

EL SOL EN ILAIA. ENERGÍA Y ZONAS EXTREMAS: ASENTAMIENTOS HUMANOS EN LA ANTÁRTICA (1970-2011)*¹

NELSON ARELLANO-ESCUDEO**

Resumen

La presencia del Estado de Chile en la Antártica ha sido un tema de indagación desde diversos campos disciplinarios. Sin embargo, los asuntos de la energía han captado escaso interés a pesar de la relevancia del tema por sus consecuencias económicas, ambientales y políticas. Una aproximación a través de documentación digital y la regulación legal permite constituir un estudio del pasado reciente desde las Historias de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente que, además, permite indagar historias institucionales científico-militares con una perspectiva de estudios de ciencia, tecnología y sociedad. La participación de la energía nuclear, los hidrocarburos y, contraintuitivamente, la energía solar, permite analizar el desempeño transfronterizo de algunos Estados-nación del mundo con presencia en la Antártica y debatir los alcances de los modelos eco-económicos de Julia Thomas en la era del Antropoceno.

Palabras clave: energía, Antártica, Antropoceno.

The Sun at Ilaia. Energy and Extreme Zones: Human Settlements in Antarctica (1970-2011)

Abstract

The State of Chile in Antarctica has been a subject of inquiry from various disciplinary fields. However, energy issues have attracted little interest despite the relevance of the issue due to its economic, environmental, and political consequences. An approach through digital documentation and legal regulation allows constituting a study of the recent past from the Histories of science, technology and the environment that, in addition, allows to investigate institutional scientific-military histories with a perspective of science studies, technology, and society. The participation of nuclear energy, hydrocarbons, and, counterintuitively, solar energy, makes it possible to analyze the cross-border performance of some nation-states of the world with a presence in Antarctica and to debate the scope of Julia Thomas' eco-economic models in the era of Anthropocene.

Keywords: Energy, Antarctica, Anthropocene.

Le soleil à ilaia. Énergie et zones extrêmes: établissements humains en Antarctique (1970-2011)

Résumé

La présence de l'État chilien en Antarctique a été un sujet de recherche dans divers domaines disciplinaires. Cependant, les thèmes énergétiques ont suscité peu d'intérêt malgré sa pertinence en raison des conséquences économiques, environnementales et politiques. Une approche, à travers la documentation numérique et la réglementation juridique, permet de constituer une étude du passé récent à partir des Histoires de la science, de la technologie et de l'environnement et, en plus, d'enquêter sur les histoires institutionnelles scientifiques et militaires, dans une perspective d'études scientifiques, technologiques et sociétales. La participation de l'énergie nucléaire, des hydrocarbures et, de manière contre-intuitive, de l'énergie solaire, permet d'analyser les performances transfrontalières de certains États-nations du monde présents en Antarctique, et de débattre de la portée des modèles éco-économiques de Julia Thomas à l'ère d'Anthropocène.

Mots-clés: énergie, Antarctique, Anthropocène.

* Proyecto Fondecyt 11180158 "Las fronteras solares de Chile: Desierto, Antártica, Polinesia y Espacio. Una historia de gobernanza y valores sociales de tecnologías solares en zonas extremas (1976-2011)". Una versión preliminar fue presentada en Workshop: "Resources, Infrastructures and the Anthropocene: Dialogues between the Global-North and the Global-South", Lisboa, 16-19 de septiembre de 2019 bajo el título: "ilaia: The South beyond the south, or the place forgotten of the engineering".

1. Proyecto Blue Ice City/Ilaia

La Historia antártica ha sido materia de interés (León y Jara, 2015). Una parte significativa de estos acontecimientos se ligan, sin dudas, a la historia militar, aunque el tratado Antártico es explícito en permitir allí solo las actividades con fines científicos; para Chile ha habido una importante presencia de la Armada (García-Huidobro, 2017) y del Ejército (Villalón, 2013). Sin embargo, en estas aproximaciones, al parecer, el problema de la energía no tuvo un lugar relevante, a pesar de las exigencias que se imponen para el control sobre los efectos antrópicos en ese continente.

Por ello, el testimonio del arquitecto escocés residente en Valparaíso, Pol Taylor, resulta fundamental para conocer la visión técnica integral que consideró alternativas de suministro energético para la base Polar FACH, bautizada por Taylor como Ilaia, palabra yámana que equivale en castellano a: lugar más al sur que el sur. Las labores de diseño de la base polar de la FACH y sus 240 m² habitables han sido descritas por Bernal, Taylor, Pol y Valdivia (2015), INACH (2014) y Gallanti (2004). Diseñada en 1998, se trata del segundo asentamiento más austral del mundo. Todo lo que se transporta hasta allí debe ser sacado desde la Antártica. No obstante, hay un elemento no puede ser confinado ni transportado, como es la producción de CO₂ del generador JP1, con combustión de hidrocarburo, con el cual se produce electricidad. Taylor (2018) ha señalado que pruebas preliminares con paneles fotovoltaicos brindaron promisorios resultados y, aún más, la base cercana Adventure Network International, actualmente Antarctic Logistics & Expeditions, utiliza energía solar para sus requerimientos eléctricos.

Esta aproximación historiográfica intenta demostrar que, si bien los factores económicos y técnicos tuvieron una incidencia relevante en el desinterés de la cultura local por la explotación, cosecha o aprovechamiento de los servicios ecosistémicos de la radiación solar, el elemento decisivo para esta desafección es la configuración de ciertos valores sociales que no permitieron una integración a mayor escala de las tecnologías de la energía solar en la matriz energética del caso chileno.

Una primera paradoja que se debe investigar es ¿por qué la cultura local, que disponía de un recurso energético abundante y pruebas tangibles de industrias pioneras en su aplicación, no amplió su interés en ello? La complejidad del fenómeno aumenta al incorporar el problema de las batallas por la memoria tecnológica y apreciar una segunda paradoja ¿por qué, si en el territorio del desierto de Atacama hubo un desarrollo industrial con energía solar, pionero en el mundo, los relatos acerca de ello quedaron en el silencio y el olvido?

2. Energía solar y Chile: un caso mundial transfronterizo

Si bien es cierto, en Chile los aspectos sociales de la energía han cobrado relevancia y distintas aproximaciones han puesto interés en ello (NUMIES, 2014; Blanco, 2016; Hernando y Blanco, 2016), se constata que no tiene la misma relevancia el problema del devenir y cómo se han entreverado acontecimientos y estructuras en la configuración de la contingencia contemporánea. Por lo tanto, el pasado se mantiene en el misterio o en el enigma.

En ese sentido, el estudio de la historia de las tecnologías de la energía solar aporta información valiosa y contraintuitiva en relación al determinismo tecnológico (Villalobos, 1983), pero se resguarda de la anacronía. Estas definiciones de alcances y limitaciones reconocen que este campo de análisis es un ámbito de escaso desarrollo en el mundo, y que solo en años recientes, se ha visto un incremento en las aproximaciones historiográficas (Arellano y Roca-Rosell, 2018; Bouvier y Pehlivanian, 2013; Bouvier y Laborie, 2016; Pehlivanian, 2014), no obstante la preexistencia de un considerable número de publicaciones de divulgación de hechos científicos y tecnológicos a su haber (Arellano, 2015, 2016, 2017 y 2018a y b).

El incremento del volumen de información respecto de la historia de la ciencia y la tecnología de la energía solar puede contribuir a fortalecer la posición de la historia y las humanidades en cuanto a los problemas contemporáneos y ampliar la matriz de análisis para los diseños e implementación de la política pública. Al respecto, resulta necesario comprender la selección entre continuidad e innovación (Basalla, 2011) y, luego, comprobar la participación de los elementos culturales que se presentan en forma de valores sociales para establecer su incidencia en el proceso de selección de las tecnologías, motivo por el cual el caso de la Antártica y, especialmente, la conexión de un país como Chile y su trayectoria en investigación y desarrollo de tecnologías de la energía solar desde el siglo XIX, constituyen un caso de estudio atractivo y contraintuitivo.

