ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 23, pp 06.01-06.11, 2019. Impreso en la Argentina
ISSN 2314-1433 - Trabajo selecionado de Actas ASADES2019

REDUCCION DE EMISIONES EN LA INDUSTRIA DE LITIO EN LA PUNA ARGENTINA MEDIANTE TECNOLOGIAS SOLARES DE CONCENTRACION

P. Dellicompagni[a], J. Franco[a], V. Flexer[b]
[a]Instituto de InvestigacionesenEnergía No Convencional (INENCO), 5150 Bolivia Av. (4400). Salta, Argentina. E-mail address: pablodellicompagni@gmail.com
[b]Centro de Investigación y DesarrolloenMaterialesAvanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJu), Juan A. Rojas esq. San Martín (4612). Palpalá, Jujuy. Argentina.

Recibido 13/08/19, aceptado 22/10/19

RESUMEN: Este artículo propone una estimación de reducción de las emisiones de dióxido de carbono en la actividad minera extractiva de carbonato de litio en la región Puna Argentina. Se consideraron quince regiones potenciales para diseñar proyectos mineros con una capacidad de producción previamente establecida. Se comparan dos escenarios principales, el primero bajo un régimen de producción 100% abastecido con recursos carburíferos (gas natural), mientras que el segundo escenario se diseña con implementación de tecnologías solares de concentración. Este último permite determinar la mitigación de emisiones hacia la atmosfera cuando el recurso solar se emplea para generación térmica. Además, se determina la incidencia en la matriz de consumode energía térmica de la actividad minera, basada parcialmente en tecnologías solares de concentración.

Palabras claves: Carbonato de litio, tecnologías solares, mitigación de emisiones

INTRODUCCIÓN

Existen dos cuestiones fundamentales que despertaron el interés de la incorporación de tecnologías solares en el ámbito minero Argentino, la primera de ellas se enmarca en un contexto legal establecido por la Ley Nacional 27191, que modifica a la Ley 26190, denominada *Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica* (Boletín Oficial Nacional, 2015). La misma establece, en su artículo 5 del Capítulo 2, lograr una contribución de las fuentes renovables de energía hasta alcanzar el veinte por ciento (20%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2025. El cumplimiento de estas obligaciones deberá hacerse en forma gradual, incorporando un 4% por año del total del consumo eléctrico hasta alcanzar la tasa final en el 2025. Por otra parte, las empresas, cualquiera sea su rubro, tienen compromisos asumidos en sus estatutos en cuanto a Responsabilidad Social Empresarial (RSE), lo cual establece un lineamiento, entre otros tantos, relativo a la responsabilidad ambiental de sus actividades.

En un contexto global, los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (Naciones Unidas, 2015) establecen la importancia de garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos (Objetivo 7) y de adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (Objetivo 13) (Naciones Unidas, 2019). La Organización de las Naciones Unidas reporta (2019) que un 90% de la población mundial tiene acceso a la energía eléctrica, pero será necesario redoblar los esfuerzos para alcanzar a aquellos que todavía no tienen acceso a ella. A nivel mundial, la electrificación de las zonas rurales progresó rápidamente entre los años 2015 y 2017, pero continúa existiendo una amplia brecha. En 2017, la cobertura en las áreas rurales era del 78%, en comparación con el 97% en las zonas urbanas. Esto significa que el 87% de las personas que no disponen de energía eléctrica actualmente viven en zonas rurales.

La proporción de la energía renovable en el consumo total de energía alcanzó el 17.5% en 2016, en comparación con el 16.6% en 2010. En términos absolutos, el consumo de energía renovable aumentó un 18% durante ese período. La proporción de energía renovable moderna aumentó a un ritmo más rápido, del 8.6% en 2010 al 10.2% en 2016. Esta categoría no incluye el uso tradicional de la biomasa, que refiere al uso ineficiente de la biomasa sólida, como la combustión de madera, carbón u otra materia orgánica. El mayor crecimiento de energía renovable se concentra en el sector de la energía eléctrica. Esto se debe principalmente a la rápida expansión de la energía eólica y solar, impulsada por el apoyo sostenido de políticas y la reducción de costos. Sin embargo, la energía eléctrica solo representa el 20% del consumo final de energía. El 80% restante se concentra en los sectores de calefacción y transporte, en los que las fuentes renovables modernas en el año 2016 representaron solo el 9% y 3.3% del mercado mundial, respectivamente. Por otro lado, la financiación internacional en energía renovable en los países en desarrollo está aumentando considerablemente, además, la eficiencia energética sigue mejorando, pero es necesario tomar medidas más concertadas para alcanzar la meta de los ODS. La mejora de la eficiencia energética, junto con un mayor acceso a la energía eléctrica y su asequibilidad, son fundamentales para el objetivo mundial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

En su reporte del 2019, las Naciones Unidas alertan que el cambio climático está ocurriendo a un ritmo mucho más acelerado de lo previsto y sus efectos son evidentes en todo el mundo. La temperatura media mundial para 2018 superó por aproximadamente 1ºC la línea de base preindustrial y los últimos cuatro años han sido los más cálidos registrados. Es por ello que se estableció limitar el calentamiento global a 1.5 ºC para evitar consecuencias catastróficas y cambios irreversibles. Esto requerirá transiciones rápidas y de gran alcance en los sectores de energía, suelo, infraestructura urbana y sistemas industriales. Desde ésta perspectiva, los países constituyentes han adoptado medidas decontribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) a efectos de plantear un escenario de mitigación de GEI, a mediados de siglo (Figura 1).

