análise situada da produção de energia para a mineração de cobre em larga escala e, mais recentemente, de lítio na cidade de

Tocopilla (norte de Chile). Ao examinar as transformacións sociais e materiais desencadeadas pola produción de enerxía para a mineração en larga escala durante o século XX, este artigo problematiza esa neutralidade ao demostrar como as reducións de emisións corporativas da mineração en larga escala no Chile operan por medio da produción de omisións de carbono, ou seja, por medio da omisión dos sedimentos tóxicos producidos pola combustión de varios combustíveis que geraron o que chamamos de *cinzas do Antropoceno*. Para visualizar esses sedimentos, propomos experimentar una estratigrafía tóxica situada que revele os procesos históricos que precederán o acúmulo de cinzas nos sedimentos cuaternarios do penhasco costeiro e que também explore os efectos atuais e futuros da interacción entre essas camadas. Por fim, nossa análise situada em Tocopilla mostra como a neutralidade de carbono da mineração funciona como una abstracción com aspiracións capitalistas que, ao propor discursivamente o desenvolvemento de transicións de enerxía, omite as transformacións materiais e tóxicas desencadeadas pelas transicións da mineração.

Palabras-chave: emisiones, omisiones, toxicidad, Antropoceno, neutralidad de carbono, estratigrafía tóxica

Introducción

El 25 de agosto de 2022, en Tocopilla, se proclamó el nacimiento de la minería carbono-neutral en Chile. La empresa privada SQM, reconocida como líder mundial en producción de nitratos, presentó como protagonista del evento al Maxus ET-2549, un camión eléctrico de gran tonelaje alimentado por ocho baterías de iones de litio. Con una autonomía de 150 kilómetros, se anunció que el Maxus reduciría hasta 5 toneladas de CO₂ al mes, lo que equivalía a la absorción de dióxido de carbono realizada por “20 árboles medianos” (“Presentan a la comunidad de Tocopilla primer camión 100 % eléctrico que operará entre las faenas de SQM”). La prensa local exaltó este hito como un paso hacia la electromovilidad regional, como la materialización del futuro verde que llegaba al norte de Chile.

Enclavada en el borde del desierto de Atacama, con vistas al océano Pacífico, Tocopilla ha sido durante mucho tiempo un nodo regional y mundial para la minería a escala industrial. Desde la expansión del comercio de guano, nitratos y cobre en el siglo XIX, la ciudad ha vivido los altibajos del extractivismo capitalista y los cambios de los distintos Estados nación que la han gobernado: Tocopilla alguna vez perteneció a Bolivia, y solo se incorporó a Chile como resultado de la guerra del Pacífico (1879-1884). Desde entonces, los territorios de la ciudad han sido fundamentales en la generación y acumulación de riquezas, pues han sido explotados por distintos capitales internacionales y por el Estado chileno, que ha

intentado ejercer control sobre los minerales. Las actividades mineras han tenido un fuerte impacto en la degradación ambiental de la zona.

En la historia de Tocopilla, SQM no siempre fue una empresa privada: los primeros intentos de nacionalización de los nitratos por parte del Estado chileno tuvieron lugar a fines de la década de 1960, cuando el Gobierno estableció la Sociedad Química y Minera de Chile (Soquimich). Este proceso culminó en 1971 con su nacionalización total. Una década más tarde, en 1983, Soquimich fue privatizada durante la dictadura cívico-militar de Augusto Pinochet y fue rebautizada con su nombre actual, SQM. En la actualidad, esta empresa sigue presente en Tocopilla y mantiene viva la historia y herencia de la dictadura, puesto que es aún controlada —al menos en parte— por Julio Ponce Lerou, quien fue yerno del dictador Augusto Pinochet y sigue siendo uno de los principales accionistas. No resulta entonces sorprendente que, como epicentro de la proclamación de la *carbono-neutralidad* minera, se haya seleccionado este puerto, proclamación que, además, SQM construyó exacerbando su imagen de empresa “sustentable”, especializada en producir reactivos químicos esenciales en las baterías de vehículos eléctricos, como el carbonato y el hidróxido de litio. El 25 de agosto de 2022, la prensa local, adaladora de la presentación del camión Maxus, situó a Tocopilla en el centro de la economía global:

SQM es una empresa local de aquí de Tocopilla, de la pampa, con 25 años de producción de litio. Nuestros productos van a todo el mundo, ayudando a que el mundo sea más limpio y sustentable. Lo que queremos hacer con este camión eléctrico, que no contamina y no hace ruido, es llevar estas tecnologías a las realidades locales. (“Inauguran primer camión 100 % eléctrico” 2022, 4)

SQM resaltó que los beneficios del motor no se limitaban a impactos positivos exclusivamente locales. El informe de sustentabilidad de 2022 dirigido a inversionistas y clientes explicaba que el Maxus le permitía a la empresa cumplir con estándares internacionales establecidos en 2006 por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Este vehículo era un ejemplo concreto y crucial en el plan de la empresa para ser neutral en carbono en todas sus líneas de negocio para 2040 (Portal Minero 2022). En este objetivo resonaban las previsiones de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por su sigla en inglés), que indicaban que lograr un “cero neto” global en 2040 requeriría multiplicar por 42 la producción de litio (“The Role of Critical Minerals” 2021).

Sin embargo, el aterrizaje de este limpio y reluciente Maxus ET-2549 en Tocopilla contrasta fuertemente con la menos limpia y menos sustentable central termoeléctrica de carbón de la ciudad, que no solo ha alimentado, por varias décadas, las operaciones portuarias de SQM a solo 200 metros de distancia, sino que también ha generado la energía necesaria para la extracción de cobre durante todo el siglo XX.

Explorando las transformaciones sociales y materiales impulsadas por la producción de energía para la gran minería durante todo el siglo XX, este trabajo problematiza la carbono-neutralidad minera demostrando cómo la reducción de *emisiones* corporativas de la gran minería en Chile opera a través de la producción de *omisiones de carbón*, a saber, a través de la omisión de los sedimentos tóxicos producidos por la combustión de varios combustibles fósiles. Para visualizar estos sedimentos, ofrecemos una *estratigrafía tóxica* situada que revela los procesos históricos que precedieron la acumulación de cenizas sobre los sedimentos cuaternarios del acantilado costero, y que también explora los efectos actuales y futuros de la interacción entre estas capas. Al proponer esta estratigrafía, nos interesa mostrar cómo la abstracción de la carbono-neutralidad capitalista *omite* deliberadamente esta mezcla de materiales y temporalidades, y dar cuenta de algo que los residentes de Tocopilla han experimentado por décadas en su relación cotidiana con estos “ceniceros”, nombre coloquial con el que las personas del lugar se refieren a estos sedimentos tóxicos. En última instancia, nuestro análisis situado en esa ciudad demuestra cómo la carbono-neutralidad minera funciona como una abstracción con aspiraciones capitalistas que, al proponer discursivamente el desarrollo de *transiciones energéticas*, omite las transformaciones materiales y tóxicas desencadenadas por *transiciones mineras* (Weinberg 2023).

Nuestra comprensión de las omisiones en proyectos de reducción de emisiones (Bonelli *et al.*, en revisión) se inspira en la idea de Alfred Whitehead ([1925] 1949) sobre la percepción de la realidad como un proceso dinámico que involucra la percepción del entorno (Stengers 2022): las omisiones ocurren cuando ciertos aspectos son excluidos del proceso perceptivo. Utilizamos esta idea para analizar la omisión de la historia material de toxicidades implícita en la proclamación de la “neutralidad de carbono” minera en el norte de Chile. Además, nos interesa mostrar cómo la noción abstracta de neutralidad de carbono tiene implicaciones raciales, en línea con la crítica de Charles Mills (1997) al contrato social europeo, ya que no refleja las realidades locales y refuerza la supremacía blanca. Esta abstracción alimenta lo que Farhana Sultana (2022) denomina *colonialidad climática*,

que en Tocopilla se manifiesta en la producción de residuos expresados materialmente en la producción de ceniceros.

Estos ceniceros fueron omitidos en los eventos y discursos del día de la proclamación de la electromovilidad minera. En esa ocasión, la empresa también omitió que, aunque el camión Maxus funcione con baterías de litio que convierten la energía química en electricidad, las fuentes de recarga de esas baterías son alimentadas por combustibles fósiles, como el carbón. Al quemarse, el carbón se convierte irreversiblemente en cenizas, las cuales evocamos en este trabajo con la noción heurística de *cenizas del Antropoceno*. La omitida toxicidad de estas cenizas, acumulada a lo largo de décadas en Tocopilla, ha provocado graves enfermedades respiratorias en los residentes y una significativa degradación ambiental.

En Tocopilla, las omisiones de carbón incluyen no solo los contaminantes liberados en el puerto todos los días, sino también los residuos carbónicos altamente tóxicos y los metales pesados sedimentados en los suelos durante la larga historia industrial la ciudad (García *et al.* 2024). Estas omisiones de carbón, además, pueden ser pensadas como el resultado de una *gobernanza residual* (Hecht 2023): una gobernanza minimalista de los residuos y desechos que utiliza la simplificación, la ignorancia y el retraso (de la acción responsable) como tácticas centrales. Esta gobernanza residual descarta a personas y lugares, ambos considerados como residuos de los espacios mineros; al ser producidos como existentes por fuera del territorio impactado por la actividad minera, estos territorios de descarte son desconectados de la responsabilidad minera, algo nítidamente expresado a través de territorios geográficos y epistémicos considerados fuera de lugar, como territorios *off-site* (Weinberg 2023).