2.1 Las tecnologías solares en su continuidad e innovación

El actual momento auspicioso para las energías renovables en Chile y la energía solar entre ellas (Espinoza, 2017; EMOL, 2017; Ministerio de Energía, 2016), tiene un alto contraste con respecto al desconocimiento de las trayectorias y desempeños de los pioneros, así como de la continuidad de los esfuerzos de varias generaciones de ingenieros, técnicos, entusiastas e inversionistas, entre otros.

El estudio de las memorias sueltas de las tecnologías de la energía solar en Atacama y su circulación mundial en los periodos 1872-1907 (Arellano, 2015) y 1907-1981 (Arellano 2016, 2017 y 2018a y b) ha permitido configurar la relevancia de actores sociales en su despliegue transfronterizo (González, Artaza y Calderón, 2016; González y Ovando, 2017; Headrick, 1989), así como comprobar la existencia de una intermitencia técnica a lo largo del siglo XX cuya invisibilidad le circunscribe a la dimensión del silencio y el olvido en la memoria social (Augé, 1998; Burke, 1996; Stern, 2006).

Gracias a esta historia de la tecnología (Smith y Marx, 1994; Misa, 1988), que combina elementos conceptuales con la Historia Económica (Llorca-Jaña y Barría, 2017; Stern, 2011, 2004) e Historia Ambiental (Thomas, 2017), que orientaron el trabajo de fuentes del Archivo Nacional de la Administración (ARNAD) en Chile, permiten establecer la participación de organismos públicos en un periodo de la historia reciente en el desarrollo de las tecnologías de la energía solar. Ello se condice con los testimonios de técnicos y fotografías que revelan la trascendencia de las tecnologías de la energía solar para la presencia del Estado de Chile en sus zonas extremas: Desierto, Antártica, Polinesia y Espacio exterior.

No obstante lo anterior, estos indicios requieren un abordaje decidido y contundente que permita continuar el proceso de ensamblaje de memorias sueltas capaces de constituir una memoria emblemática de los usos de las tecnologías de la energía solar.

2.2 Gobernanza: la selección entre continuidad e innovación

Lejos de una pretensión difusionista, en la que una invención es producto de un destello genial que luego es simplemente replicado, la propuesta del modelo teórico de la evolución de la tecnología de George Basalla (2011) ofrece un amplio espectro de posibilidades, en los que se incluyen las creaciones paralelas o el errático comportamiento social que, como lo planteara Kubler (1988), produce descarte de artefactos o una duración intermitente de éstos. El despliegue lúdico, las fantasías tecnológicas, la curiosidad, entre otros, son importantes impulsores de la invención y el descubrimiento. Este mundo, muy irracional, forma una parte considerable de las fuerzas no lineales de la historia de la tecnología, que inciden en un tipo de evolución que no necesariamente implica progreso, en tanto Basalla nos recuerda que la rueda fue inventada tres veces, en tres continentes diferentes, incluido América, pero en una sola ocasión de esas, fue complementada con un eje y caminos.

Esa evolución no lineal ha producido tal amplitud de objetos que se genera un problema de síntesis, que es bien resuelto por la propuesta de Líneas Técnicas

(Gille, 1999), cuya conceptualización posibilita agrupar conjuntos de artefactos no por su morfología sino por el encadenamiento que unos con otros pueden generar, permitiendo encarar desafíos mayores en escala, velocidad o continuidad. Estas líneas técnicas son las que permiten generar grandes sistemas tecnológicos (Hughes, 1987; 1993) que pueden llegar a constituir Complejos Tecnoinstitucionales (Unruh, 2000 y 2002; Unruh y Carrillo-Hermosilla, 2006).

Es justamente esa tecnoinstitucionalidad la que debe ser interrogada en torno a su gobernanza (Delanty y Mota, 2017; Ibarra, O’Ryan y Silva, 2018), es decir, cuáles son los actores sociales que inciden en la toma de decisiones en relación con las posibilidades de selección, en cuanto a la innovación o la tradición, también llamada continuidad. Esta es una pregunta densa, pues apela a la interacción asimétrica de actores humanos y no humanos, lo que puede ser entendido como Actor-red (Latour, 1987) o construcción social de la realidad (Berger y Luckmann, 1968) o como una producción cultural (De Certeau, 2010; Geertz, 2003).

Entender este proceso en su complejidad histórica requiere describir y comprender la movilidad del conocimiento, sus intermediarios y su mediación (Sanhueza, 2017a). Como señala el autor, es provechoso detenerse en las prácticas y bases de racionalidad en torno a objetos situados y contextualizados, y las redes nacionales y transnacionales que les permitieron fluir. Esto refuerza la idea de la capacidad re-interpretativa o re-inventiva, y también releva la importancia de los actores locales en los procesos internacionales, transcontinentales y/o globales como queda en claro en el caso de la ingeniería (Arellano, 2014).

Esto coincide con la idea de las Tecnologías Criollas (Edgerton, 2004; 2007; 2010) que subvierten la apuesta lineal unidireccional, cuyo reduccionismo sitúa a las metrópolis y los imperios como agentes de creación y cambio y a sus periferias como sitios de recepción y mera aplicación acrítica de los instrumentos (Medina, Da Costa Marques y Holmes, 2014).

Siguiendo a Basalla (2011: 208): “las tres grandes invenciones que sir Francis Bacon identificó como fuente de los grandes cambios en la Europa del Renacimiento -la imprenta, la pólvora y la brújula magnética- fueron productos de la civilización china, no de la europea”. Por ello debemos preguntarnos por qué los inventores obtuvieron resultados diferentes a los de otros usuarios. Traído este fenómeno a las tecnologías de la energía solar, la búsqueda de una explicación nos conduce a la indagación de los valores sociales en la ingeniería.

2.3 Valores sociales e ingenierías

La apuesta por un estudio de los valores sociales en la evolución de la tecnología y, específicamente, las termosolares y fotovoltaicas, encuentra en las ingenierías

el campo de estudio apropiado; es allí desde donde se ha venido indagando de manera diversa (Greve, 1938; Ibáñez, 1983 y 2005; Parada, 2011; Sanhueza, 2017b; Vergara, 2017). Esta lectura, por supuesto, busca conocer la interacción con los estamentos políticos, económicos y sociales que contribuyeron a modelar aquellas racionalidades, que se tradujeron en proyectos a nivel conceptual, básico o de detalles tanto como la investigación, desarrollo e innovación.

Se asume aquí que este proceso, visto en el tiempo contemporáneo de la gran aceleración de la economía (Hibbard, Crutzen, Lambin et al, 2007), ha venido ligado a la emergencia de la configuración de un valor social descrito como la retórica de la solución tecnológica (Johnston, 2018a; 2018b) cuya ambición mayor ha sido la constitución de una sociedad tecnocrática en la que las decisiones sean tomadas por los regímenes de la ingeniería, prescindiendo o relegando a las clases políticas, económicas e incluso militares.

Esta sobrevalorización de la solución tecnológica como estereotipo de la relación Sociedad/Naturaleza (Descola y Pallson, 2001), se ha visto beneficiada, y al mismo tiempo, ha propiciado la reificación de otro valor social enunciado, como la persistencia de algunos mitos del binomio civilización y energía (Basalla, 1979 y 1982; Goudsblom, 2012; Issawi, 1991; Ray, 1983; Smil, 2017), a saber: i) se espera que el suministro de energía no tenga fallas, ii) que su abundancia sea infinita, como la Cornucopia, y iii) que la energía cumpla con los cambios utópicos de la sociedad. Aquí se aumentan los efectos del descarte y duración intermitente de las tecnologías de la energía solar, a veces incluso tomando forma de un futuro Anterior (Koselleck, 2004), arruinación (Wenzel, Lachenal, Manton y Tousignant, 2016), acumulaciones de fluctuaciones coexistentes (Delanda, 2011) u olvidos, en ocasiones, traumáticos (Davoine, 2013).

Los resultados del proceso parecen estar vinculados a las sutilezas de la autonomía relativa de la ciencia y la tecnología (Kleiche-Dray, 2017), o tecnociencia, que constituye aquella zona ambigua de las relaciones sociales, culturales, políticas, económicas y de medio ambiente en las que el conocimiento, catalogado como científico-tecnológico, adquiere una significación capaz de sostener el interrogante acerca de si no es la tecnología la que conduce a la Historia (Smith y Marx, 1994).