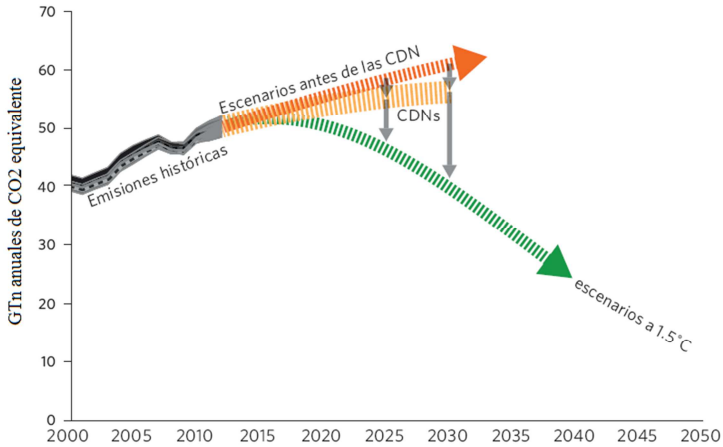

Figura1. Escenario global de emisiones de CO_2, antes y después de CDN.
Fuente: United Nations Climatic Change (UNCC, 2016).

Por otro lado, el Consejo Mundial de la Energía (WEC) plantea la necesidad de resolver el *trilema energético* de todas las naciones. El trilema se refiere a los complicados objetivos que afrontan los gobiernos de asegurar el suministro energético competitivo, proporcionando a su vez el acceso universal a la energía y promoviendo la protección ambiental. Trata pues tres aspectos fundamentales de la energía: la seguridad de suministro, la equidad social y la mitigación del impacto ambiental (Camacho Parejo, 2012). En su reporte, Wyman (2015) asevera que tanto el sector energético como el político, a nivel global, están preparados para establecer metas claras con el objeto de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La estabilidad del sector político podrá facilitar al sector energético a estar inmerso en la transición energética hacia la sustentabilidad a futuro (WEC, 2016). Para lograr tales metas los gobiernos deberán focalizar la atención en financiamiento y soporte, tanto nacional como internacional, público y privado, a la investigación, diseño y desarrollo de nuevas tecnologías, materiales y combustibles.

Argentina, desde 1994, ratifica su pertenencia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), asumiendo la obligación de informar sus inventarios nacionales de GEIy programas nacionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático. El segundo Reporte Bienal de Actualización (2017) muestra el inventario de emisiones de GEI del año 2014, estimadas e informadas de acuerdo con las Directrices del Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC, 2006). Para el 2014, Argentina emitió poco más de 368 $GgCO_2$ equivalentes, muy por debajo del pico histórico registrado en el 2007, como se observa en Figura 2.

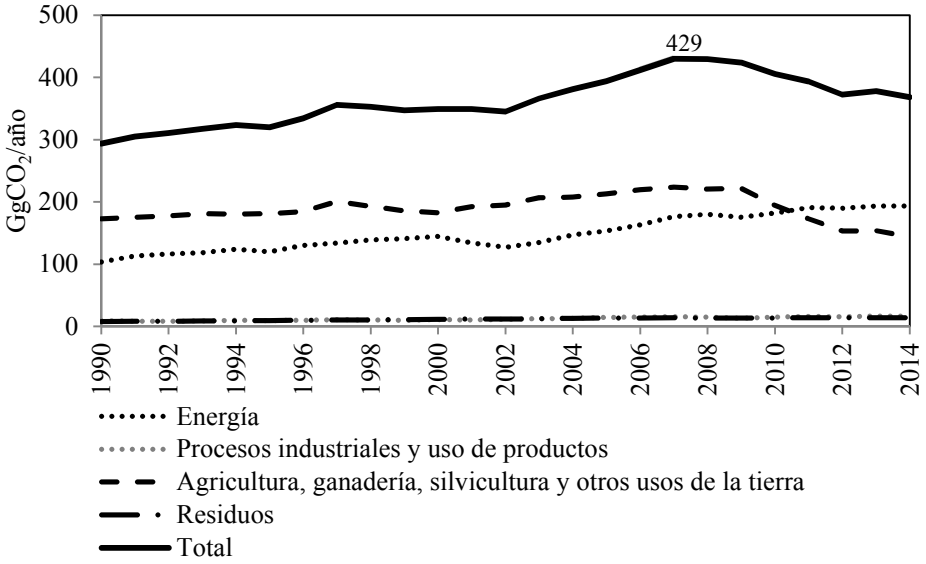

Figura 2: Estimación histórica de emisiones de dióxido de carbono en Argentina.

Si bien las emisiones totales han marcado un descenso hacia el año 2014, Argentina adoptódiversas medidas de mitigación de emisiones a través de la generación eléctrica a partir de fuentes renovables,conectadas a la red (programas RenovAr, MaTer); generación eléctrica aislada de la red mediante el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER); iluminación residencial y alumbrado público mediante el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE); corte con biocombustibles en gasoil y naftas para el transporte carretero; promoción en el desarrollo de proyectos de forestación y conservación, manejo sostenible y recuperación de bosques nativos. En materia de minería metalífera, en particular carbonato de litio, no se adoptaron medidas de mitigación a nivel nacional dado que la urgencia global abarcaba aquellos sectores con mayores índices de emisiones. No obstante, las regulaciones Provinciales prevén que las empresas mineras realicen planes de manejo ambiental, como en el caso de la Provincia de Jujuy que en su Decreto Nº 5772 exige la inclusión de un Plan de Monitoreo de las emisiones sólidas, líquidas y gaseosas, según resultare necesario (Boletín Oficial de la Provincia de Jujuy, 2010). En el mismo decreto, se establecen los niveles guía de calidad del aire, en los cuales no están contempladas las emisiones de CO_2.