En el presente artículo damos cuenta de estas omisiones de carbón en Tocopilla. Primero, consideramos los mecanismos de abstracción y *accounting* que sirven para mantener discursiva y materialmente estas omisiones. Luego, consideramos la larga historia de los desechos de carbón en Tocopilla. Basándonos en esta historia y movilizand la diversidad de disciplinas de nuestro equipo (antropología, arqueología, historia, psicología, y ciencia, tecnología y sociedad), finalmente concluimos ofreciendo el concepto de *estratigrafía tóxica* como un dispositivo que permite visualizar, en lugar de oscurecer y omitir, los múltiples modos de violencia tóxica omitidos a través de la carbono-neutralidad y sus transiciones mineras¹.

1 Este trabajo se basa en décadas de investigación histórica, etnográfica y arqueológica realizada por los autores del artículo. Específicamente, moviliza el trabajo etnográfico de Marina Weinberg y Cristóbal Bonelli, el trabajo historiográfico de Damir Galaz-Mandakovic, y el trabajo arqueológico

Motores neutralizantes

El camión Maxus y sus contradicciones ejemplifican las tensiones centrales de los debates actuales sobre el cambio climático y las transiciones energéticas. De hecho, pensamos que la neutralidad del carbono proclamada por la empresa extractiva funciona dramatizando una “visión desde ninguna parte” (Haraway 1988, 581); se trata de una abstracción con aspiraciones capitalistas, propuesta con los artilugios de la “visión desde ninguna parte” que opera a través del “truco de Dios” (581) y vuelve invisibles las realidades locales, dejando fuera del proceso perceptivo aquellas realidades que disputan la univocidad de la historia supuestamente neutral y oficial articulada mediante abstracciones mineras sobre este territorio.

¿Cómo funcionan estas abstracciones en la práctica? La neutralidad de carbono está estrechamente asociada a otra abstracción: el “cero neto”, que mantiene la esperanza de que las emisiones de gases de efecto invernadero puedan compensarse con la eliminación de gases de efecto invernadero. De hecho, la carbono-neutralidad corporativa se ha ido consolidando como una apropiación abstracta de la acepción científica original del cero neto —propuesta al final de la primera década de los 2000—, y se ha desconectado del interés científico inicial en constatar cómo la materialidad de los millones de moléculas de CO₂ acumuladas en la atmósfera está en relación casi lineal con el problema físico-químico del calentamiento global de la superficie del planeta (Allen *et al.* 2009; Fankhauser *et al.* 2022; Zickfeld *et al.* 2009). Es esta materialidad molecular la que es vuelta abstracción a través de la huella de carbón corporativa, la cual traduce la complejidad de los millones de moléculas de carbón presentes en la atmósfera en unidades discretas cuantificables situadas en una hoja de cálculo. A su vez, esta es producida por los sectores privados emisores de carbono, que, además de ser dueños de estas hojas de cálculo, pueden proclamar y declarar un método de gobierno y control sobre sus propias emisiones (Walenta 2021)². Es por esto que la huella de carbono corporativa trabaja con abstracciones mercantilizadas que sirven

.....
de Valentina Figueroa en el norte de Chile. Tres de los cinco autores residen en esa región: Damir en Tocopilla, y Valentina y Marina en San Pedro de Atacama. Además, las investigaciones recientes de Gabrielle Hecht sobre gobernanza residual y los trabajos de campo colectivos han facilitado la escritura de este artículo.

- 2 Nuestro análisis dialoga con el de Whittington (2016), quien destaca que las emisiones de carbono están interconectadas con estructuras de poder, relaciones sociales y sistemas económicos, y considera el carbono como un espacio de relaciones globales materializadas (como elemento central en la formación contemporánea que modifica técnicamente las dinámicas humanas).

específicamente a las iniciativas de mercado desarrolladas para invisibilizar el daño ambiental, abstracciones que han sido pensadas desde las ciencias sociales y han configurado intangibles ambientales (Chiapello y Engels 2021). Estos intangibles, que muchas veces fracasan en cumplir sus promesas de cuidado, son generados por la apropiación capitalista del concepto científico de cero neto, que produce acumulación y mercantiliza los impactos ambientales (Biskupovic *et al.*, en prensa)³. Como veremos en este trabajo, al producir una desconexión con las realidades materiales circundantes a través de abstracciones, estos intangibles ambientales omiten la transformación de realidades materiales.

Ahora bien, operacionalizar el cero neto requiere herramientas de medición. El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de 2004 ofrece métodos de contabilidad del carbono para traducir “intangibles medioambientales” en abstracciones con las que rellenar hojas de cálculo. Así es como un Maxus ET-2549 puede convertirse, casi mágicamente, en “20 árboles medianos” en un lugar con escasos árboles autóctonos y alóctonos. De hecho, cuando el carbono se reduce a cero en las hojas de cálculo, las empresas pueden proclamar la neutralidad (Walenta 2021). Estos métodos prometen la conciliación del crecimiento económico con la acción por el clima (Chiapello y Engels 2021; Walenta 2021). Precisamente por eso, resultan atractivos para miles de empresas que buscan cuantificar su huella de carbono y delimitar sus responsabilidades en materia de mitigación climática (Walenta 2021), lo que les permite traducir la “dinámica material del cambio climático en un trabajo mundano que conoce y gestiona el orden social” (Knox 2020, 8)⁴.

Las empresas extractivistas que operan en el norte de Chile ven los métodos expuestos en el Protocolo de GEI como una forma de crecer siendo neutros en carbono y también de reducir la huella de carbono. La aplicación de los métodos requiere entonces dividir las emisiones en tres alcances especificados por el protocolo con los números 1, 2 y 3. Un responsable de la sostenibilidad de una de las

3 Günel (2016) ha explorado la mercantilización del dióxido de carbono en su trabajo con profesionales de captura y almacenamiento de carbono (CCS), una tecnología que recolecta CO₂ y lo almacena subterráneamente. Günel destaca cómo estos profesionales buscan comercializar el CO₂ mediante la *interconexión* de diversas versiones de la molécula. Nos interesa cómo la carbono-neutralidad minera trabaja ya con una versión abstracta de carbono que, en su calidad de abstracción, omite realidades locales.

4 Knox (2020) sostiene que las métricas de carbono, más que herramientas técnicas, tienen implicaciones políticas y sociales. Estas métricas reducen la complejidad climática a cifras, con lo cual distorsionan la comprensión de sus causas y soluciones. Nuestras elaboraciones se basan en el énfasis de Knox sobre la importancia de analizar críticamente el papel y el impacto de las métricas de carbono en lugar de considerarlas simplemente como herramientas técnicas neutrales.

empresas que producen compuestos de litio en el norte de Chile nos explicó la lógica con más detalle:

Las emisiones de alcance 1 son las procedentes de sus operaciones directas, es decir, de sus instalaciones. Esto incluye todas las bombas alimentadas con diésel o gasolina para extraer la salmuera de litio; todos sus camiones, la electricidad. Entran en juego diferentes factores, pero todo ello se suma a la generación de carbono. El alcance 2 es su energía eléctrica. Si tu electricidad proviene de una matriz como la chilena, que utiliza mucho carbono, por ejemplo, no va a ser tan limpia... Aunque en unos años, Chile va a tener una matriz mucho más renovable. Y el alcance 3 tiene que ver con todas las operaciones que vienen antes y [...] después de la tuya [...]. Entonces, cuando miras toda la cadena de valor, tus operaciones forman parte de la generación de carbono en los tres alcances. (Entrevista personal, 2021)

La presentación de la gerente sigue directamente la descripción genérica de los alcances de las emisiones de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., por lo que se cumple con éxito el objetivo de las normas internacionales. Pero ¿qué significa esto en la práctica? ¿Cómo se ajustan en este panorama las operaciones portuarias y la planta de carbón de Tocopilla? ¿Incluía el alcance 3 camiones, barcos y grúas? “Claro”, respondió la gerente. “El alcance 3 es lo que hay antes y después de tu empresa, aguas arriba y aguas abajo de tus operaciones”. Pero también depende de la definición de cada categoría. “Hay flexibilidad a la hora de definir el alcance 2 o 3, así que no está grabado en piedra”. Y es ahí, precisamente, donde radica el problema (entrevista personal, 2022).

La visión desde ninguna parte, en el sentido desarrollado por Haraway (1988), en su versión capitalista minera establece y prioriza el enfoque de SQM respecto a las emisiones. Las prácticas de alcance protegen los intereses financieros corporativos delimitando estrechamente la responsabilidad de la mitigación, lo que permite a SQM presentar su éxito como un crecimiento neutro en carbono. Las realidades concretas de la operación se desvanecen frente a las poderosas abstracciones. De hecho, el informe de sostenibilidad de la empresa en 2022 expone esta lógica con más detalle.