En esas amalgamas de ciencia y tecnología (Marx, 1994) -donde la ciencia es ciega si no cuenta con los instrumentos mediadores de la comprensión humana con los elementos físico-químicos y la biología, pero la tecnología es inepta si no se conduce por preguntas significativas que le provoquen hacia un propósito- es que los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (CTS) y la Historia de la Tecnología tienen oportunidades de desarrollo colaborativo, junto con el fértil campo de los Estudios Sociales de la Innovación

(CTI).

Sin embargo, lo anterior tiene unos pasos previos que aún no han sido efectivos. La interacción de Historia de la Tecnología y CTS, considerando sus riquezas, requiere un tratamiento meticuloso y pormenorizado para enfrentar esquemas de CTS que proponen la idea de Tecnociencia (Vessuri y Kreimer, 2017), lo que conceptualmente pudiera reensamblar la dicotomía Ciencia/Tecnología, pero que finalmente no ha llegado a pronunciarse acerca de la materia de fondo que es esta segmentación. Lo mismo ocurre con el problema de la concepción lineal de historia, que predomina en la visión de los estudios CTS latinoamericanos (Kreimer, 2010) o de aproximaciones genéricas (Gibert, Gómez y Cancino, 2017). Este estado del arte debe ser entendido como un llamado a estrechar colaboraciones y fomentar el debate interdisciplinario.

Por ello, se propone un estudio transnacional e intercontinental acerca de la circulación de los objetos técnicos de la energía solar y de los sistemas sociotécnicos que los integraron, descartaron y/o recuperaron, en conjunto con la movilidad de las personas y colectivos de personas que lo hicieron posible.

Con todo, el problema historiográfico de la evolución de la tecnología encuentra un caso relevante, además también valorable para las visiones interdisciplinarias del problema de la sustentabilidad, lo que está siendo acogido por los expertos en la materia a juzgar por el uso de los resultados de investigación de historia de las tecnologías de energía solar entre sus referencias (Agostini, Nasirov y Silva, 2016; Haas, Palma-Behnke, Valencia et al., 2018; Núñez y de Gortari, 2013; Torchia-Núñez, Cervantes de Gortari y Porta-Gándara, 2014).

De aquí que se aprecie un interés por el comportamiento contemporáneo de la política pública, en relación a los estímulos o restricciones que las tecnologías de la energía solar encuentran en el campo de la acción del Estado. No obstante, en términos de memoria e Historia, encontramos, nuevamente, un área desatendida que resulta oportuno cubrir (Haas, Palma-Behnke, Valencia et al., 2018).

La relación del Estado de Chile con respecto a las tecnologías de la energía solar es, por ahora, más bien una incógnita respecto de la cual algunos hallazgos de fuentes permiten vislumbrar que existe factibilidad de elaborar algunos relatos. Esto también podría ser una contribución a la historia burocrática de las ciencias (Podgorny, 2017) lo que podría permitir comprender: ¿qué usos de tecnologías de la energía solar se plantearon en algunos organismos públicos?, ¿qué vinculación hubo en los procesos de toma de decisión entre las dimensiones políticas y técnicas de sistemas y artefactos?, ¿qué tipo de relación mediaron las tecnologías de la energía solar entre el Estado de Chile y los actores sociales de los territorios?

3. El sur más allá del sur: energía para los asentamientos antárticos

La palabra Yámana ilaia (...) significa 'más allá del sur'. El pueblo Yámana o Yahgan era nómada y utilizaba sus canoas como medio de transporte habitual, de manera que también era su lugar de habitación. Y durante probablemente cientos de años viajaron a través de las islas y canales que configuran la zona extrema sur del continente americano, conocida como Tierra del Fuego (Retamales-Espinoza, 2014).

La palabra ilaia es un punto cardinal intuitivo solamente disponible para gente imaginativa que está extremadamente conectada con sus circunstancias. Más allá del sur significa que la cartografía cartesiana es una alegoría limitada de una lógica estrecha, en donde el plano se confunde con el territorio.

Se puede pensar, en ese plano de la libertad que otorga la imaginación, que el pueblo Yaghan pensó que la comprensión del paisaje necesita más que meras coordenadas: una intuición más allá de un cierto número de ejes cruzados (= líneas) de un plano coordinado (= región formada por un cruce de doble entrada). Más allá de esto, un cálculo complejo incluye el volumen del espacio, lo que no significa añadir un tercer eje, porque no es una solución en orden a entender el paisaje ni el territorio, porque el territorio-maritorio (territorio marítimo) no es solo una superficie divisible como piezas de un gran pastel.

Con un enfoque interdisciplinario, se intenta conectar el proceso de escalas intersectadas del proyecto de la modernidad desatado a escala global (Apostol, Palmer, Pasqualetti, et al., 2018; De Boer, Zuidema y Gugerell, 2018; Jørgensen y Jørgensen, 2018; Zambon, Colantoni, Cecchini y Mosconi, 2018, Parija, Waetzig, Andrews y Banerjee, 2018; Wales, 2018) vinculando la Antártica con los paisajes y paisajes mentales (Pistrick e Isnart, 2013). Por ahora y para ello, se focalizará la atención en el caso de las Tecnologías de la Energía Solar en el continente Antártico porque es el lugar Ilaia: el sur, más allá del sur.

4. El sur

Mientras para la gente europea su ilaia es la cálida costa mediterránea, para la población al sur del mundo, su sur es el territorio antártico. Bajo esta condición, ha sido generada la cartografía de la presencia del sol en la superficie terrestre (Oliver, Harms y Esterhuysen, 2008) rediseñando no solo la extrema región blanca, sino reensamblando los paisajes mentales acerca de la evolución de la tecnología, entonces: ¿dónde está el sur?

Se Intentará conseguir una nueva orientación usando el mapa del cartógrafo francés Nicholas Desliens (Vargas-Martínez, 1995; MacDonald, 1996). Este mapa fue publicado en 1566 y contiene un diseño en el que el sur se encuentra en la parte superior del mundo. ¿Y por qué no? Si consideramos que en el espacio extraterrestre no hay ni arriba ni abajo, ¿por qué el norte siempre debe

Figura 1. Mapa de Nicholas Desliens (1566)



Fuente: Biblioteca Digital Mundial: <https://www.wdl.org/es/item/15490/>

aparecer por encima del sur en los mapas occidentales?

En muchos sentidos, la mayor parte de los elementos del futuro están en el sur. Por ejemplo, el mundo del norte de pronto descubrió que una gran acumulación de un servicio ecosistémico, o recurso natural en la nomenclatura de la economía convencional, como es el agua dulce está localizado en el continente antártico, y se sigue profundizando en el conocimiento de los elementos disponibles para el uso humano, en una exploración colonizadora del mismo tipo que en entre los siglos XV al XIX, a través de la paulatina habitación allí por fuerzas militares y científicas, además de visitada por un grupo de la extrema elite mundial del turismo¹.

Se trata de una fase distinta, que no es nueva, del proceso de control de gestión de la biósfera, combinando la noosfera de Vernarsky (Oldfield y Shaw, 2006) con el proceso geológico de la tecnósfera (Zalasiewicz, Williams, Waters et al., 2017). Esto es lo que Rosalind Williams ha estudiado como el triunfo del Imperio Humano (Williams, 2013), expresado en las ideas de utopías colonizadoras europeas que planteaba Francis Bacon en la década de 1620, proponiendo la historia de un navegante inglés que, al viajar desde Perú en los mares del sur, encontró una Nueva Atlántida, un lugar donde sus habitantes eran capaces de construir vehículos voladores, curar enfermedades, cosechar el poder del viento y las olas, cultivar azúcar y variedades de frutas y hacer tanto finas telas como papel, así como, por supuesto, armas y explosivos.