En el presente, existe una cartera de proyectos mineros, involucrados principalmente en la producción de carbonato y borato de litio, en la Puna Argentina, que se extiende en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca e integran una región globalmente conocida como *el triángulo del litio* (USGS, 2019; BGS, 2019). Este escenario plantea un futuro promisorio para la industria metalífera argentina en el corto y largo plazo. Como contrapartida, se tiene que la mayoría de las empresas han puesto su atención en salares alejados de las principales fuentes de energía: gas y electricidad. Un vasto número de proyectos tienen contemplada la generación termoeléctrica a partir del recurso gasífero, estando ubicadas a una distancia promedio de 40 km del abastecimiento energético.

En este artículo, se estima el potencial de calentamiento global (PCG) de proyectos de producción de carbonato de litio equivalente (CLEq) de capacidades estándar de producción (20000 y 25000 Tn_{CLEq}/año) para quince (15) salares extendidos a lo largo de toda la Puna. El método de estimación se basa en el factor de emisiones de CO_2 de la red Argentina de energía eléctrica (Secretaría de Energía,

2006). Además se estima el potencial de reducción de emisiones (PRE) para distintas tecnologías de concentración solar (Fresnel y cilindro parabólico) sin almacenamiento térmico. Finalmente, se determina la incidencia en la matriz de consumo térmico.

REGION DE ESTUDIO

Los proyectos de explotación minera y las empresas ya instaladas con sus respectivos regímenes de producción, se dispersan en distintos salares de la Puna, en el Noroeste Argentino (NOA). La Tabla 1 muestra los salares considerados para el presente estudio. Puede observarse que las distintas locaciones se encuentran en un rango de 3000 – 4300 metros sobre el nivel del mar. Este hecho da la pauta de que las condiciones climáticas son relativamente similares, fundamentalmente los valores de irradiación global sobre superficie horizontal, acumulada anual (Sarmiento et al., 2019).

Provincia	Salar	Latitud (º)	Longitud (º)	Altura (m.s.n.m.)	Irradiación anual (kWh/m^2)
Salta	Rincón	-24.171	-67.096	4308	2307.64
	Pastos Grandes	-24.567	-66.699	3774	2254.75
	Pozuelos	-24.700	-66.820	3758	2276.47
	Centenario	-24.883	-66.733	3820	2156.28
	Arizaro	-24.723	-67.738	3469	2232.44
	Diablillos	-25.253	-66.744	4028	2182.17
	Pocitos	-24.372	-66.986	3682	2247.99
Jujuy	Guayatayoc	-23.416	-65.850	3411	2283.04
	Olaroz	-23.486	-66.707	3899	2284.65
	Jama	-23.293	-67.041	4079	2292.74
	Cauchari	-23.787	-66.758	3903	2274.04
	Salinas Grandes	-23.733	-66.056	3408	2303.03
Catamarca	Hombre Muerto	-25.424	-67.094	3968	2274.14
	Antofalla	-25.716	-67.711	3326	2241.29
	Carachi Pampa	-26.469	-67.535	3006	2176.99

Tabla 1: Salares seleccionados para la estimación de emisiones de dióxido de carbono y potencial de reducción de emisiones en base solar térmica.

Puede observarse que la irradiación solar en la región de estudio alcanza valores por encima de los 2100 kWh/m^2-año. Estos valores son comparables con otros lugares del mundo donde la irradiación solar presenta valores favorables para la generación de potencia, tal como en ciertas regiones de la India (Ramachandra et al, 2011) y Saudi Arabia (Zell et al., 2015). Según un estudio realizado por Carmona et al. (2017) y Sarmiento et al. (2019), la región de Puna en general, y en particular el lado noroeste de Argentina, pertenece a una de las regiones de mayor recurso solar en el mundo. Coincidentemente, ésta región también pertenece a al *triangulo del litio*, conformada por una larga región del norte de Chile, sudoeste de Bolivia y noroeste de Argentina. Esta área concentra alrededor del 66% del recurso global de litio (Sterba et al., 2019).

PROCESO DE OBTENCION DE CLE

El litio mineral es relativamente abundante en el planeta, ocupa la vigésimo quinta posición en el ranking global, y se encuentra combinado con más de 150 minerales, en arcillas, salares, agua geotermal y agua de mar (Taylor and McLennan, 1985). En nuestra región, el método actual de obtención del carbonato de litio puede observarse en la Figura 3.

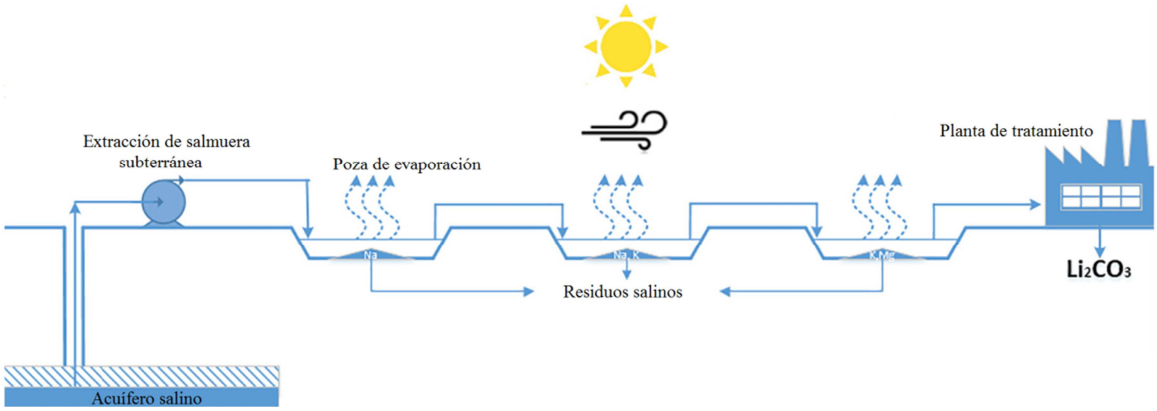

Figura 3: método actual de obtención de carbonato de litio, por decantación, concentración y post procesamiento de la salmuera.