Al analizar con detención dicho informe, vemos que las emisiones totales de GEI de SQM fueron de 1 481 487 toneladas de CO₂ equivalente, desglosadas en 300 298 toneladas dentro del alcance 1, 508 076 toneladas dentro del alcance 2 y 673 113 toneladas dentro del alcance 3. Esto representó un aumento del 12,5 % en las emisiones totales. Sin embargo, SQM (2022) señaló alegremente que esto se

debió a “ampliaciones de capacidad”, principalmente en la producción de carbonato de litio, fertilizantes y sales solares. Aunque el carbonato de litio registró “un aumento de las emisiones [de alcance 3]”, el Maxus —presentado como una de las principales “iniciativas de gestión de emisiones” de la empresa— se erigió como un salvador. Este vehículo permitió a SQM, a través de su retórica neutral, poner en cero su reloj de emisiones. Su aparición se convirtió en el punto de partida de la mitigación: el tiempo cero de la ecuación.

Así, el Maxus sirve más como motor de neutralización política e histórica que como motor de mitigación del carbono. Primero reducida a una abstracción (un intangible medioambiental), la neutralidad del carbono es posteriormente rematerializada en tecnologías como el Maxus. Esto, a su vez, legitima la expansión de la extracción y al mismo tiempo oculta la larga historia de toxicidades relacionadas con el carbón de Tocopilla.

Los residuos históricos están ubicados en espacios *off-sites*, alejados de las locaciones en donde la empresa extrae el recurso (Weinberg 2023), y no son considerados en las evaluaciones del alcance 3. Estas omisiones son alimentadas por los motores eléctricos del Maxus, que operan como *motores neutralizantes* y trabajan para la expansión de las prácticas mineras, sin necesariamente generar un aporte real a la sustentabilidad de estas. Un trabajador con más de una década de experiencia en la gestión del ensacado de nitratos en el puerto nos contó recientemente que el camión Maxus no ha generado un cambio operativo significativo. Agregó que “el camión no siempre está disponible [...] a veces lo mueven para exhibirlo en eventos” (entrevista personal, 6 de abril de 2024). Otros residentes del puerto nos comentaron que el camión no llega a Tocopilla todos los días, a veces se dirige a Nueva Victoria (una faena minera de SQM ubicada a 200 kilómetros de distancia). Porcentualmente, considerando solo los camiones que llegan a Tocopilla, el Maxus representa menos del 1 % del total de la flota de transporte de nitratos. Otra persona relacionada con el rubro nos dijo:

Cuando llega el camión eléctrico, se le da prioridad para evitar que se descargue, ya que no hay estaciones de carga eléctrica en Tocopilla. Por lo tanto, realiza solo un viaje, a diferencia de los demás camiones a diésel que realizan dos viajes. (Entrevista personal, 6 de abril de 2004)

De toda la flota de SQM a nivel regional, solo uno de los camiones es eléctrico. Los demás, que recorren más de 80 kilómetros desde la planta de Coya Sur y el salar de Atacama, funcionan con diésel.

Tocopilla y sus mundos de carbón

La declaración de la carbono-neutralidad como *mirada global* (véase Fogel 2004) en localidades situadas como Tocopilla no ocurre en el vacío, ni su concreción está exenta de contradicciones y tensiones. Desde el año 2019, y motivada por el Acuerdo de París, se inició la implementación del cronograma de cierre de las termoeléctricas de carbón en Tocopilla. Estas plantas, que durante todo el siglo XX abastecieron de energía a la minería del cobre, comenzaron a cerrarse en medio de la conmoción pública. Rumores y noticias confusas en diversos medios de comunicación y redes sociales digitales relacionaban el cierre de las termoeléctricas con un impacto negativo potencial en la economía local. En particular, se destacaba el riesgo de una inminente expansión del cese de trabajadores. Como resultado, el proceso de descarbonización no contó con suficiente apoyo comunitario⁵.

El carbón, que durante décadas permitió a la empresa SQM operar su sistema electromecanizado de embarque de nitratos en Tocopilla, estaba asociado a una historia de trabajo asalariado común entre los habitantes del lugar. En este contexto, un hito relevante encontrado en los archivos periodísticos fue la publicación de un reportaje en el diario *El Mercurio de Antofagasta*, en la edición del 13 de enero de 2019, titulado “Cierre de centrales térmicas abre un difícil panorama en Tocopilla”. Este reportaje recogió diversas opiniones y apreciaciones sobre el presente y futuro de la ciudad. Fue ampliamente difundido en redes sociales digitales y profundizó una sensación de incertidumbre colectiva ante “un panorama que pone en jaque al último puerto salitrero” (12).

Radios e informativos digitales abordaron el tema y provocaron diversas reacciones y análisis difusos. Estos solo contribuyeron al alarmismo y a la reproducción de un pesimismo generalizado. El pesimismo era compartido por grupos que recibían aportes económicos de las termoeléctricas y de SQM. Entre ellos, se encontraban juntas de vecinos, organizaciones sociales e instituciones deportivas, culturales, educacionales y religiosas. Estas organizaciones temían

5 Como resultado del Acuerdo de París, se implementó el programa Transición Socioecológica Justa en Chile, liderado por el Gobierno de Gabriel Boric. Coordinado por la Secretaría Regional Ministerial de Energía, convocó a vecinos de Tocopilla para expresar sus demandas. Sin embargo, el informe final solo enumera deseos estratégicos, sin proponer cambios legislativos profundos en las lógicas extractivistas. Durante el cierre del programa de Transición Socioecológica Justa, AES Andes quemó 94 000 toneladas de carbón en Tocopilla entre febrero y marzo de 2024, con autorización del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN). Demandas ciudadanas y carteles que exigían “detener la quema de carbón” mostraron una disonancia con el espíritu del programa.

una disminución en los aportes económicos realizados por Engie y AES Gener, las empresas propietarias de las termoeléctricas⁶. Tales aportes eran variados y podían fluctuar entre asignaciones directas y fondos concursables promovidos por las áreas de relaciones comunitarias y sustentabilidad de las compañías. Todas estas iniciativas estaban amenazadas por la implementación de la neutralidad de carbono corporativa.

A raíz del impacto que tuvo el reportaje publicado el 13 de enero, se conformó una mesa de trabajo llamada Plan Futuro, integrada por autoridades locales y regionales, dirigentes sindicales, dirigentes vecinales y representantes de las empresas Engie, AES Gener y SQM. Dicha mesa se planteó como objetivo trazar los rumbos de la comuna ante la inminente coyuntura socioeconómica provocada por el cese de las termoeléctricas, con el fin de proponer alternativas productivas. No obstante, la trayectoria de esta instancia de diálogo y participación se diluyó a las pocas semanas debido a la tensión y a las disonancias políticas surgidas entre autoridades municipales y gubernamentales.

La discusión sobre el futuro productivo y económico de Tocopilla saturó la agenda comunal a través de radios, diarios y redes sociales digitales, en los que el cese de operaciones era un tema recurrente. No se vislumbraban soluciones claras, lo que generó desánimo y visiones pesimistas sobre el futuro de la ciudad, tanto en los trabajadores como en el comercio establecido y la mayoría de los segmentos comunitarios de Tocopilla. Además, grupos ambientalistas tensionaron aún más el debate apoyando el retiro de las termoeléctricas y argumentando la existencia de una correlación entre el tipo de producción de energía demandada por la gran minería del cobre durante los siglos XX y XXI y las cifras, como veremos más adelante, de mortalidad y morbilidad de diversos tipos de cáncer⁷.

6 Engie es una empresa perteneciente a un grupo de capitales franceses cuyo mayor accionista es el Estado. Actualmente, es líder mundial en generación, transmisión, suministro de electricidad y transporte de gas natural.

7 En consonancia con el trabajo de Auyero y Swistun (2009), estos eventos demostraron que la toxicidad ambiental no es solo un problema físico o biológico, sino también una cuestión social, económica y política profundamente arraigada. Estos autores analizaron cómo ciertas narrativas sobre contaminación y salud, diseñadas por privilegiados, generan *trabajo de confusión* y producen incertidumbre tóxica. Nuestro trabajo expande esta lógica, mostrando que la carbono-neutralidad opera como un *trabajo de omisión*.

La industria del cobre en el norte chileno

Los flujos globales de la abstracción de la neutralidad de carbono, en parte materializados en Tocopilla con el cierre de las termoeléctricas, se desarrollaron en un territorio históricamente conectado y continuamente transformado por los flujos de capitales y minerales asociados, entre otras, a las industrias del cobre y del salitre. Desde Tocopilla, como veremos, la narrativa de las transiciones energéticas se yuxtaponía a una historia de *transiciones de combustibles* vinculadas a la industria del cobre, la cual ha sido la principal fuente de financiación del crecimiento económico de Chile durante más de un siglo (Alvear Urrutia 1975).