El mito colonizador y tecnológico de Bacon ha sido visto críticamente por otro historiador de la tecnología, como es George Basalla (2011: 208) quien, como ya fue señalado anteriormente, da aviso que la trilogía de elementos técnicos de la eurocéntrica conquista del mundo, la imprenta, la pólvora y la brújula magnética, son en realidad inventos asiáticos.

Con las herramientas de los siglos XX y XXI, los valores sociales que conducen el proceso de colonización del paisaje antártico emerge la pregunta: ¿qué tipo de fuentes de energía han sido utilizados por este nuevo triunfo del Imperio Humano?

Se tomará como punto de partida que, por ejemplo, en las décadas de 1960 y 1970, la estación McMurdo utilizó como fuente de energía un reactor nuclear portátil de tamaño medio. La lógica que se utilizó para desplegar este artefacto consideró que era una manera efectiva de reducir las enormes cantidades de combustible en hidrocarburos que se requerían para mantener las operaciones de la base, y con ello, se redujo el uso de petróleo y derivados, omitiendo el problema de los residuos nucleares. Otro ejemplo lo aporta la Base Scott, donde se utiliza un total anual estimado de 200 mil litros de AN8, carburante basado en keroseno, para el uso tanto en vehículos como en calderas para temperar la base (Stent, 2018).

Hasta aquí la lógica de suministro de fuentes de energía resulta lógica para la era de los hidrocarburos y su *lock-in* o encierro tecnoinstitucional (Unruh, 2000 y 2002). Por lo mismo, resulta contraintuitivo pensar que en un continente donde el invierno tiene un número muy limitado de horas de sol o simplemente ninguna, pueda ser un lugar apropiado para el uso de las tecnologías que cosechan radiación solar, tanto termosolares como fotovoltaicas.

Sin embargo, antes de tener una opinión o conclusiones, se debe evaluar aquella radiación solar en la superficie antártica (Balog, Spinelli, Grigioni et al., 2015; Hamanaka y Obara, 2016). Algunas conclusiones, como las de Balog y otros, son optimistas proponiendo tecnologías limpias basadas en plantas de energía renovable, y un ejemplo específico de una tendencia hacia el decrecimiento o disminución de la huella humana de carbón en la atmósfera de esta área protegida, como es la Antártica. El desafío es importante si consideramos que la base italiana Mario Zucchelli tiene un consumo de electricidad que representa el 89% de su matriz energética en verano, habida cuenta que es estacional y, por lo tanto, no es habitada en invierno.

Otro ejemplo de energía renovable que está siendo aprovechada en la Antártica es la base Rothera, que es la más grande de las bases de Reino Unido en el continente, instalando 36 paneles solares fotovoltaicos, proveyendo 15 kW/h de energía y, con ello, ahorrando alrededor de 1000 litros/año de combustible, mientras que además se implanta una mentalidad *switch-off* al interior de la base para disminuir el uso de electricidad (British Antarctic Survey, 2015).

Puede añadirse que un sistema de suministro solar fotovoltaico (PV, por sus siglas en inglés) fue diseñado, construido e instalado en el remoto campamento en Lake Hoare, en los valles secos (Dry Valleys), uno de los desiertos más secos del mundo. Este sistema provee energía a estas instalaciones para seis personas con fuerza eléctrica para computadores, impresoras, equipamiento de laboratorio, luz y un pequeño horno microondas (NASA, 1993). Este caso de estudio en particular muestra que, efectivamente, los paneles solares fotovoltaicos funcionan con buenos resultados en pequeñas escalas incluso en el medio ambiente antártico.

Este medio ambiente es usualmente representado como un paisaje de vida silvestre y hielo. Una imagen en la que no existen ni vestigios ni escombros, que es tal como lo presentó Georgie Friedman en su exposición de fotografías en el Museo de Bellas Artes de Boston titulada *Fragments of Antarctica* (Gallery 268, 2019). Sin embargo, esta imagen prístina, donde los únicos escombros son los icebergs en el océano, es una subrepresentación de la circulación humana y su incidencia en la co-evolución de ese entorno y los quehaceres técnicos allí.

Esa imagen fácilmente olvida los procesos de ingeniería civil y militar (Figuras 2 y 3), que permiten que el continente sea colonizado de manera rutinaria por los humanos y los ecosistemas alóctonos que ellos transportan, lo que está representado en un punto extremo por la base del polo sur Amundsen-Scott, una estación de investigación científica de los Estados Unidos de América, instalada en el punto más austral del planeta. La estación está localizada en la alta meseta antártica a una altura de 2.835 metros sobre el nivel del mar. Se concibe este como el único sitio habitado de la superficie terrestre desde la cual el sol es continuamente visible por seis meses y continuamente en la oscuridad por otros 6 meses (NSF, 2020).

Durante esta noche de seis meses la temperatura del aire puede caer hasta los $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-99\text{ }^{\circ}\text{F}$). Este es

además el tiempo del año cuando las tempestades de nieve, con vientos a menudo extremadamente fuertes, golpean la estación Amundsen-Scott. A pesar de esas tormentas de nieve, el período de continua oscuridad y la atmósfera seca hacen de la estación un excelente lugar desde el cual realizar observaciones astronómicas (Salazar, 2017).

Considerando todo lo anterior, puede pensarse este pasado reciente como una Historia de la ciencia, tecnología y sociedad en la que encontramos la ilaia de la investigación tecnoambiental. Se encuentra así, una vez más, un aspecto de las olvidadas historias de la ingeniería.

Figura 2. Glaciar Unión. Memoria Antártica Nacional. Campaña Antártica 2015-2016



Fuente: Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile (2016).

Figura 3. Antarctic Logistics and Expeditions LLC (ALE)



Fuente: <https://antarctic-logistics.com/2011/12/27/criosfera-i-a-landmark-achievement/>

5. Los paisajes obliterados de la ingeniería

El polo sur ve el sol salir y ponerse una vez al año. Debido a la refracción atmosférica esto no ocurre exactamente en el equinoccio de septiembre y en el de marzo, respectivamente: el sol está arriba del horizonte por cuatro días en cada equinoccio. El lugar no tiene un tiempo solar; no hay un máximo o mínimo de altura sobre el horizonte. La estación Amundsen-Scott utiliza el horario de Nueva Zelanda (UTC+12 en tiempo estándar y UTC+13 durante el día ahorrando tiempo). Todos los vuelos le conectan vía la estación McMurdo con Christchurch. Por lo tanto, todos sus viajes oficiales desde y hacia el Polo Sur pasan por Nueva Zelanda.

Una vista aérea de la base polar Amundsen-Scott tomada hacia 1983, muestra el domo central formando un arco con varios edificios de almacenamiento y otros edificios auxiliares, tales como garages y hangares.

Varias veces estas instalaciones han debido ser relocalizadas. En 1992 el diseño de la nueva estación comenzó con un edificio de 7,400 m² (80,000 sq ft) con dos niveles y a un costo de US\$150 millones (NSF, 2008). La construcción comenzó en 1999 emplazado adyacente al domo. Las instalaciones fueron oficialmente inauguradas el 12 de enero de 2008 con una ceremonia en la que incluyó el retiro de servicio del domo de la estación anterior (Rejcek, 2008). La totalidad de los materiales para esta construcción fueron acarreados a través de la estación McMurdo.

La nueva estación incluye un diseño modular para acomodar la creciente población de la base, así como una elevación ajustable para prevenir que la instalación quede enterrada en la nieve. En la posición actual cerca de 20 centímetros (8 inches) de nieve se acumula cada año sin que llegue a derretirse (NSF, 1993) y un diseño con esquinas y bordes redondeados ayudarán a reducir la nieve acumulada. Todo el diseño está orientado a la investigación, lo que incluye glaciología, geofísica, meteorología, física de atmósfera superior, astronomía, astrofísica y estudios biomédicos. En años recientes, la mayoría de los científicos de invierno estuvieron trabajando en el IceCube Neutrino Observatory o experimentos de astronomía de baja frecuencia dadas las instalaciones, tales como Telescopio del Polo Sur BICEP2 (Ade, Aikin y Barkats, 2014).