La salmuera es bombeada desde el acuífero salino hasta el sistema de pozas, en las cuales le produce evaporación debido a la acción solar y del viento. Este método para la extracción de litio se conoce generalmente como tecnología evaporítica. Implica varios pasos de evaporación sucesiva de la salmuera nativa en diferentes pozas con precipitación concomitante y recolección de sales de los otros iones (Na, K, Mg) (Flexer et al., 2018). Cuando el cloruro de litio en las pozas de evaporación alcanza la concentración óptima, la salmuera concentrada se bombea a una planta de recuperación o tratamiento. El proceso que acontece en dicha planta se muestra en la Figura 4.

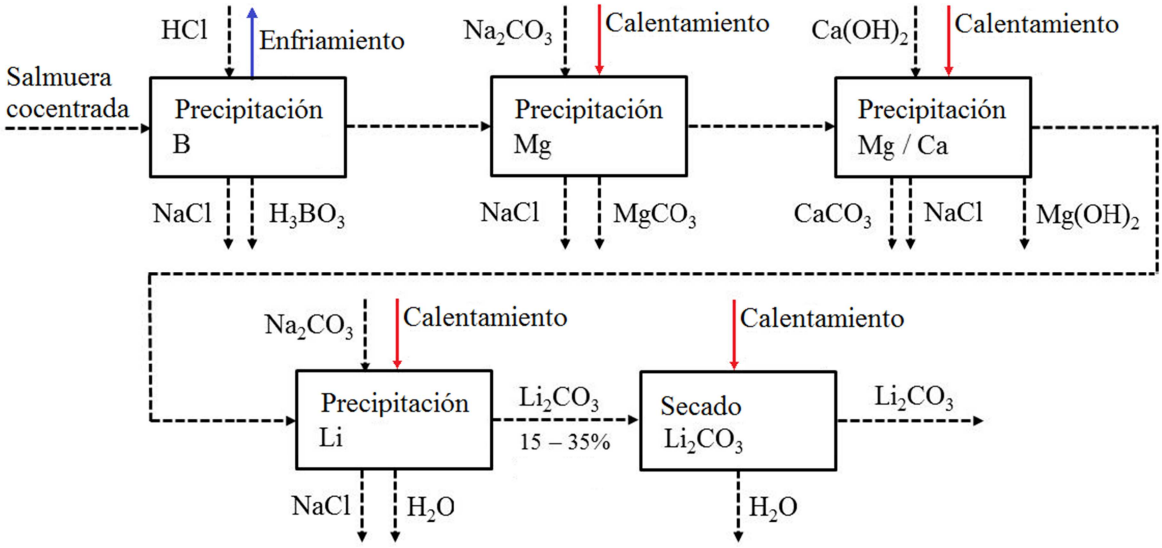

Figura 4: Proceso de obtención del carbonato de litio a partir de la salmuera concentrada proveniente del sistema de pozas (Telsnig et al., 2017).

Primero, el boro se elimina de la salmuera agregando ácido clorhídrico durante un proceso de enfriamiento para evitar la precipitación de boro con litio como borato de litio. En segundo lugar, la salmuera se mezcla con carbonato de sodio para reducir el contenido de magnesio y se trata con hidróxido de calcio para reducir al mínimo el contenido de magnesio y calcio. Finalmente, el carbonato de litio se obtiene agregando carbonato de sodio y el contenido de agua se elimina mediante calentamiento. Los pasos de precipitación y el secado del material obtenido requieren energía térmica. La cual es abastecida actualmente mediante vapor de agua generado por la quema de gas.

MODELO DE PROYECTOS

Se consideraron dos modelos de proyectos de producción de carbonato de litio: uno de una capacidad de 20000 Tn_{CLEq}/año y otro de 25000 Tn_{CLEq}/año. Según las entrevistas realizadas a las empresas del ámbito, el primer modelo demanda un consumo de gas natural de 38000 m^3/día y 52000 m^3/día, cuando todo el proceso se abastece 100% a gas. Con respecto a la demanda térmica de vapor, se

corresponde a cada uno 6 Tn/hora y 7 Tn/hora. En un régimen de producción ininterrumpida, la potencia térmica nominal para cada modelo es de 4.6 MWt y 5.4 MWt. El análisis de performance de las tecnologías de concentración Fresnel lineal (FL) y cilindro parabólica (CP) se realiza mediante el software de cálculo SAM (System Advisor Model), desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL, Estados Unidos) (Wagner, 2012; Wagner and Zhu, 2012). De manera preliminar, se analizan ambas tecnologías para ambas capacidades de producción en un régimen de operación sin almacenamiento térmico.

La tabla 2 muestra las características técnicas de los proyectos de concentración solar a analizar para la generación de vapor de proceso, según la capacidad de producción anual. Los parámetros climatológicos son tomados de las bases de datos climáticas provistas por las compañías. SAM determina los valores medios de dichos parámetros y los muestra en la interface del software.