Actualmente, Chile cuenta con cerca del 23% de las reservas mundiales de cobre y el 27% de la producción global (USGS 2022). Este metal se extrae de uno de los lugares más áridos de la Tierra, el desierto de Atacama (Jordan *et al.* 2014), que alberga los mayores yacimientos de pórfidos de cobre del mundo (Sillitoe 2010). La región de Antofagasta, en particular, donde se encuentra el desierto (figura 1), es líder por excelencia en la extracción de cobre en Chile, concentrando el 54% de la producción nacional (Cochilco 2022).

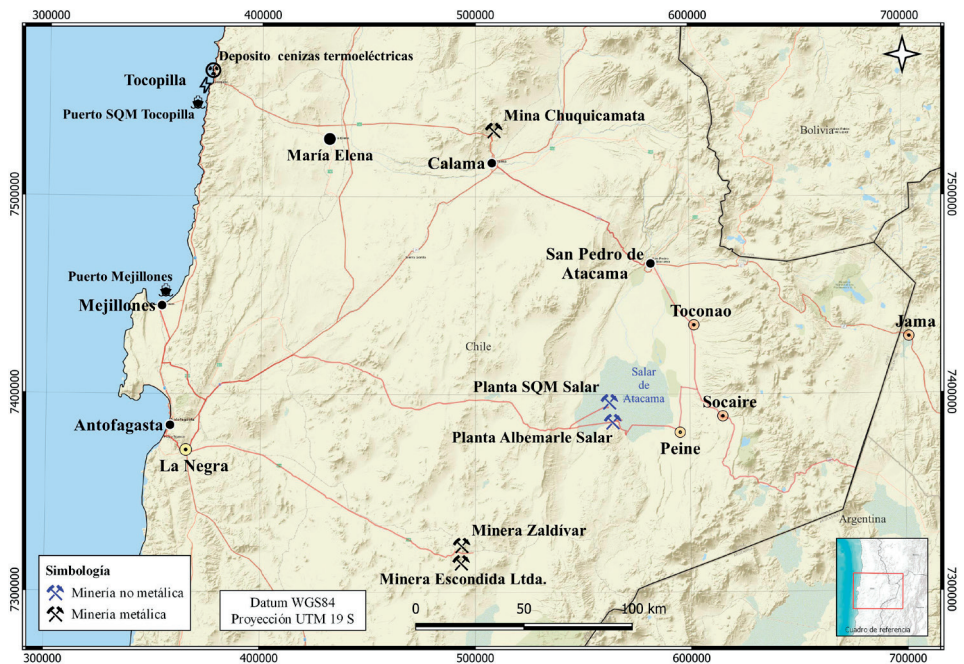


Figura 1. Mapa del norte de Chile

Fuente: elaborado por Camilo Sanzana P.

El yacimiento Chuquicamata, uno de los más antiguos, perteneciente hoy a la empresa Codelco (Corporación Nacional del Cobre de Chile), produce aproximadamente el 1,7 % del cobre fino mundial, el 5,7 % del cobre fino chileno y cerca del 18 % de la producción total de Codelco (Cochilco 2022). En el contexto actual de crisis climática, el papel estratégico de esta corporación como uno de los principales productores de cobre refinado se ha vuelto cada vez más relevante para la organización social y económica de Chile, y tiene implicaciones fundamentales para las cadenas de suministro energético mundiales. Tocopilla, en ese sentido, ha sido una ciudad fundamental en cuanto generadora de la electricidad necesaria para esos procesos cupríferos de relevancia global.

Gran parte de esta actividad fue impulsada por los Guggenheim, una familia de magnates mineros de Estados Unidos. En 1915 pusieron en marcha Chuquicamata, una mina de cobre que se convirtió rápidamente en la principal fuerza socioeconómica de la región y que fue por décadas la filial más importante de Codelco y la mayor mina a cielo abierto del mundo. En 1923, los Guggenheim vendieron Chuquicamata a Anaconda Co. y entraron en el aún más lucrativo negocio de los nitratos, que previeron los haría “ricos más allá de los sueños de la avaricia” (O’Brien 1989)⁸. Hoy, vastas hectáreas de tierra estéril en toda la región de Atacama atestiguan el éxito de su plan de adquisición de riqueza.

Chuquicamata y su campamento funcionaron como un típico enclave minero: un Estado dentro del Estado, en el que la empresa proporcionaba todos los bienes y servicios —incluyendo vivienda, salud y educación— a los trabajadores y sus familias, que a su vez desarrollaron un sentimiento de pertenencia y orgullo especialmente fuerte (Harner 2001; Porteous 1974; Weinberg 2021). Desde 1915, la electricidad para el funcionamiento de la mina, sus plantas y su pueblo provino de una central termoeléctrica de petróleo de última generación, construida con esa intención en Tocopilla, a 140 kilómetros de distancia. Inaugurada la vía telegráfica desde el Palacio de la Moneda de Santiago, 1 500 kilómetros al sur, la central permitió a Tocopilla consagrarse como la *capital de la energía*. En 1971, el Gobierno socialista de Salvador Allende expulsó al capital estadounidense y nacionalizó las industrias del cobre y del nitrato.

8 Como ha sido propuesto por Clark y Foster (2012), la historia del guano y los nitratos “ayuda a ilustrar el funcionamiento del imperialismo ecológico y la emergencia de una fractura metabólica global que implicó degradación ambiental e intercambio ecológico desigual [...] del capitalismo industrial” (7). Esta degradación ambiental es disruptiva en varias escalas, incluyendo ecologías microbianas propias de los sistemas de salares del norte de Chile (Bonelli y Dorador 2021).

En 1992, tras casi ochenta años de existencia, el campamento de Chuquicamata fue declarado “zona saturada de dióxido de azufre y material particulado respirable”, y su población fue trasladada a la cercana ciudad de Calama (Weinberg 2021). Sin embargo, la mina siguió funcionando. En la actualidad, Chuquicamata representa casi el 6 % de la producción de cobre fino de Chile (Cochilco 2022; Jordan *et al.* 2014; Sillitoe 2010; Weinberg 2021). Durante más de un siglo, el complejo minero-energético constituido por el cobre de Chuquicamata, los nitratos de Atacama y las centrales eléctricas de Tocopilla ha desempeñado un papel central en la autoimagen de Chile como nación moderna y conectada al mundo.

Con la ayuda del Estado chileno, las industrias mineras y energéticas alimentaron mutuamente su crecimiento, lo que le permitió a cada una mantener enormes beneficios. Tras el aumento del precio del petróleo en la década de 1970, por ejemplo, Codelco recurrió al carbón como combustible, para lo cual añadió cuatro centrales de carbón a la flota que ya existía en Tocopilla (Blinder 1979). En noviembre de 1987, la Comisión Nacional de Energía de Chile creó una red eléctrica alterna única que unía las centrales de carbón de Tocopilla con las centrales de generación de diésel de Iquique, Antofagasta y otras ciudades a lo largo de 400 kilómetros de la costa norte del país. Conocida como SING (Sistema Interconectado del Norte Grande), la red se diseñó principalmente para dar servicio a las empresas mineras, que consumían el 90 % de su electricidad⁹. Más energía permitió más minería. En 1990, la empresa australiana BHP Billiton puso en marcha Minera Escondida, un nuevo y colosal proyecto de cobre que superó la producción de Chuquicamata en su primera década (Gallegos *et al.* 2022). También se construyeron más centrales, algunas de ellas con capital privado, como Nueva Tocopilla de la empresa Norgener.

En 1997, al entrar en vigor el Protocolo de Kioto para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el 68 % de la electricidad que circulaba por la red del SING procedía de centrales de carbón de Tocopilla (figuras 2, 3 y 4). Cuando estas dejaron de ser “competitivas” debido a la drástica bajada de los precios del gas natural (gracias al nuevo gasoducto Gas Andes que unía Argentina y Chile), los operadores de Tocopilla introdujeron otro combustible: el coque de petróleo, un subproducto del refinado del petróleo. Significativamente más barato que el gas (o el carbón bituminoso), el alto contenido calorífico del coque de petróleo

9 El desarrollo de energía solar y eólica en el norte de Chile, especialmente en Antofagasta, excede los objetivos de este trabajo. Actualmente, la red SING/SIC obtiene casi el 30 % de su energía de estas fuentes. Sin embargo, la generación de energía variable ha causado problemas técnicos y el carbón seguirá siendo necesario en los próximos años. Aunque Tocopilla tendrá un papel reducido en la matriz energética futura, el carbón provendrá principalmente de plantas en Mejillones.

permitió a los operadores reducir los costos de generación de electricidad en un enorme 35 %, lo que garantizó que la extracción ilimitada de minerales siguiera siendo altamente rentable (Galaz-Mandakovic 2021; Andrews y Lattanzio 2013).



Figura 2. Descarga de carbón en campos de acopio mediante cinta transportadora

Fuente: archivo personal de Cristóbal Oyarzún.



Figura 3. Vista del muelle en 1984 y zona del depósito de carbón

Fuente: archivo personal de Cristóbal Oyarzún.



Figura 4. Vista desde el sur del puerto de descarga de carbón, 1985

Fuente: archivo personal de Cristóbal Oyarzún.