Durante el verano la población típica ronda las 150 personas. La mayoría del personal deja las instalaciones a mediados de febrero, antes de finalizar el verano del Hemisferio Sur, quedando unas pocas docenas de personas en la fase invernal (v.g. 45 en 2015). La mayor parte del grupo es personal de mantención y quedan algunos investigadores e investigadoras. Este

grupo queda completamente aislado entre mediados de febrero y octubre de cada año. Esto es posible gracias a que la estación es completamente autosuficiente y la energía es provista por un generador JP-8 jet fuel.

Aunque la infraestructura es radicalmente diferente y más precaria, en términos de energía no hay una gran diferencia con la situación de Glaciar Unión (Union Glacier) donde los generadores que se disponen son: 1 Power Link 30 kva, 3 Honda de 5500 w y 2 Briggs y Stratton de 7000 w, los cuales usan petróleo microfiltrado BV-87, con un total de consumo para el verano austral (15 de noviembre al 17 de diciembre) de 5.614 litros, con un promedio de 175 litros/por día para 56 personas, es decir, 3 litros/día/persona (Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, 2016).

Glaciar Unión es una base de investigación chilena ubicada en lo que este país denomina territorio Chileno Antártico. Fue inaugurada el 7 de diciembre de 1999, 43 años después que la base Amundsen-Scott y está emplazada aproximadamente a 1 km del campamento Patriot Hills, operado por la compañía privada Adventure Network International, actualmente Antarctic Logistics & Expeditions LLC, junto a un aeródromo sobre hielo azul, habiendo tenido ambas bases una relocalización entre 2010 y 2013. La base en la actualidad es operada cada 2 años y se estima que puede proveer soporte vital a un total de 40 personas (FACH, 2020).

6. Discusión

Colonizar fronteras gracias a las tecnologías de la energía solar es el paso que está aconteciendo: en el espacio exterior la energía solar es casi exclusivamente la única fuente de energía, en las zonas áridas es una fuente de abundante energía, en territorios aislados es la mejor forma de solucionar el problema de acceso a la energía y en la Antártica es una manera apropiada de cumplir con el tratado antártico.

Precisamente por eso, en la concepción que recuerda la designación de la Antártica como área especial de conservación y otras medidas adoptadas bajo el Tratado Antártico para proteger el ambiente y los ecosistemas asociados (Secretariat of the Antarctic Treaty, 2019) parece pertinente pensar que el paisaje ambiental que la humanidad está produciendo como una nueva naturaleza (Jørgensen, Jørgensen y Pritchard, 2013) o, siguiendo a Escobar (2015), quien señala que el Buen Vivir, los denominados derechos de la naturaleza, la crisis civilizatoria y el concepto de alternativas al desarrollo hacen parte de la principal tendencia postdesarrollista en América Latina.

Así, pareciera que la Antártica deja ver que, más allá de Ítaca, necesitamos una comunidad que nos guíe

para arribar a servicios ecosistémicos en la Antártica global. Estamos en el tiempo en que debemos ir más allá del sur.

Notas

1. Ver: International Association of Antarctica Tour Operators, <https://iaato.org>. Antarctic Logistics & Expeditions have rates between US\$30.000 to US\$80.000 for expeditions from 7 to 58 days. See more: <https://antarctic-logistics.com/trip-finder/> Recuperado de internet el 18 de Agosto de 2019.

Referencias

ADE, Peter; AIKIN, Robert y BARKATS, Daniel (2014). BICEP2. II. Experiment and three-year Data Set. *The Astrophysical Journal*, 792(1), 62.

APOSTOL, Dean; PALMER, James; PASQUALETTI, Martin; SMARDON, Richard y SULLIVAN, Robert (2017). *The Renewable Energy Landscape: Preserving Scenic Values in Our Sustainable Future*, New York: Routledge, 286.

ARELLANO, Nelson (2014). Los ingenieros británicos en la Sudamérica del siglo XIX, *Quipu Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, 16, 1, 39-62.

____ (2015). *La ingeniería y el descarte artefactual de la desalación solar de agua: las industrias de Las Salinas, Sierra Gorda y Oficina Domeyko (1872-1907)*, tesis para optar al grado de doctor, Universidad Politécnica de Cataluña.

____ (2016). El debate de la energía solar para la desalación de agua en 1884: rastros de un discurso desatendido. *Quaderns d'història de l'enginyeria*, 15, 449-467.

____ (2017). El desierto de Atacama como laboratorio: experimentos y tecnologías de la energía solar (1872-1981). *Aldea Mundo*, 22, 044, 81-89.

____ (2018a). La energía solar industrial en el desierto de Atacama entre 1933 y 1952: Investigación, desarrollo y sustentabilidad, *Estudios Atacameños*, aceptado para publicar.

____ (2018b). "MIT, Universidad de Barcelona, CORFO y Batelle Institute: búsquedas paralelas del poder solar en la década de 1970", *Quaderns d'història de l'enginyeria*, 2018. Aceptado para publicación.

ARELLANO, Nelson y ROCA-ROSELL, Antoni (2018). Solar energy technologies: unity and disunity of loose European memories, Pannel accepted for European Society for the History of Science Biennial Conference 2018 in conjunction with the British Society for the History of Science. London, 14-17 September, Theme: Unity and Disunity.

AUGÉ, Marc (1998). *Las formas del olvido*, Barcelona, Gedisa.

BALOG, Irena; SPINELLI, Francesco; GRIGIONI, Paolo; CAPUTO, Giampaolo; NAPOLI, Giuseppe y DE SILVESTRI, Lorenzo (2019). Estimation of Direct Normal Irradiance at Antarctica for Concentrated Solar Technology. *Applied System Innovation*, 2(3), 21; Wolf, P. (2015). Solar energy utilization in overall energy budget of the Johann Gregor Mendel Antarctic station during austral summer season. *Czech Polar Reports*, 5, 1-11.

BASALLA, George (1979). Energy and civilization. *EPRI Journal*, 4, 6, 20-25.

____ (1982). Some persistent energy myths, *Energy and transport: Historical perspectives on policy issues*, 15, 27-38.

____ (2011). *La evolución de la tecnología*, Barcelona, Editorial Crítica, segunda edición.

BERGER, Peter y LUCKMANN, Thomas (1968). *La construcción social de la realidad*. Buenos Aires: Amorrortu.

BERNAL, Marcelo; TAYLOR, Pol y VALDIVIA, Francisco (2015). Ilaia: Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión. Antártica, Chile, 2013-2014. *ARQ (Santiago)*, 90, 76-79.

BLANCO, Gustavo (2016). *La Vida Social De La Energía: Trayectorias Territoriales De La Energía En Tres Regiones Del Sur-Austral De Chile*, Disciplina Fondecyt N° 1160857: Ciencias Sociales, Sociología, Cambio Social y Desarrollo. Concurso Nacional Regular 2016.

BOUVIER, Yves y PEHLIVANIAN, Sophie (2013). Introduction, *Annales historiques de l'électricité*, 1, 11, 8-10. DOI 10.3917/ah.011.0007

BOUVIER, Yves y LABORIE, Léonard (dir.) (2016). *L'Europe en transitions. Énergie, mobilité, communication. XVIIIe-XXIe siècles*, Paris, Nouveau monde éditions, 332 p.

BRITISH ANTARCTIC SURVEY (2015). BAS goes solar. Retrieved from <https://cutt.ly/Tne8X63>. Recuperado de internet el 19 de agosto de 2019.

BURKE, Peter (1996). *Hablar y callar: funciones sociales del lenguaje a través de la historia*, Barcelona, Gedisa.

DAVOINE, Françoise (2013). Clínica de lo extremo, *Entrevista con Dori Laub*. Le Coq-Héron, Èrès, Paris, 214, 143-158.

DE BOER, Jessica; ZUIDEMA, Christian y GUGERELL, Katharina (2018). New interaction paths in the energy landscape: the role of local energy initiatives, *Landscape research*, 43(4), 489-502

DE CERTEAU, Michel (2010). *La invención de lo cotidiano*, México, Universidad Iberoamericana.

DELANTY, Gerard y MOTA, Aurea (2017). Governing the Anthropocene: Agency, governance, knowledge. *European Journal of Social Theory*, 20, 1, 9-38.