Parámetro	**Unidad**	**Valor**	
Capacidad de producción anual	**Tn_{CLEq}**	**25000**	**20000**
Condiciones meteorológicas de diseño			
Irradiancia directa normal de diseño	W/m^2	700	750
Velocidad media de viento	m/s	2.3	2.2
Temperatura media	ºC	6.9	7.7
Parámetros del campo solar			
Múltiple solar teórico	-	1	1
Múltiple solar real	-	1.17	2.05
Área de apertura por circuito	m^2	4087.5	17200
Área de apertura total	m^2	12262.5	17200
Cantidad de circuitos	-	3	1
Eficiencia térmica por circuito	-	0.771	0.984
Eficiencia térmica total	-	0.738	0.735
Ocupación terrestre	m^2	48562.3	25800
Generación de vapor de agua			
Potencia térmica pico	MW_t	6.34	4.63
Temperatura del agua de ingreso	ºC	35	35
Temperatura del vapor de salida	ºC	180	180

Tabla 2: Parámetros de entrada para la simulación de los sistemas de concentración en SAM.

Resultados: PCG y PRE

La figura 5 muestra el potencial de calentamiento global (PCG), o bien el potencial de emisiones de CO_2 cuando los proyectos de extracción del carbonato son abastecidos con gas natural en su totalidad. La determinación de éste parámetro se determina multiplicando el consumo anual de gas natural por un factor de emisión y luego dividiéndolo por la producción anual del carbonato. Este método de estimación se basa en el factor de emisiones de CO_2 de la red Argentina de energía eléctrica (Secretaría de Energía, 2006), dicho factor vale 1.936 $TnCO_2/dam^3$ (1 dam^3 = 10^3 m^3). Si bien se emplearon las nomenclaturas CP, FL y las capacidades productivas de cada proyecto, estas no hacen referencia a la implementación de las tecnologías solares de concentración. Vale decir, que la figura 4 indica el PCG que podrían tener los proyectos definidos anteriormente pero sin la implementación de tecnologías solares de concentración.

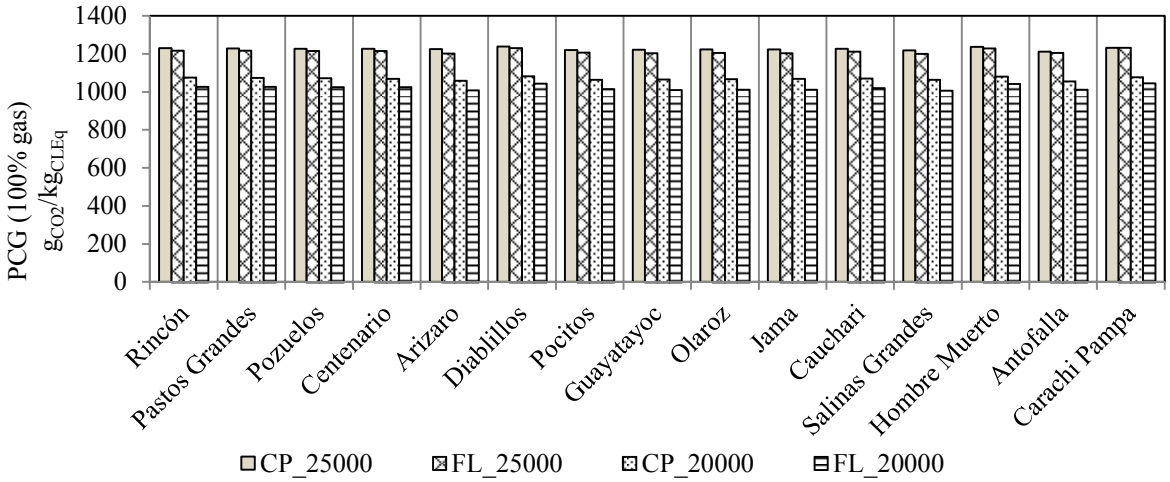

Figura 5: Potencial de calentamiento global para proyectos 100% abastecidos a gas natural.

Las simulaciones en SAM se realizan para los quince salares, combinando las dos capacidades de producción anual con las dos tecnologías de concentración. Sin almacenamiento térmico en todos los casos. La figura 6 muestra el PCG de los proyectos cuando se incorporan tecnologías solares de concentración, mientras que la figura 7 muestra el potencial de reducción de emisiones (PRE).

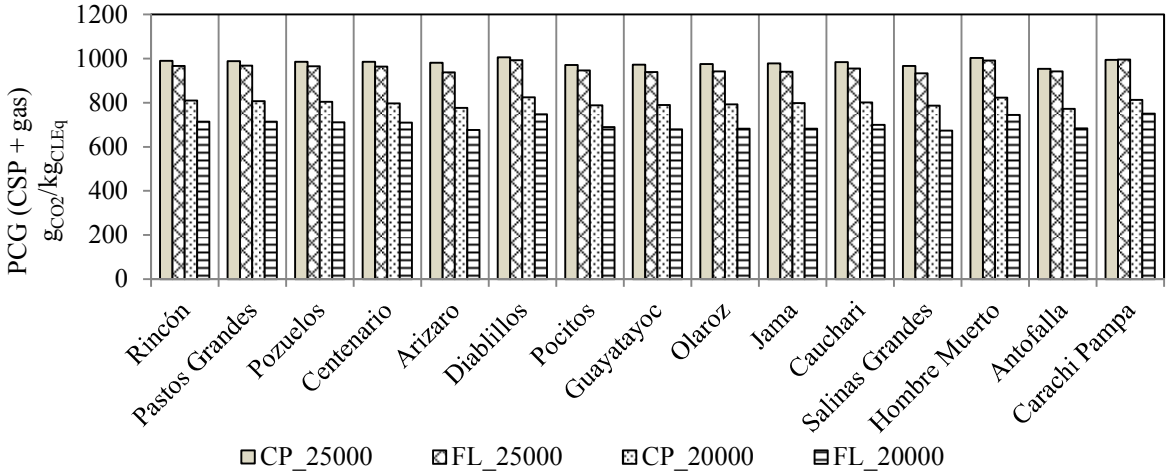

Figura 6: Potencial de calentamiento global para proyectos con incorporación parcial de tecnologías de concentración solar sin almacenamiento térmico.