Los ceniceros de Tocopilla

El proyecto extractivista chileno continuó desarrollándose sin interrupciones. Con la introducción de cada nuevo combustible, se incrementaron las consecuencias ambientales y los impactos en la salud de los habitantes de Tocopilla. Entre las décadas de 1910 y 1970, los humos generados por la combustión de petróleo crudo en la central termoeléctrica de Tocopilla impregnaron la ciudad. El petróleo y otros productos químicos eran regularmente vertidos en el océano Pacífico. Además, el agua utilizada para enfriar las turbinas se devolvía al mar a temperaturas elevadas, lo que afectaba negativamente la vida marina. La muerte de peces y aves se convirtió en un fenómeno común en la costa.

En 1983 surgió un nuevo problema cuando el carbón sustituyó al petróleo como combustible de la central termoeléctrica, que estaba bajo control estatal desde 1971. La combustión del carbón generaba importantes cantidades de cenizas volantes que debían ser eliminadas. El primer cenizal se ubicó junto al vertedero municipal, cerca de las empresas pesqueras, a 3 kilómetros al norte de la usina. Una vez que este depósito alcanzó su capacidad máxima, las cenizas comenzaron a ser vertidas unos pocos kilómetros al norte del primer depósito. Sin embargo,

el vertido de residuos en la periferia no protegía a los residentes urbanos, ya que el trayecto desde la central eléctrica hasta el cenizal atravesaba la ciudad.

Diariamente, una caravana de grandes camiones que utilizaban petróleo como combustible cruzaba la ciudad para transportar las cenizas a los depósitos. Durante el trayecto, el viento dispersaba las cenizas, cargadas de metales pesados, sobre las calles, los edificios y los habitantes de la zona. Los cenizales eran poco más que un vertedero al aire libre, sin ninguna medida efectiva para contener las cenizas en el aire.

Además, este proceso de ubicación de cenizas implicó también la desaparición parcial de algunos balnearios costeros y expuso a los pobladores a una serie de metales pesados que llegaban trasladados por el viento. En muchas ocasiones estos metales cayeron al mar por efecto de algunos aluviones, particularmente el de 1991 y el más reciente ocurrido el 9 de agosto de 2015. Este último afectó a las poblaciones Las Tres Marías y Pacífico Norte, ambas colindantes con los depósitos de cenizas. Pacífico Norte, un proyecto construido por el Estado en el año 2009, cuenta con 512 casas en donde viven más de 2 000 personas, a solo 600 metros del vertedero de cenizas (Galaz-Mandakovic 2018).

Las cenizas de las plantas de coque de petróleo de Tocopilla contenían niveles particularmente altos de níquel y vanadio. La humedad, la lluvia y el rocío costero (camanchaca) fueron haciendo que estos metales pesados se fundieran con los ciclos biogeoquímicos locales, lo que generó mundos mineros “geosimbióticos tóxicos” (Ureta y Flores 2022) con efectos dañinos, que pusieron en peligro la supervivencia de los organismos afectados.

La exposición al níquel daña directamente los riñones y también afecta los sistemas de desarrollo y reproductivo. Cuando se inhalan, los compuestos de níquel pueden ser tóxicos para las vías respiratorias y el sistema inmunitario (“Toxicological Profile for Vanadium” 2012; Vidal 2005). La inhalación de vanadio también genera riesgos considerables. Una vez dentro del cuerpo, este elemento se acumula en los huesos, los riñones y el hígado, causando efectos que pueden incluir bronquitis, bronconeumonía, decoloración de la lengua y la piel, e irritación ocular (“Toxicological Profile for Vanadium” 2012). La excreción de níquel, vanadio y otros metales pesados los devuelve a la circulación, lo que les permite dañar otros organismos. Los vientos costeros y la niebla garantizan que las partículas nocivas estén en constante movimiento, superando regularmente los límites reglamentarios del Estado. No sorprende, por lo tanto, que Tocopilla registrase la tasa de mortalidad más alta del país por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, y la segunda más alta en tumores malignos (Galaz-Mandakovic 2021).

La introducción del coque de petróleo agravó la situación. Su combustión elevó los niveles de PM10 y PM2,5, saturando aún más la nube tóxica. Datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) documentaron un rápido aumento de las muertes por cáncer en la provincia de Tocopilla, donde las tasas de mortalidad llegaron a duplicar las de otras ciudades del norte. En 2008, por ejemplo, la mortalidad infantil en Tocopilla alcanzó la notable cifra del 14,2 %, casi el doble de la media nacional. A pesar de la clara correlación entre la introducción del coque de petróleo y el aumento de estas tasas (Galaz-Mandakovic 2020 y 2021), el INE no abordó la causa de las muertes, ya que esa no era su función. La compartimentación del conocimiento, que facilita la delimitación de responsabilidades, es una de las principales herramientas de la gobernanza residual (Hecht 2023). La ausencia de pruebas causales directas, cuya imposibilidad es otra característica de esta forma de gobernanza, permitió que todas las partes evitaran asumir su responsabilidad¹⁰.

En la década de 1990, los habitantes de Tocopilla ya estaban cansados de la procesión diaria de cenizas tóxicas a través del puerto. Sin otros recursos a su disposición, hicieron oír sus voces mediante cartas a la prensa local. Algunas estaban firmadas por individuos, mientras que otras aparecían en nombre del colectivo. Un ejemplo de esto es una carta publicada en 1998 en *La Prensa*, firmada por “Pueblo de Tocopilla”:

Nuestras casas presentan un color grisáceo, casi negro, debido al transporte de cenizas de carbón en camiones que atraviesan toda la ciudad y dejan un rastro de ceniza, que se esparce por todas partes una vez que se seca... Cualquiera puede observar una capa de hasta diez centímetros de ceniza en las aceras y bermas que va desde la salida de los camiones hasta el vertedero... ¿Hasta cuándo tendremos que soportar esta invasión de cenizas en nuestras casas? ¿Y en los pulmones de nuestros hijos? (“Cartas al director: contaminación” 1998, 2)

Los firmantes propusieron una solución simple: “Por favor, transporten las cenizas en grandes bolsas de plástico (estilo Maxbag) y Tocopilla y sus niños se lo agradecerán” (2). Así, los residentes comprendían perfectamente las consecuencias biogeoquímicas y vivenciales de la exposición a cenizas tóxicas (Weinberg y Figueroa 2024).

10 Un trabajo detallado sobre cómo la ciencia a menudo se encuentra en una posición “sin poder” para enfrentar de plano los desafíos ambientales y de salud pública, especialmente cuando choca con intereses políticos y económicos poderosos, es el de Boudia y Jas (2014).

Año tras año, sin embargo, el desfile de cenizas persistía implacable. En 2006, H. G. V., descrito como “un tocopillano ennegrecido”, escribió una carta desesperada para denunciar la falta de progreso: “Imaginen el estado de los pulmones de todos, especialmente de nuestros niños. La palabra *cáncer* acecha sus vidas [...]. Viva Tocopilla”, expresó indignado (“Tocopilla de luto” 2006, 2). Aunque el área fue oficialmente declarada *zona saturada de contaminación*, hubo poco cambio. El daño al ecosistema era (y sigue siendo) evidente a simple vista. Los ciudadanos tenían numerosas ideas sobre cómo abordar el problema. Por ejemplo, Juan Rosales, residente de Tocopilla, rescató la idea de embolsar los residuos, aunque aclaró que esta era solo una de las muchas medidas vitales:

Es urgente enviar las cenizas en sacos sellados para que estas escorias no contaminen nuestra ciudad, creando una triste realidad. Asimismo, es necesario trasladar los depósitos de cenizas ya que en caso de inundación estas irán a parar al mar, causando un daño aún mayor al ya arruinado y destruido ecosistema local. (“Tocopilla de luto” 2006, 2)

Las fotos que presentamos acá (figuras 5-8) son una muestra visual de las toneladas de cenizas que día a día fueron depositando las empresas AES Gener y Electroandina (hoy llamada Engie) durante años y que forman un verdadero archivo de la basura, una suerte de arqueología de la electricidad minera (véase Rathje y Murphy 1992). Cada capa de ceniza se constituyó como la escritura de las toneladas de distintos tipos de carbón consumidos en la termoeléctrica tocopillana. De este modo, surgieron los grandes cerros artificiales, los cerros de cenizas, los cuales son denominados por los tocopillanos como “las tortas” o ceniceros ubicados en la periferia. Sin embargo, a pesar de la condición de marginalidad territorial, los extensos depósitos de cenizas sedimentadas no perdieron su capacidad contaminante, la cual, de una forma u otra, comenzó a afectar a la población desde principios de la década de 1980.



Figura 5. Primer depósito de cenizas en el límite norte de Pesquera Guanaye

Fuente: archivo personal de Darko González.



Figura 6. Segundo depósito de cenizas al pie del cerro La Cruz

Fuente: archivo personal de Darko González.



Figura 7. Panorámica de Tocopilla y sus cenizas

Fuente: esquemas de elaboración propia con base en fotografía del archivo personal de Darko González.



Figura 8. Vista de los cenizas desde la playa de Caleta Vieja, 2015

Fuente: fotografía de Damir Galaz-Mandakovic.