DESCOLA, Phillip y PALLSON, Gísli (2001). *Naturaleza y sociedad. Perspectivas antropológicas*, México, Siglo XXI.

EDGERTON, David (2004). De la innovación al uso: diez tesis eclécticas sobre la historiografía de las técnicas. *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, VI, 1-23.

____ (2007). *Innovación y tradición: historia de la tecnología moderna*, Barcelona, Editorial Crítica.

____ (2010). Innovation, Technology, or History. What is the Historiography of Technology About? *Technology and Culture*, 51, 3, 680-697.

EMOL (2017). *Revolución solar en Chile: Conoce las 10 plantas fotovoltaicas más grandes del país*, El mercurio on line, 3 de octubre. Recuperado de internet el 18 de noviembre de 2017: <https://cutt.ly/Unrkup2>

ESCOBAR, Arturo (2015). *Decrecimiento, post-desarrollo y transiciones: una conversación preliminar*. *Interdisciplina*, 3(7), 217-244.

ESPINOZA, Cristina (2017). *Energía solar ha tenido explosivo*

- crecimiento en Chile, La Tercera, 9 de agosto. Recuperado de internet el 28 de septiembre de 2017: <http://www2.latercera.com/noticia/energia-solar-chile/>
- FACH (2020) Glaciar Unión. Recuperado de internet el 18 de Octubre de 2019: https://www.fach.mil.cl/glaciar_union.html.
- GALLERY 268 (2019). Eunice and Julian Cohen Galleria and the Lisbeth Tarlow and Stephen Kay Art Wall. Recuperado de internet el 18 de agosto de 2019 <https://cutt.ly/zne7hyT>
- GALLANTI, Fabrizio (2004). Architecture in Extreme Environments 1: Antarctica, Domus, 870. Sin número de páginas.
- GARCÍA-HUIDOBRO, Felipe (2017). La primera campaña antártica y la fundación de la base soberanía, hitos de nuestra historia polar. *Revista de Marina*, 955, 42-49.
- GEERTZ, Clifford (2003). La Interpretación de las culturas, Barcelona, Gedisa. [duodécima reimpression] traducida de: Geertz, Clifford (1973). *The Interpretation of Cultures*, Nueva York, Basic Books, Inc.
- GIBERT, Jorge; GÓMEZ, Andrés y CANCINO, Ronald (2017). *Ciencia, tecnología y sociedad en América Latina: la mirada de las nuevas generaciones*, Santiago de Chile, RIL editores.
- GILLE, Bertrand (1999). *Introducción a la historia de las técnicas*, Barcelona, Editorial Crítica.
- GONZÁLEZ, Sergio, ARTAZA, Pablo y CALDERÓN, Renato (2016). El fin del ciclo de expansión del salitre en Chile: la inflexión de 1919 como crisis estructural. *Revista de Historia Industrial*, 25, 65, 83-110.
- GONZÁLEZ MIRANDA, Sergio y OVANDO SANTANA, Cristian (2017). Sama y Camarones: Las fronteras que no fueron entre Perú y Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, 66, 61-82.
- GOUDSBLOM, Johan (2012). Energy and civilization. *International Review of Sociology*, 22, 3, 405-411.
- GREVE, Ernesto (1938). *Historia de la Ingeniería en Chile*, Santiago de Chile, Imprenta Universitaria.
- HAAS, Jannik; PALMA BEHNKE, Rodrigo; VALENCIA, Felipe; ARAYA, Paz; DÍAZ FERRAN, Gustavo; TELSNIIG, Thomas; ELTROP, Ludger; DÍAZ, Manuel; PUSCHEL, Sebastián; GRANDEL, Matthias; ROMÁN LATORRE, Roberto y JIMÉNEZ ESTÉVEZ, Guillermo (2018). Sunset or sunrise? Understanding the barriers and options for the massive deployment of solar technologies in Chile. *Energy Policy*, 112, 399-414.
- HEADRICK, Daniel (1989). *Los instrumentos del Imperio. Tecnología e imperialismo europeo en el siglo XIX*. Alianza Editorial. Madrid.
- HERNANDO, Maite y BLANCO, Gustavo (2016). Territorio y energías renovables no convencionales: aprendizajes para la construcción de política pública a partir del caso de Rukatayo Alto, Región de Los Ríos, Chile. *Gestión y política pública*, 25, 1, 165-202.
- HIBBARD, Kathy; CRUTZEN, Paul; LAMBIN, Eric F.; LIVERMAN, Diana M.; MANTUA, Nathan J.; MCNEILL, John R.; MESSERLI, Bruno and STEFFEN, Will (2007). Group Report: Decadal-scale Interactions of Humans and the Environment. En: R. Costanza, L. J. Graumlich, and W. Steffen (eds.). *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*. Dahlem Workshop Report 96. Cambridge, MA, MIT Press. Pp. 341-378.
- HUGHES, Thomas (1987). The Evolution of Large technological Systems, 51-82. En Bijker, Hughes And Pinch *The Social Construction of Technological Systems*, Mass., MIT Press.
- ____ (1993). *Networks of power: electrification in Western society, 1880-1930*, Baltimore, John Hopkins University Press.
- IBÁÑEZ, Adolfo (1983). Los ingenieros, el estado y la política en Chile: del Ministerio de Fomento a la Corporación de Fomento: 1927-1939. *Historia*, 188, 45-102.
- ____ (2005). Los ingenieros norteamericanos en la década de 1920 y su intento de construir un mundo feliz. *Boletín de la Academia Chilena de la Historia*, 71, 114, 87-107.
- IBARRA, Cecilia; O'RYAN, Raúl y SILVA, Bárbara (2018). Applying knowledge governance to understand the role of science in environmental regulation: the case of arsenic in Chile. *Environmental Science & Policy*, 86, 115-124.
- INACH (2014). Editorial, Ilaia, 1, 3-4.
- ISSAWI, Charles (1991). Technology, energy, and civilization: Some historical observations. *International Journal of Middle East Studies*, 23, 3, 281-289.
- JOHNSTON, Sean (2018a). The Technological Fix as Social Cure-All: Origins and Implications. *IEEE Technology and Society Magazine*, 37, 1, 47-54.
- ____ (2018b). Alvin Weinberg and the promotion of the technological fix. *Technology and Culture*. In press.
- JØRGENSEN, Dolly y JØRGENSEN, Finn Arne (2018). Aesthetics of Energy Landscapes, *Environment, Space, Place*, 10(1), 1-14
- JØRGENSEN, Dolly; JØRGENSEN, Finn y PRITCHARD, Sara (Eds.). (2013). *New natures: Joining environmental history with science and technology studies*. University of Pittsburgh Press.
- KLEICHE-DRAY, Mina (2017). Les ancrages nationaux de la science mondiale, XVIIIe-XXIe siècles. Paris, Éditions des archives contemporaines, en coédition avec IRD Éditions.
- KOSELLECK, Reinhart (2004). *Futures past: on the semantics of historical time*. NY: Columbia University Press. Versión en español: Koselleck, Reinhart (1993). *Futuro pasado. Para una semántica de los tiempos históricos*, Buenos Aires, Editorial Paidós.
- KREIMER, Pablo (2010). *Ciencia y Periferia. Nacimiento, muerte y resurrección de la biología molecular en la Argentina. Aspectos sociales, políticos y cognitivos*.