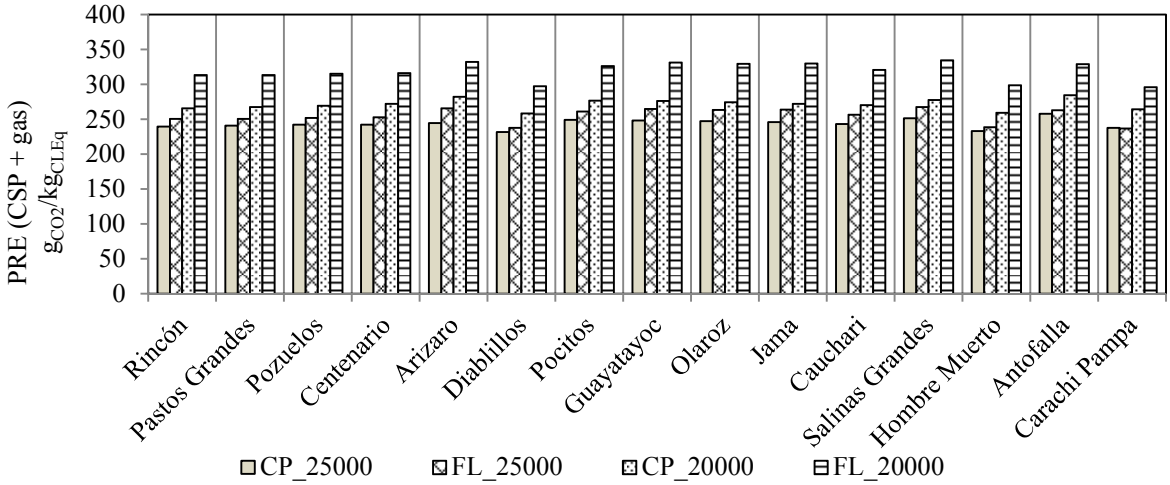

Figura 7: Potencial de reducción de emisiones para proyectos con incorporación parcial de tecnologías de concentración solar sin almacenamiento térmico.

Resulta de interés determinar cuánto es capaz de emitirse a la atmosfera en toda la región de Puna bajo la hipótesis de que los proyectos considerados en éste trabajo se encuentran en su régimen de producción nominal, así como las emisiones cuando las tecnologías de concentración son implementadas y el potencial de reducción de emisiones debido a estas. La tabla 3 resume estos tres parámetros a nivel regional, en la que, además, puede verse una considerable reducción porcentual de emisiones que, en el peor de los casos, es del 24%.

		Capacidad	**PCG (100% gas)**	**PCG (CSP + gas)**	**PRE (CSP+gas)**	**Reducción de emisiones**
Tecnología	**Generación**	**Tn_{CLEq}/año**	**g_{CO2}/kg_{CLEq}**	**g_{CO2}/kg_{CLEq}**	**g_{CO2}/kg_{CLEq}**	**%**
Fresnel	Térmica	20000	15348	10557	4791	31
Fresnel	Térmica	25000	16802	11557	5245	31
Cilindroparabólico	Térmica	20000	16061	12249	3812	24
Cilindroparabólico	Térmica	25000	17045	12042	5003	29

Tabla 3: Resumen regional de emisiones y reducción de emisiones para la Puna Argentina.

Resultados: incidencia en la matriz térmica

Las tecnologías de concentración proyectadas en este trabajo tienen el fin de generar vapor de agua y su posterior utilización en la cadena de obtención del carbonato de litio. Durante las horas de sol, los sistemas generaran el vapor de agua, reduciendo así el consumo de gas -total o parcialmente-, por lo que el ahorro de combustible dependerá de la heliofanía de cada región dentro de la Puna. Cabe destacar que, dado a que son sistemas sin almacenamiento térmico, es de esperar que los índices de incidencia en la matriz de consumo sean relativamente bajos.Se tiene que para un régimen ininterrumpido de operación, una planta de carbonato demanda un consumo diario de gas según se resume en la Tabla 4.

Capacidad de producción	Consumo de gas	Demanda térmica anual
20000 Tn_{CLEq}/año	38000 m^3/día	66898 MWht
25000 Tn_{CLEq}/año	52000 m^3/día	91545 MWht

Tabla 4: Consumo diario de gas natural y demanda térmica anual asociada.

La generación de energía térmica de cada planta solar se determina mediante SAM y los resultados se muestran en la tabla 5. Estos valores representan a la energía generada solamente aprovechando la radiación solar disponible. La energía restante se produce mediante un sistema de *back up* a gas. Los índices de penetración en la matriz térmica se determinan tomando los valores de la Tabla 5 y se los compara con la demanda térmica total indicada en la Tabla 4. Se obtiene así la figura 8, para cada locación.

		Energía térmica generada (CSP) (MWht)			
Provincia	**Salar**	**CP_25000**	**FL_25000**	**CP_20000**	**FL_20000**
Salta	Rincón	14930	15647	13261	15647
	Pastos Grandes	15003	15641	13350	15641
	Pozuelos	15096	15732	13433	15732
	Centenario	15096	15778	13585	15778
	Arizaro	15229	16583	14088	16583
	Diablillos	14429	14831	12906	14831
	Pocitos	15526	16287	13808	16287
Jujuy	Guayatayoc	15475	16526	13781	16526
	Olaroz	15395	16445	13698	16445
	Jama	15325	16470	13577	16470
	Cauchari	15145	16014	13500	16014
	Salinas Grandes	15648	16686	13853	16686
Catamarca	Hombre Muerto	14533	14895	13853	14895
	Antofalla	16072	16417	14209	16417
	Carachi Pampa	14792	14766	13194	14766

Tabla 5. Energía térmica generada con base CSP sin almacenamiento.