Cenizas del Antropoceno: hacia una estratigrafía tóxica

Pensadores críticos del concepto de Antropoceno, provengan de las humanidades o de las ciencias sociales, suelen objetar que el hecho de concentrarse en y privilegiar métodos estratigráficos, combinándolos con una invocación excesivamente general al *anthropos* del Antropoceno, puede llevar a omitir o a no dar cuenta de la violencia y las relaciones de poder que produjeron el actual estado catastrófico de nuestro planeta. Estas objeciones, en algunos casos, son acertadas. Pero no configuran, necesariamente, la última palabra sobre aquello de lo que es capaz, o incapaz, un trabajo estratigráfico. Para nosotros, atender estratigráficamente a la cualidad violenta de los sedimentos (como las capas de ceniza acumuladas en los ceniceros de Tocopilla) y su procedencia geopolítica nos permite desarrollar una aproximación interescalar (Hecht 2018) que combina lo político y lo geológico. Este enfoque abre la posibilidad de que existan formas de abstracción estratigráfica que capturen, en lugar de oscurecer, múltiples modos de violencia. Es dentro de esta lógica que experimentamos con los contornos de una estratigrafía tóxica de Tocopilla. Si, como sostiene la Comisión Internacional de Estratigrafía, *correlación* se refiere a una “demostración de correspondencia en carácter y/o posición estratigráfica”, con prefijos que indican el tipo de correlación (litocorrelación, biocorrelación, cronocorrelación), entonces podemos pensar en nuestra estratigrafía tóxica como una forma de *sociocorrelación*, una manera de explorar la correspondencia entre capas geológicas de larga existencia y sedimentos antropogénicos violentos.

Ofrecemos el mapa de la figura 9 como ejemplo de una estratigrafía tóxica que sitúa las cenizas del Antropoceno en relación con las eras geológicas precedentes. El mapa destaca la relación estratigráfica entre los residuos antropogénicos de carbón y otros aspectos de la geología local. La zona representada se compone principalmente de un conjunto de formaciones antiguas que datan del Jurásico (Jgd, Jd, Jmdb) y de otras muy recientes, del Cuaternario (Qac). Esta historia geológica va desde la Granodiorita de Punta Aña (165-160 Ma, representada por granodioritas de grano medio y dioritas del Jgd en rojo), pasando por las dioritas y monzodioritas de Cerro Duendes (ca. 158 Ma, representadas por granodioritas y dioritas de grano grueso en violeta) hasta la Monzodiorita Buena Vista (155-152 Ma, representada por monzoritas, monzodioritas cuarzosas y dioritas porfídicas de la Jmdb en fucsia). Las formaciones más recientes pertenecen al Cuaternario y corresponden a depósitos coluviales del acantilado costero, concretamente depósitos de abanicos

aluviales. Sobre estos descansan las tortas de ceniza, sedimentos materiales de acumulación capitalista. En el mapa los representamos en negro.

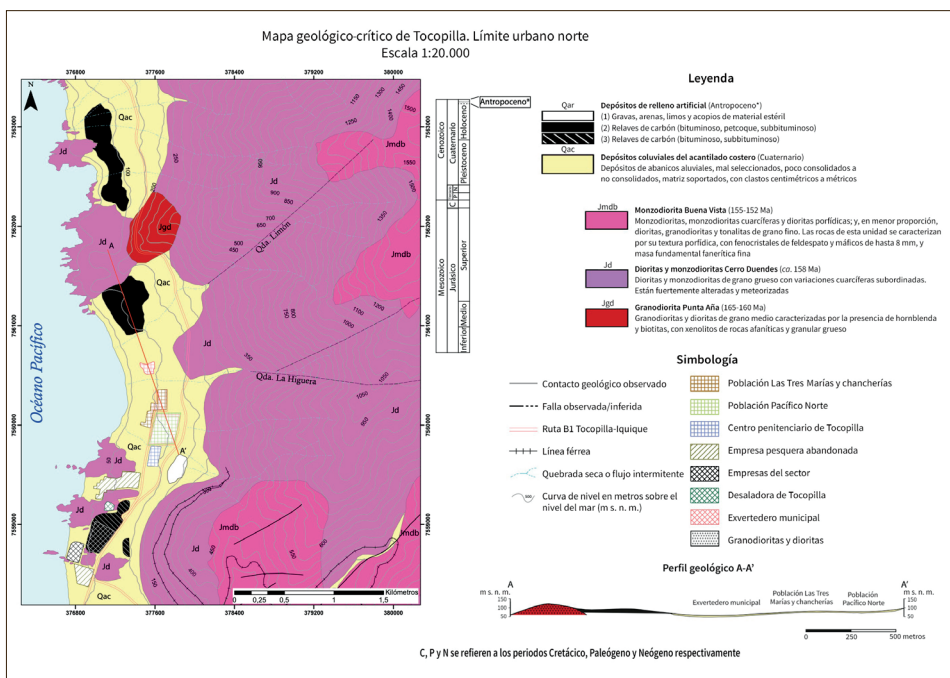


Figura 9. Mapa geológico-crítico de Tocopilla

Fuente: basado en Medina *et al.* (2012) y Burgos (2015). Elaborado y modificado por Marco Vásquez y Valentina Figueroa.

El Antropoceno y sus cenizas deben conceptualizarse en relación con eras geológicas precedentes. La estratigrafía tóxica de Tocopilla devela a los actores que, a través del control de los medios de producción, crearon nuevas formaciones terrestres. Esta estratigrafía da forma tangible a las omisiones de carbón generadas por las superficialmente atractivas abstracciones de la gobernanza residual —especialmente las de la neutralidad de carbono y el cero neto—, cuyo despliegue se basa en plantear un “tiempo cero” en el pasado reciente para así evitar lidiar con las capas de violencia que permitieron los beneficios económicos y privilegios pasados y presentes. Al visualizar la relación material entre los depósitos antrópicos (los montones de ceniza) y el sustrato geológico, esta *cartografía de sociocorrelación* intenta captar los procesos históricos que condicionaron el depósito de ceniza sobre los sedimentos cuaternarios del acantilado costero, junto con los efectos presentes y futuros del contacto entre estas capas. El tiempo

cero de la neutralidad del carbono capitalista omite convenientemente esta yuxtaposición de materiales y temporalidades, la misma yuxtaposición experimentada y movilizada por los residentes¹¹.

El archivo de energía eléctrica constituido por los cenizales es fácilmente legible. Cada capa representa un tipo distinto de carbón o coque de petróleo. La ceniza más antigua se compone principalmente de carbón bituminoso procedente de los yacimientos de la época del Eoceno de Lota, en el centro-sur de Chile. La capa de residuos de combustión de coque de petróleo proviene principalmente de las importaciones norteamericanas. La capa de residuos más reciente procede de carbón bituminoso y subbituminoso, principalmente de Colombia y Estados Unidos y, en menor medida, de Australia e Indonesia (Comisión Nacional de Energía 2012).

La expansión exponencial de la extracción en Sudamérica continúa hasta nuestros días, con el cobre, el litio, el petróleo, la plata y el estaño en papeles estelares (Galeano 1971; Gudynas 2015 y 2018; Svampa 2019; Weinberg 2021). En todo el mundo, estos procesos están invirtiendo la Tierra desde adentro hacia afuera (*inside-out*) a un ritmo cada vez mayor (Hecht 2021), dejando tras de sí cantidades cada vez más grandes de residuos cuya morfología depende de las historias sociales, políticas y geológicas. Tocopilla y sus ceniceros pueden verse como un fractal de esta dinámica. Su historia distintiva es importante, no solo para la experiencia local y los ecosistemas del territorio, sino también para los flujos globales de dinero y materiales. Como expresión de estos flujos, los ceniceros destruyen no solo pulmones y formas de vida en sus cercanías, sino que también pueden potencialmente servir para destruir el sueño de la economía neoclásica y su deseo de transformar todo capital material en capital humano; la economía industrial jamás será circular, puesto que aquellas cenizas no volverán a transformarse en carbón ni en coque de petróleo, ni podrán ser reutilizadas como fuente de energía.

Al experimentar con la estratigrafía tóxica, intentamos captar la tensión entre el tiempo del capitalismo y la temporalidad de la geología. Pero es difícil seguir el ritmo vertiginoso del capitalismo y sus modos de gobernanza residual,

11 La estratigrafía tóxica evita los riesgos de investigar directamente a comunidades expuestas a toxicidad, y así no las estigmatiza. Coincidimos con Murphy (2017) en que estudios bien intencionados sobre daños en comunidades afectadas a menudo reproducen representaciones racistas y misóginas de vidas y comunidades pobres, negras, indígenas, de mujeres y homosexuales. Problematicamos la conceptualización de estas zonas como tóxicas, considerando su toxicidad y las políticas de poder causantes de esta situación (Theríault y Kang, 2021; Tuck 2009; Weinberg y Figueroa 2024).

lo que cobra matices mucho más dramáticos si consideramos que aún no existe un mecanismo institucional para informar, rendir cuentas o reparar el exceso de morbilidad y mortalidad en Tocopilla. Las cenizas del Antropoceno ahora recorren 15 kilómetros al norte de la ciudad hasta la Quebrada Ancha (figura 10), transportadas, sea dicho, en camiones alimentados por combustible fósil. Este legado tóxico plagará a las futuras generaciones mucho después de la desaparición de las empresas energéticas.