- Buenos Aires. EUDEBA.
- KUBLER, George (1988). *La Configuración del tiempo: Observaciones sobre la historia de las cosas*, Madrid, Nerea.
- LATOURE, Bruno (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard university press.
- LEÓN WÖPPKE, Consuelo Y JARA FERNÁNDEZ, Mauricio (2013). *Esbozando la Historia Antártica Latinoamericana. Encuentros de Historiadores Antárticos Latinoamericanos, 1999-2011*.
- LLORCA-JAÑA, Manuel y BARRÍA, Diego (Eds.). (2017). *Empresas y empresarios en la historia de Chile: 1810-1930*. Santiago de Chile, Editorial Universitaria.
- MACDONALD, Bruce (1996). Filling in the maps [The map and atlas collection held by the Royal Geographical Society of Australasia, South Australian Branch.]. *The Globe* (44), 68.
- MARX, Leo (1994). The idea of 'Technology' and Postmodern Pessimism, 11-28 en Smith, Merritt and Marx, Leo (1994). *Does Technology drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge, MIT Press.
- MEDINA, Eden; DA COSTA MARQUES, Ivan y HOLMES, Cristina (2014). *Beyond Imported Magic: Essays on Science, Technology, and Society in Latin America*, Cambridge, MIT Press.
- MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES [Chile] (2016) Campaña Antártica 2015-2016. Recuperado de internet el 25 de agosto de 2019: <https://cutt.ly/tnrfdi>
- MISA, Thomas (1988). How machines make history, and how historians (and others) help them to do so. *Science, Technology, & Human Values*, 13, 3/4, 308-331.
- NASA (1993). *A Solar Photovoltaic Power System for Use in Antarctica*. Recuperado de internet el 19 de agosto de 2019, <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19940019598.pdf>
- NSF (1993) "Initial Environmental Evaluation Development of Blue-Ice and Compacted-Snow Runways in support of the U.S. Antarctic Program". National Science Foundation Office of Polar Programs. April 9.
- _____ (2008) "South Pole Station Modernization (SPSM)", "FY 2008 NSF Budget Request to Congress" (PDF). National Science Foundation. Recuperado de internet el 8 de Noviembre de 2009.
- _____ (2020) "Amundsen-Scott South Pole Station". Recuperado de internet el 16 de Mayo de 2020: <https://www.nsf.gov/geo/opp/support/southp.jsp>
- NUMIES (2014). Núcleo Milenio de Investigación en Energía y Sociedad (Numies). <http://www.iniciativamilenio.cl/numies/>
- NÚÑEZ, Juan y DE GORTARI, Jaime (2013). Discusión sobre el modelado de la destilación solar: experimentos y teoría. *Tecnología en Marcha*, 26, 4, 100-108.
- OLDFIELD, Jonathan and SHAW, Denis (2006). *VI Vernadsky and the noosphere concept: Russian understandings of society-nature interaction*. *Geoforum*, 37(1), 145-154.
- PARADA, Jaime, (2011). *La Profesión de Ingeniero y los Anales del Instituto de Ingenieros de Chile. 1840-1927*, ix-lxxvii, en: Sagredo, Rafael (Ed.) (2011) *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile. Ingeniería y sociedad 1889-1929*, Santiago de Chile, Centro de Investigaciones Diego Barros Arana de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.
- PARIJA, Abhishek; WAETZIG, Gregory R., ANDREWS, Justin L. and BANERJEE, Sarbajit (2018). Traversing energy landscapes away from equilibrium: strategies for accessing and utilizing metastable phase space. *The Journal of Physical Chemistry C*, 122(45), 25709-25728.
- PEHLIVANIAN, Sophie (2014). *Histoire de l'énergie solaire en France: science, technologies et patrimoine d'une filière d'avenir*, Doctoral dissertation, Grenoble.
- PISTRICK, Eckehard and ISNART, Cyril (2013). Landscapes, soundscapes, mindscapes: introduction. *Etnográfica. Revista do Centro em Rede de Investigação em Antropologia*, 17(3), 503-513.
- PODGORNY, Irina (2017). *Hacia una historia burocrática de las ciencias, 19-54*, en: Sanhueza, Carlos (ed.), (2017a) *La movilidad del conocimiento científico en América Latina (...)* op. cit.
- RAY, Dixy (1983). *Energy and civilization. Nuclear and Chemical Waste Management*, 4, 1, 3-7
- REJCEK, Peter (2008) "A New era", *The Antarctic Sun. United States Antarctic Program*. May 1, 2009. Recuperado de internet el 16 de Agosto de 2019: <https://antarcticsun.usap.gov/features/1315/>.
- RETAMALES-ESPINOZA, José, Director Chilean Antarctic Institute, Editorial, *ilaia - Advances in Chilean Antarctic Science*, Published on Aug 17, 2014, 1, 4.
- SALAZAR, Juan Francisco (2017) *Antarctica and Outer Space: relational trajectories*, *The Polar Journal*, 7:2, 259-269, DOI: 10.1080/2154896X.2017.1398521
- SANHUEZA, Carlos (ed.), (2017a). *La movilidad del conocimiento científico en América Latina. Objetos, prácticas, instituciones. Siglos XVIII-XX*, Santiago de Chile, Universitaria.
- _____ (2017b). *100 años Escuela de Ingeniería y Ciencias 1917-2017*, Santiago, Universidad de Chile.
- SECRETARIAT OF THE ANTARCTIC TREATY (2019). *Preamble. Protocol on Environmental Protection to The Antarctic Treaty*. Recuperado de internet el 18 de agosto de 2019: https://www.ats.aq/index_e.html 18 August, 2019.
- SMIL, Vaclav (2017). *Energy and Civilization: A History*. Cambridge, MIT Press.
- SMITH, Merritt y MARX, Leo (1994) *Does Technology drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge, MIT Press.

- STENT, Simon (2018). A feasibility assessment of emergent technology for use in Antarctica, PCAS 20 (2017/2018) Supervised Project Report (ANTA604).
- STERN, Steve (2006). *Battling for hearts and minds: Memory Struggles in Pinochet's Chile, 1973-1988*. Duke University Press.
- STERN, David (2004). Economic growth and energy. *Encyclopedia of Energy*, 2, 147, 35-51.
- ____ (2011). The role of energy in economic growth. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219, 1, 26-51.
- TAYLOR, Pol (2018). Comunicación personal, martes 13 de marzo de 2018, Valparaíso.
- THOMAS, Julia (2017). Historia económica en el Antropoceno: cuatro modelos. *Desacatos*, 54, 28-39.
- TORCHIA-NÚÑEZ, Jorge, CERVANTES-DE-GORTARI, Jaime and PORTA-GÁNDARA, Miguel (2014). Thermodynamics of a shallow solar still. *Energy and Power Engineering*, 6, 09, 246.
- UNRUH, Gregory (2000). Understanding Lock-in Carbon. *Energy Policy*, 28, 817-830.
- ____ (2002). Escaping carbon lock-in. *Energy Policy*, 30, 4, 317-325.
- UNRUH, Gregory and CARRILLO-HERMOSILLA, Javier (2006). Globalizing Carbon Lock-in. *Energy Policy*, 34, 10, 1185-1197.
- VARGAS MARTÍNEZ, Gustavo (1995). *Atlas antiguo de América: siglos XV y XVI*. Ciudad de México, Editorial Trillas.
- VERGARA, Mario (2017). *80 años formando ingenieros mecánicos. Un camino de búsqueda, Realización personal y profesional. 1937-2017 Chile*. Valparaíso, Universidad Técnica Federico Santa María.
- VESSURI, Hebe y KREIMER, Pablo. (2017). Les sciences en Amérique latine. Tensions du passé et défis du présent, 99-134, en: Kleiche-Dray, M. (2017). *Les ancrages nationaux de la science mondiale, XVIIIe-XXIe siècles*. Paris, Éditions des archives contemporaines, en coédition avec IRD Éditions.
- VILLALOBOS, Sergio (1983). *Historia de la energía en Chile*. Santiago, Museo Histórico Nacional de Chile.
- VILLALÓN, Eduardo (2013). El Ejército de Chile, camino al Polo Sur. *Estudios Hemisféricos y Polares*, 4, 3, 211-229.
- WALES, David (2018). Exploring energy landscapes. *Annual review of physical chemistry*, 69, 401-425.
- WENZEL, Paul; LACHENAL, Guillaume; MANTON, John y TOUSIGNANT, Noémi (2016). *Traces of the future: an archaeology of medical science in Africa*. Chicago, University of Chicago Press.
- WILLIAMS, Rosalind (2013). *The triumph of human empire: Verne, Morris, and Stevenson at the end of the world*. University of Chicago Press.
- ZALASIEWICZ, John, WILLIAMS, Mark; Waters, Colin N.; BARNOSKY, Anthony D.; PALMESINO, John; RÖNNSSKOG, Ann-Sofi; EDGEWORTH, Matt; NEAL, Cath; CEARRETA, Alejandro; ELLIS, Erle C.; GRINEVALD, Jacques; HAFF, Peter; IVAR DO SUL, Juliana A.; JEANDEL, Catherine; LEINFELDER, Reinhold; MCNEILL, John R.; ODADA, Eric; ORESKES, Naomi; PRICE, Simon James; REVKIN, Andrew; STEFFEN, Will; SUMMERHAYES, Colin; VIDAS, Davor; WING, Scott and WOLFE, Alexander P. (2017). Scale and diversity of the physical technosphere: A geological perspective. *The Anthropocene Review*, 4(1), 9-22.
- ZAMBON, Ilaria; COLANTONI, Andrea; CECCHINI, Massimo and MOSCONI, Enrico (2018). Rethinking sustainability within the viticulture realities integrating economy, landscape and energy. *Sustainability*, 10(2), 320