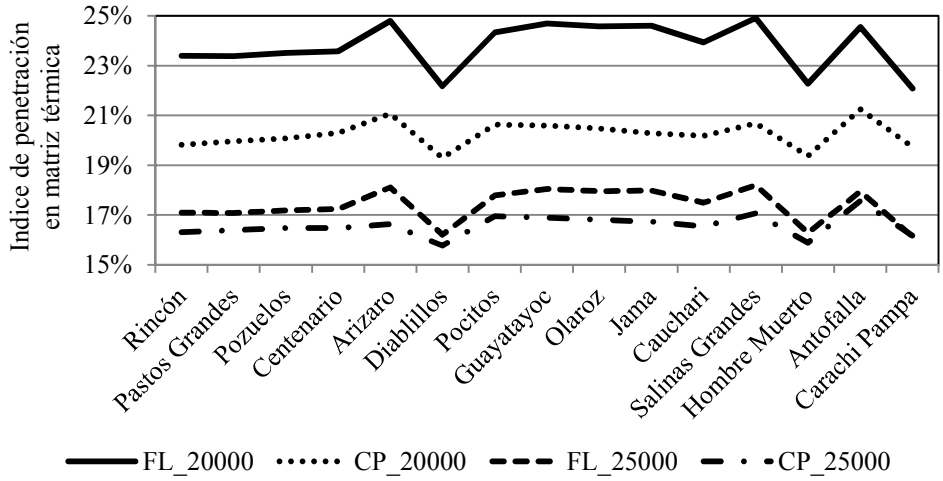

Figura 8: Índices de penetración en la matriz térmica de cada proyecto.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En este trabajo se ha abordado la estimación del potencial de calentamiento global tomando como base la determinación de la cantidad de emisiones de CO_2hacia la atmosfera cuando un proyecto de producción de carbonato de litio se abastece completamente de gas natural, como así también de manera parcial mediante la implementación de tecnologías solares de concentración. En una primera instancia, se escogieron tecnologías sin almacenamiento térmico. A la vez, se ha determinado qué porcentaje del abastecimiento térmico se supliría mediante dichas tecnologías.Como punto de partida, se han adoptado procesos estándar de producción anual de CLEq para dos capacidades de planta. Así mismo, se seleccionaron dos tecnologías a implementar con sus respectivas configuraciones de diseño. Se realizaron simulaciones de performance de generación térmica mediante SAM, para los quince salares y ambas tecnologías. Los resultados se mostraron en una base anual para cada locación.

La reducción porcentual de emisiones depende tanto de la energía térmica que cada sistema es capaz de generar, de la demanda de vapor de proceso y de la radiación solar disponible –o heliofanía efectiva. Como primera conclusión, puede destacarse que la reducción de emisiones se encuentra en un rango aceptable de 24% - 31% según sea la tecnología a implementar, mostrándose valores más favorables para la tecnología Fresnel lineal. Si bien el potencial de calentamiento global, que supera el orden de los 1000 grCO_2/kgCLEq para un escenario de 100% gas, puede resultar en valores intuitivamente altos, se debe tener en cuenta que para la obtención de 1 kg de CLEq se deben procesar 383.4 l de salmuera, tomando como referencia una concentración de Li^+ de 700 ppm en poza, a una tasa de recuperación de Li^+ del 70%. Por lo que las emisiones de CO_2 por cada litro de salmuera procesado rondan los 3 g en promedio. Este último parámetro de emisión se reduciría a 1.9 g promedio en el caso de implementarse tecnologías de concentración solar.

Con respecto a la cuota de incidencia en la matriz de consumo térmico de cada proyecto, se encontró que dicho parámetro oscilaría en un rango de 16% a 25%. Rango que, si bien es amplio, permite dilucidar con mayor precisión cual tecnología resulta conveniente desde el punto de vista del ahorro energético. Tal caso es el de un sistema Fresnel lineal para una capacidad de 20000 Tn_{CLEq}/año. El hecho de que éste escenario de producción térmica resultara conveniente se relaciona al bajo consumo térmico de gas con respecto al caso base (100% gas natural). No obstante, un análisis más detallado requiere considerar otros factores como ser superficie necesaria para la colección en relación con la superficie disponible en las locaciones, uso anual del agua para la generación de vapor, distancia de la planta solar al sitio de montaje del proceso minero, costo nivelado de la producción de calor, costos capitales de inversión, operación y mantenimiento, etc., para determinar qué tecnología resulta conveniente.

Las posibilidades de implementar sistemas solares con almacenamiento térmico en sales fundidas son altas, dado que los componentes que conforman las sales térmicas se podrían obtener de los subproductos de la cadena de obtención del carbonato de litio. Tópico que demanda mayor análisis en

función de las concentraciones de cada salar y en consecuencia de las capacidades productivas de los mismos. Un estudio realizado por los autores del presente trabajo (no publicado hasta la fecha), revela que el ahorro energético dentro de la matriz de *consumo eléctrico*, cuando se implementan tecnologías de concentración solar con almacenamiento en sales fundidas, puede alcanzar valores medios anuales de 51%, con una autonomía termo-eléctrica de 16 hs nominales.