Figura 10. Ceniceros en Quebrada Ancha (ruta 24)

Fuente: fotografía de Damir Galaz-Mandakovic, mayo de 2023.

Maxus ET-2549: un avatar de transiciones mineras

Para terminar, entonces, volvamos a evocar el Maxus ET-2549 y las maneras en que la minería intenta consagrarse como carbono-neutral en la plaza central de Tocopilla. Para que el Maxus pueda desempeñar su papel como representante material, o como avatar de una supuesta transición energética uniforme y global, primero debe ser incluido en la contabilidad de las emisiones. En este sentido, la hoja de cálculo de emisiones se convierte en un punto de paso obligado (Callon

1986) para traducir intangibles ambientales abstractos (como la neutralidad de carbono y el balance cero neto) en manifestaciones materiales (el Maxus).

El concepto de cero neto, aunque aparentemente ofrece ser parte de una solución, conlleva una serie de omisiones significativas en cuanto a las responsabilidades e impactos destructivos continuos de las empresas mineras. Estas omisiones incluyen la utilización selectiva de la terminología de alcance 1, 2 y 3 por parte de las industrias mineras para mitigar sus responsabilidades y aparentar una reducción de emisiones, así como la disminución de la contaminación de los combustibles fósiles exclusivamente a términos de CO₂, obviando la producción de químicos nocivos como el níquel, el vanadio y otros metales pesados¹². Además, esta noción de balance cero neto dificulta la comprensión de la complejidad histórica de la toxicidad, al tiempo que mejora la imagen pública de las empresas mineras. Es solo a través de las abstracciones propias del capitalismo y las proclamaciones de una supuesta minería carbono-neutral que el Maxus podría ser considerado como un motor razonable en la implementación de transiciones energéticas hacia la descarbonización.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Maxus es, en realidad, un avatar de transiciones mineras (Weinberg 2023) que fortalecen y promueven la economía capitalista extractivista (Bebbington y Bebbington. 2012; Gudynas 2015 y 2018). Como avatar de transiciones mineras, no puede separarse de la violenta sedimentación de los ceniceros en Tocopilla, ni de los habitantes afectados por el cáncer ni de las especies marinas desplazadas. Es por eso que, al hacer visibles las omisiones de carbón, nuestra estratigrafía tóxica revela al Maxus como una máquina ambivalente y, en cierto modo, traidora.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el European Research Council (ERC) bajo el European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme, en el marco del proyecto "Worlds of Lithium: A Multi-Sited and Transnational Study of Transitions towards Post-Fossil Fuel Societies" (acuerdo garantizado n.º 853133); por el proyecto Fondecyt Regular ANID n.º 1220870 "Small-scale Fisheries in Northern Chile

12 Para un análisis detallado sobre la manera en que el litio es movilizadado dentro de las transiciones energéticas como una sustancia química desarraigada de su genealogía material, y presentada como sustancia aislada en prácticas de ciencia rápida, véase Bonelli y Gamba (en prensa).

and Oceanic Islands: Conservation, Management and Politics of Recognition (1991-2040) (2022-2025)”, y por el programa Changing Human Experience y el Centro de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Stanford. Agradecemos a Marco Vásquez y Camilo Sanzana por su colaboración con los mapas.

Referencias

- Allen, Myles R., David J. Frame, Chris Huntingford, Chris D. Jones, Jason A. Lowe, Malte Meinshausen y Nicolai Meinshausen.** 2009. “Warming Caused by Cumulative Carbon Emissions towards the Trillionth Tonne”. *Nature* 458: 1163-1166. <https://doi.org/10.1038/nature08019>
- Alvear Urrutia, Jorge.** 1975. *Chile, nuestro cobre. Chuquicamata, El Salvador, Potrerillos, El Teniente, Enami, Mantos Blancos y Andina*. Santiago de Chile: Lastra.
- Andrews, Anthony y Richard Lattanzio.** 2013. “Petroleum Coke: Industry and Environmental Issues”. Informe elaborado por miembros y comités del Congreso. Washington, D. C., Congressional Research Service (CRS). <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R43263>
- Auyero, Javier y Debora Swistun.** 2009. *Flammable. Environmental Suffering in an Argentine Shantytown*. Nueva York: Oxford University Press.
- Bebbington, Denise Humphreys y Anthony Bebbington.** 2012. “Post-What? Extractive Industries, Narratives of Development, and Socio-Environmental Disputes across the (Ostensibly Changing) Andean Region”. En *New Political Spaces in Latin American Natural Resource Governance*, editado por Håvard Haarstad, 17-37. Nueva York: Palgrave Macmillan US.
- Biskupovic, Consuelo, Marina Weinberg, Adriana Aránguiz-Acuña, Jimena Cruz, Valentina Figueroa, Fernanda Kalazich y Paulina Salinas.** En prensa. “Territorios de cuidado. Propuestas desde un enfoque feminista al extractivismo en el desierto de Atacama, Chile”. *Latin American Perspectives*.
- Blinder, Alan.** 1979. *Economic Policy and the Great Stagflation*. Nueva York: Academic Press.
- Bonelli, Cristóbal, Pablo Ampuero-Ruiz, Marina Weinberg y Michelle Geraerts.** En revisión. “Lithium Ion Batteries and the Zero ‘Omissions’ Targets: Rethinking Energy Transitions beyond the Electromobility Project”. *Journal of the Royal Anthropological Institute*.
- Bonelli, Cristóbal y Cristina Dorador.** 2021. “Endangered Salares: Micro-Disasters in Northern Chile”. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society* 4 (1). <https://doi.org/10.1080/25729861.2021.1968634>

- Bonelli, Cristóbal y Martina Gamba.** En prensa. “Underground Roots for Ancestral Futures: Exploring Lithium through an Experimental Alliance between Chemistry and Anthropology”. *Science, Technology and Human Values*.
- Boudia, Soraya y Nathalie Jas.** 2014. *Powerless Science?: Science and Politics in a Toxic World*. Nueva York; Oxford: Berghahn Books.
- Burgos Lechuga, Libertad.** 2015. “Modificación Plan Regulador Comunal de Tocopilla, Zona Industrial no Consolidada”. Informe ambiental. Tocopilla: Ilustre Municipalidad de Tocopilla. chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://eae.mma.gob.cl/storage/documents/02_2do_IA_PRC_Tocopilla.pdf.pdf
- Callon, Michel.** 1986. “Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St. Brieuc Bay”. En *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?*, editado por John Law, 196-233. Londres: Routledge; Kegan Paul.
- “**Cartas al director: contaminación**”. 1998. *La Prensa de Tocopilla*, 21 de marzo, 2.
- Chiapello, Eve y Anita Engels.** 2021. “The Fabrication of Environmental Intangibles as a Questionable Response to Environmental Problems”. *Journal of Cultural Economy* 14 (5): 517-532. <https://doi.org/10.1080/17530350.2021.1927149>
- “**Cierre de centrales térmicas abre un difícil panorama en Tocopilla**”. 2019. *El Mercurio de Antofagasta*, 13 de enero, 12. <https://www.mercurioantofagasta.cl/impresas/2019/01/13/papel>
- Clark, Brett y John Bellamy Foster.** 2012. “Imperialismo ecológico y la fractura metabólica global. Intercambio desigual y el comercio de guano/nitratos”. *Theomai* 26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12426097005>
- Cochilco.** 2022. *Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales 2002-2021*. <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/25/Ae2021final.pdf>
- Comisión Nacional de Energía.** 2012. “Revisión del modelo de precios de paridad del carbón a Chile”. Informe final, South Cone Group (SCG) Consultoría, Valparaíso, Chile.
- Fankhauser, Sam, Stephen M. Smith, Myles Allen, Kaya Axelsson, Thomas Hale, Cameron Hepburn, J. Michael Kendall, Radhika Khosla, Javier Lezaun, Eli Mitchell-Larson, Michael Obersteiner, Lavanya Rajamani, Rosalind Rickaby, Nathalie Seddon y Thom Wetzer.** 2022. “The Meaning of Net Zero and How to Get It Right”. *Nature Climate Change* 12 (1): 15-21. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01245-w>
- Fogel, Cathleen.** 2004. “The Local, the Global, and the Kyoto Protocol”. *Earthly Politics. Local and Global in Environmental Governance*, editado por Sheila Jasanoff y Marybeth Long Martello, 103-126. Cambridge: MIT Press.