Bibliografía

- ALVARADO, Margarita y MASON, Peter (2001). La desfiguración del otro: sobre la historia de una técnica de producción del retrato 'etnográfico'. *Aisthesis*, 34, 242-257.
- AGOSTINI, Claudio; NASIROV, Shahriyar y SILVA, Carlos (2016). Solar PV planning toward sustainable development in Chile: challenges and recommendations. *The Journal of Environment & Development*, 25, 1, 25-46.
- BARTHES, Roland (2009) *La Cámara Lúcida*, Barcelona, Editorial Paidós.
- BATTELLE INSTITUTE (1976). *Estudio de factibilidad de Centrales de Potencia en el norte de Chile*, Battelle Centre de recherche de Gêneve, Suiza. Biblioteca CORFO, Santiago de Chile.
- BONERT, Christian; PINTO, Luis y ESTRADA, Raúl (2005). Cuantificación de contaminantes orgánicos (hidrocarburos e hidrocarburos clorados) en muestras de agua y sedimentos, en torno a la isla de Pascua. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 28, 1, 121-124.
- BURKE, Peter (2001). *New perspectives on historical writing*. Penn, Penn State Press.
- BURKE, Peter (ed.) (2003). *Formas de hacer historia*, Madrid, Alianza Ensayo.
- CALDERER, Josep (2017). Comunicación personal, jueves 4 de mayo, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- CONANT, James (1957). *Harvard case histories in experimental science*, Cambridge, Harvard University Press.
- CORFO (1975). Programa de desarrollo del Sector Energía 75/90. Anexo 5, Sub-sector Energía Solar, *Programa de Desarrollo*, Santiago de Chile. Biblioteca CORFO.
- ____ (1976). *Informe. Ref. Construcción Hospital Isla de Pascua*, ARNAD, Fondo CORFO, v. 248.
- DE LANDA, Manuel (2011). *Mil años de historia no lineal*.

- Barcelona: Gedisa. Versión original De Landa, M. (1997). *A thousand years of nonlinear history*. New York, Swerve Editions.
- DUCLERT, Vincent (2004). La naissance de la délégation générale à la recherche scientifique et technique. La construction d'un modèle partagé de gouvernement dans les années soixante, *Revue française d'administration publique*, 4, 112, 647-658.
- FACH (2018). Antecedentes generales de las tecnologías espaciales, recuperado de internet el 29 de marzo de 2018, <http://www.ssoat.cl/antecedentes.php>
- FAÚNDEZ, Pablo (2017). Renewable energy in the equilibrium mix of electricity supply sources. *Energy Economics*, 67, 28-34.
- FLYVBJERG, Bent (2004). Cinco malentendidos acerca de la investigación mediante los estudios de caso, *Reis. Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 106, 33-62.
- GINZBURG, Carlo (1981). *El queso y los gusanos: el cosmos de un molinero del siglo XVI*, Barcelona, Muchnik [primera traducción con cuatro reimpressiones 1986, 1994, 1997 y 1999], original: Ginzburg, Carlo (1976). *Il formaggio e i vermi. Il cosmo di un mugnaio del '500*, Turín, Einaudi.
- GUTIÉRREZ, Héctor (2004). Legado, experiencia y resultados de la actividad espacial en Chile: la Agencia Chilena del Espacio. *Diálogo Andino*, 23, 53-59
- MACHOVEC, George (2013). *Solar Energy Index: The Arizona State University Solar Energy Collection*, New York, Pergamon.
- MARCUS, G. (2001). Etnografía en/del sistema mundo. El surgimiento de la etnografía multilocal. *Alteridades*, 11, 22, 111-127.
- MATUTE AGUIRRE, Álvaro (1999). Heurística e Historia. México: UNAM, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Videoteca de Ciencias y Humanidades, 29.
- MINISTERIO DE ENERGÍA [Chile] (2016). Informe de Seguimiento 2016. Recuperado de internet el 22 de mayo de 2017: <http://www.energia2050.cl/wp-content/uploads/2017/04/Informe-Seguimiento-2016.pdf>
- NREL (2018). Concentrating Solar Power Projects in Chile, recuperado de internet el 10 de abril de 2018: https://www.nrel.gov/csp/solarpaces/by_country_detail.cfm/country=CL
- OLIVIER, Jürgen; HARMS, Thomas and ESTERHUYSE, Daniël (2008). Technical and economic evaluation of the utilization of solar energy at South Africa's SANAE IV base in Antarctica. *Renewable Energy*, 33(5), 1073-1084.
- OSSIO, Iván (2018). Fuerza Aérea de Chile, historia e identidad nacional. *Revista Política y Estrategia*, 115, 172-182.
- PAKARATI ICKA, René Waldo (2000). *Aplicación de energía eólica para generar energía eléctrica en Isla de Pascua*, Tesis para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería, Ingeniero Civil Eléctrico, por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile.
- PRINS, Gwyn (2003). Historia Oral, 144-176. En Burke (2003). *Formas de hacer historia*, Madrid: Alianza Ensayo.
- RAMÍREZ, Rony (2010). *Estudio, análisis y discusión de las tecnologías utilizadas en el diseño y construcción de edificios sustentables en Chile*, Tesis para optar al grado de ingeniero civil por la Universidad de Chile.
- REINERT, Kathrin (2017). Saber e imaginación: fotografías científicas de los legados Uhle y Lehmann-Nitsche, 149-168. En Sanhueza, Carlos (ed.), (2017a). op. cit.
- ROMÁN LATORRE, Roberto y PALMA BEHNKE, Rodrigo (Eds.) (2017). *La Fuerza del sol*, Santiago de Chile, Ayllu Solar - SERC Chile.
- RUBIO, Graciela (2013). Memoria, ciudadanía y lo público en la elaboración del pasado reciente en la experiencia chilena. *Memoria y Sociedad*, 17, 35, 164-183.
- SARMIENTO, Pedro (2018). Comunicación personal lunes 22 de enero, Viña del Mar, Chile.
- STAMBUK, Patricia (2016). *Iorana & Goodbay. Una base Yanqui en Rapa Nui*, Santiago de Chile, Pehuén.
- STOICHITA, Victor (2006). *Simulacros: el efecto Pigmalión: de Ovidio a Hitchcock*, Siruela, Madrid. Traducido por Anna Maria Coderch del original: *The Pygmalion Effect: From Ovid to Hitchcock. Towards a historical anthropology of Simulacra*, University of Chicago Press, Illinois.
- THOMPSON, Paul (2017). *The voice of the past: Oral history*. Oxford university press.
- VERA, Loreto (2013). Políticas públicas y gobernabilidad en las zonas extremas de Chile 2010-2012. *Estudios de Seguridad y Defensa*, 1, 17-43.

****Nelson Arellano-Escudero**

Doctor en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo por la Universidad Politécnica de Cataluña
 Docente e investigador de la Universidad Academia de Humanismo Cristiano - DETLA/NIDAS. Chile
 Correo-e: nelson.arellano@uacademia.cl, narellano.5@gmail.com

**Fecha de recepción: abril 2020.
 Fecha de aprobación: septiembre 2020.**