El último reporte del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) establece un nuevo límite para la temperatura global de referencia: 1.5 ºC, con respecto a la época pre-industrializada. Será necesario cubrir todos los escenarios posibles de producir emisiones de GEI, para una proyección de cambio climático al año 2100. Esto implicaría tomar decisiones en presentes y futuras tendencias en el manejo de los recursos humanos, naturales, bienes y servicios, económicos, tecnológicos y políticos. En nuestro país, la temática no ha sido pasada por alto. Si bien Argentina no contribuye en gran medida con el calentamiento global, es altamente vulnerable al cambio climático dado que está expuesta en toda su extensión a eventos climáticos extremos, que resultan cada vez más frecuentes. Por ello, la sumatoria de todos los esfuerzos en la reducción de emisiones será necesaria para la mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS

Boletín Oficial de la Provincia de Jujuy. Poder Ejecutivo. (2010). Decreto 5707. http://www. http://boletinoficial.jujuy.gob.ar/.

Boletín Oficial Nacional. (2015). Ley 27191. Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Modificación. Creación del fondo fiduciario público. https://www.boletinoficial.gob.ar/.

British Geological Survey (BGS). Commodities & statistics. Mineral profiles. https://www.bgs.ac.uk/mineralsUK/statistics/mineralProfiles.html, (last access: February 2019).

Camacho Parejo M. (2012). El trilema energético. Secretaria General del Comité Español del Consejo Mundial de la Energía. Gerente de Asuntos Globales de Repsol. Separata del nº 38 de Cuadernos de Energía. ISSN: 1698-3009.

Carmona F., Orte P. F., Rivas R., Wolfram E., Kruse E., Development and analysis of a new solar radiation atlas for Argentina from ground-based measurements and ERES_SYN1deg data, The Egyptian J. Remote Sensing Space Sci. (2017). https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.11.003 (in press).

Flexer V., Baspineiro C. F., Galli C. I. Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. Science of the Total Environment 639 (2018) 1188–1204. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223.

IPCC.(2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Sitio web: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp. (Último acceso: Enero de 2019).

Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo del Milenio. 2015: es hora de la acción mundial por las personas y el planeta. Informe anual. Sitio web: https://www.un.org. (Último acceso Diciembre de 2018).

Naciones Unidas. (2019). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. eISBN: 978-92-1-047889-2, ISSN: 2521-6899, ISSN: 2521-6902.

Ramachandra T.V., Jain R., Krishnadas G. (2011). Hotspots of solar potential in India. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 3178 – 3186.

Sarmiento N., Belmonte S., Dellicompagni P., Franco J., Escalante K. (2019). A Solar Irradiation GIS as Decision Support Tool for the Province of Salta, Argentina. Renewable Energy 132, 68 – 80.

Secretaría de Energía. (2006). Cálculo del factor de emisiones de CO_2 de la red Argentina de energía eléctrica. http://www.energia.gob.ar.

Sterba J., Krzemień A., Riesgo Fernández P., Escanciano García-Miranda C., Valverde G. F. (2019). Lithium mining: Accelerating the transition to sustainable energy. Resources Policy. Volume 62, August, Pages 416-426.

Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell Scientific Pub., Palo Alto, CA, United States.

Telsnig T., Potz C., Haas J., Eltrop J., Palma-Behnke R. (2017). Opportunities to integrate solar technologies into the Chilean lithium mining industry – reducing process related GHG emissions of a strategic storage resource. AIP Conference Proceedings 1850, 110017; doi: 10.1063/1.4984491.

U.S. Geological Survey (USGS).National Minerals Information Center. https://www.usgs.gov/centers/nmic/lithium-statistics-and-information, (last access: March 2019).

United Nations Climatic Change (UNCC). (2016). Synthesis report on the aggregate effect of INDCs. Sitio web: https://unfccc.int. (Último acceso: Enero de 2019).

Wagner, M. (2012). Results and Comparison from the SAM Linear Fresnel Technology Performance Model: Preprint. NREL Conference Paper CP-5500-54758. http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/54758.pdf.

Wagner, M.; Zhu, G. (2012). A Direct-steam Linear Fresnel Performance Model for NREL's System Advisor Model. NREL Conference Paper CP-5500-55044. https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/55044.pdf.

World Energy Council.(2016). World Energy scenarios. The grand transition. Reporte completo. Sitio web: https://www.worldenergy.org. (Último acceso: Febrero de 2019).

Wyman O. (2015). World Energy Trilemma. Priority actions on climate change and how to balance the trilemma.World Energy Council. Reporte anual. Sitio web: https://www.worldenergy.org. (Último acceso: Febrero de 2019). ISBN: 978-0-946121-40-3.

Zell E., Gasim S., Wilcox S., Katamoura S., Stoffel T., Shibli H., Engel-Cox J., Al Subie M. (2015). Assessment of solar radiation resources in Saudi Arabia. Solar Energy 119, 422 – 438.

EMISSIONS REDUCTION INTO THE LITHIUM INDUSTRY IN THE ARGENTINIAN PUNA REGION BY CONCENTRATING SOLAR TECHNOLOGIES

ABSTRACT: This article aims to show a preliminary estimation on CO_2reduction potential due to lithium carbonate extraction in the Argentinian Puna region. Firstly, fifteen locations were considered as potential for the design of mining projects at capacities of production previously established. Two scenarios were compared; the first one corresponds to a 100% natural-gas-fed, while the second one is designed with the integration of solar concentrating technologies. This last scenario allows determining how much CO_2 emissions into the atmosphere are mitigated, when the solar resource is harnessed for thermal energy production. Furthermore, the annual matrix penetration is determined, based on these kinds of solar technologies.