- Galaz-Mandakovic, Damir.** 2018. “Desechos, aluviones y racismo de Estado. El caso de la población Pacífico Norte de Tocopilla (Chile) 2009-2015”. *Revista Rumbos TS* 17: 97-130. <https://revistafacso.ucentral.cl/index.php/rumbos/article/view/20>
- . 2020. “Memoria, adversidades y conflictos en la ocurrencia de asimetría y atraso en Tocopilla (Chile, 1915-2013)”. *Revista de la Academia* 30: 43-83. <https://doi.org/10.25074/0196318.0.1695>
- . 2021. “La necroeconomía de la generación eléctrica para la minería. El impacto comunitario del uso de petcoke en Tocopilla (Chile, 2000-2015)”. *Cuhso* 31 (2): 212-249. <https://dx.doi.org/10.7770/cuhso-v31n2-art2155>
- Galeano, Eduardo.** 1971. *Las venas abiertas de América Latina*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- Gallegos Tello, Gina Joana, Joana Cristina Flores Cerazo, Luis Saúl Ames Tocas y Lisset Pamela Flores Solis.** 2022. “Análisis financiero comparativo de la industria minera en Chile y Perú: el caso de Cerro Verde, Southern Perú y Codelco”. Tesis de maestría en Finanzas Corporativas y Riesgo Financiero, Escuela de Posgrado, Universidad Católica del Perú.
- García, Daniela, Joseline Tapia, Joaquín Aguilera, Carlos Vega, Pablo Zúñiga, Paris Lavin, Luis Rojas y Jorge Valdés.** 2024. “Contamination of Urban Soils in a Historical Mining Town of Northern Chile”. *Environmental Earth Sciences* 83: 2-23. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-024-11445-0#citeas>
- Gudynas, Eduardo.** 2015. *Extractivismos. Ecología, economía y política de una forma de entender el desarrollo y la naturaleza*. Cochabamba: Cedib; Claes.
- . 2018. “Extractivismos: el concepto, sus expresiones y sus múltiples violencias”. *Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global* 143: 61-70. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6705622.pdf>
- Günel, Gökçe.** 2016. “What Is Carbon Dioxide? When Is Carbon Dioxide?”. *PoLAR: Political and Legal Anthropology Review* 39 (1): 33-45. <https://doi.org/10.1111/plar.12129>
- Haraway, Donna.** 1988. “Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective”. *Feminist Studies* 14 (3): 575-599. <https://doi.org/10.2307/3178066>
- Harner, John.** 2001. “Place Identity and Copper Mining in Sonora, Mexico”. *Anales de la Asociación de Geógrafos Americanos* 91 (4): 660-680. <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00264>
- Hecht, Gabrielle.** 2018. “Interscalar Vehicles for the African Anthropocene: On Waste, Temporality, and Violence”. *Cultural Anthropology* 33 (1): 109-141. <https://doi.org/10.14506/ca33.1.05>
- . 2021. “La Terre à l’envers: résidus de l’Anthropocène en Afrique”. *Politique Africaine* 1-2 (161-162): 385-402. <https://www.cairn.info/revue-politique-africaine-2021-1-page-385.htm>

- . 2023. *Residual Governance: How South Africa Foretells Planetary Futures*. Durham: Duke University Press.
- “Inauguran primer camión 100 % eléctrico que operará en la región”**. 2022. *La Estrella de Tocopilla*, 26 de agosto, 4. <https://www.estrellatocopilla.cl/imprensa/2022/08/26/papel>
- Jordan, Teresa, Naomi E. Kirk-Lawlor, Nicolás P. Blanco, Jason A. Rech, Nicolás J. Cosentino**. 2014. “Landscape Modification in Response to Repeated Onset of Hyper-arid Paleoclimate States Since 14 Ma, Atacama Desert, Chile”. *GSA Bulletin* 126 (7-8): 1016-1046. <https://doi.org/10.1130/B30978.1>
- Knox, Hannah**. 2020. *Thinking Like a Climate: Governing a City in Times of Environmental Change*. Durham: Duke University Press.
- Medina T., Eduardo, Arturo Jensen I., Hans Niemeyer R., Hans Gerhard Wilke H., José Cembrano P., Marcelo García G., Rodrigo Riquelme S., Sergio Espinoza R. y Guillermo Chong D**. 2012. *Cartas Tocopilla y María Elena, región de Antofagasta*. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica n.º 141-142. Santiago de Chile: Sernageomin.
- Mills, Charles W**. 1997. *The Racial Contract*. Ithaca: Cornell University Press.
- Murphy, Michelle**. 2017. “Alterlife and Decolonial Chemical Relations”. *Cultural Anthropology* 32 (4): 494-503. <https://doi.org/10.14506/ca32.4.02>
- O’Brien, Thomas F**. 1989. “‘Rich beyond the Dreams of Avarice’: The Guggenheims in Chile”. *Business History Review* 63 (1): 122-159. <https://doi.org/10.2307/3115428>
- Portal Minero**. 2022. “SQM presenta su primer camión de alto tonelaje 100 % eléctrico”. *Portal Minero*, 22 de agosto. <https://www.portalminero.com/wp/sqm-presenta-su-primer-camion-de-alto-tonelaje-100-por-ciento-electrico/>
- Porteous, J. Douglas**. 1974. “Social Class in Atacama Company Towns”. *Annals of the Association of American Geographers* 64 (3): 409-417. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1974.tb00989.x>
- “Presentan a la comunidad de Tocopilla primer camión 100 % eléctrico que operará entre las faenas de SQM”**. 2022. SQM, 29 de agosto. <https://www.sqm.com/noticia/presentan-a-la-comunidad-de-tocopilla-primer-camion-100-electrico-que-operara-entre-las-faenas-de-sqm/>
- Rathje, William y Cullen Murphy**. 1992. *Rubbish! The Archaeology of Garbage*. Nueva York: Harper Collins.
- “The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions”**. 2021. IEA 50. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- Santolaya Biondi, Raimundo, Luis Salazar Corco, Mario Sandoval Martínez, Raimundo Santolaya Cohen y Rubén Alfaro Torrico**. 1995. “Arsénico: impacto sobre el hombre

- y su entorno: II región de Chile (Antofagasta): programa ambiente 02 (1992-1993)". Monografía Lilacs, MinsalChile.
- Sillitoe, Richard H.** 2010. "Porphyry Copper Systems". *Economic Geology* 105: 3-41.
- SQM.** 2022. "Reporte de sostenibilidad 2022". <https://www.sqm.com/wp-content/uploads/2024/01/SQM-Reporte-2022-vf.pdf>
- Stengers, Isabelle.** 2022. *Reactivar el sentido común. Whitehead en tiempos de debacle y negacionismo*. Barcelona: NED.
- Sultana, Farhana.** 2022. "The Unbearable Heaviness of Climate Coloniality". *Political Geography* 99: 102638. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2022.102638>
- Svampa, Maristella.** 2019. *Las fronteras del neoextractivismo en América Latina: conflictos socioambientales, giro ecoterritorial y nuevas dependencias*. Guadalajara: Calas.
- Theriault Noah y Simi Kang.** 2021. "Toxic Research: Political Ecologies and the Matter of Damage". *Environment & Society* 12 (1): 5-24. <https://doi.org/10.3167/ares.2021.120102>
- "Tocopilla de luto".** 2006. *La Prensa de Tocopilla*, 12 de mayo, 2.
- "Toxicological Profile for Vanadium".** 2012. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=276&tid=50>
- Tuck, Eve.** 2009. "Suspending Damage: A Letter to Communities". *Harvard Educational Review* 79 (3): 409-427. <https://doi.org/10.17763/haer.79.3.n0016675661t3n15>
- Ureta, Sebastián y Patricio Flores.** 2022. *Worlds of Gray and Green. Mineral Extraction as Ecological Practice*. Oakland: University of California Press.
- USGS (United States Geological Survey).** 2022. *Minerals Commodities Summaries*. <https://doi.org/10.3133/mcs2022>
- Vidal, Gladys.** 2005. "Manejo integral de cenizas generadas por el uso de coque de petróleo". Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción, Concepción.
- Walenta, Jayme.** 2021. "The Making of the Corporate Carbon Footprint: The Politics behind Emission Scoping". *Journal of Cultural Economy* 14 (5): 533-548. <https://doi.org/10.1080/17530350.2021.1935297>
- Weinberg, Marina.** 2021. "Cuerpos de cobre: extractivismo en Chuquicamata, Chile". *The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology* 26 (2): 200-218. <https://doi.org/10.1111/jlca.12545>
- . 2023. "The Off-sites of Lithium Production in the Atacama Desert". *The Extractive Industries and Societies* 15. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101309>

- Weinberg, Marina y Valentina Figueroa.** 2024. "Politics of Mining: Toxic Heritage in the Atacama Desert". En *Toxic Heritage: Legacies, Futures, and Environmental Injustice*, editado por Elizabeth Kryder-Reid y Sarah May, 109-124. Londres: Routledge.
- Whitehead, Alfred N.** (1925) 1949. *La ciencia y el mundo moderno*. Traducido por Marina Ruiz Lago y J. Rovira Armengol. Buenos Aires: Losada.
- Whittington, Jerome.** 2016. "Carbon as a Metric of the Human". *PoLAR: Political and Legal Anthropology Review* 39 (1): 46-63. <https://doi.org/10.1111/plar.12130>
- World Resources Institute.** 2011. *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard: Supplement to the GHG Protocol Corporate. Accounting and Reporting Standard*. Estados Unidos: World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf
- Zickfeld, Kirsten, Michael Eby, H. Damon Matthews y Andrew J. Weaver.** 2009. "Setting Cumulative Emissions Targets to Reduce the Risk of Dangerous Climate Change". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (38): 16129-16134. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805800106>