

COMPLEMENTARIEDAD ENTRE RECURSOS EÓLICO, SOLAR E HIDROELÉCTRICO EN ARGENTINA

Emilio Bianchi^{1,2}, **Tomás Guozden**², **Juan Rivera**^{1,3}, **Gustavo Nadal**⁴
ebianchi@unrn.edu.ar. Autor correspondiente

¹ Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas

² Universidad Nacional de Río Negro

³ Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales

⁴ Fundación Bariloche

1) INTRODUCCIÓN

A nivel global, los sistemas de generación de electricidad tienden a volverse cada vez más dependientes de variaciones meteorológicas debido a la creciente participación de fuentes de generación renovables no convencionales como la eólica y solar (Widen, 2011; Grams et al. 2017). La generación solar y eólica es considerada intermitente, esto quiere decir que sus variaciones dependen de cambios en la velocidad del viento y la nubosidad y no pueden ser reguladas para coincidir con la demanda eléctrica. (Archer & Jacobson, 2007; Cosserson et al. 2013; Francois et al. 2014; Grams et al. 2017). Estas características de la producción solar y eólica dificultan la optimización del despacho eléctrico, y podrían redundar en mayores costos y complejidad en la operación de un sistema interconectado (Milligan & Porter, 2005; Albadi & El-Saadany, 2010). En la escala de tiempo de las operaciones de seguimiento de carga, la incorporación de renovables frecuentemente requiere de una mayor disponibilidad de generación de reserva flexible (Wan & Parsons, 1993; Widen 2011). Este requerimiento de mayor flexibilidad generalmente se cubre con fuentes de generación térmicas o con hidroeléctricas de embalse cuando están disponibles. Estas últimas resultan más convenientes debido a sus menores costos de operación (Wan & Parsons, 1993; Acker et al. 2012). En escalas de tiempo más largas (semanas a meses), una eventual menor disponibilidad de generación renovable afectaría la planificación semanal y estacional e implicaría un mayor requerimiento de generación base y semi-base. Las plantas de generación hidroeléctrica de embalse pueden tener la capacidad de compensar estas variaciones de baja frecuencia (Wan & Parsons, 1993; Francois et al. 2017).

La generación hidroeléctrica de embalse también depende de las fluctuaciones meteorológicas (precipitación, fusión nival), pero estas fluctuaciones ocurren en escalas de tiempo diferentes a la velocidad del viento o la radiación solar (Wan & Parsons, 1993). Las variaciones de la velocidad del viento se concentran principalmente en la escala micrometeorológica (minutos), la escala diaria y sinóptica; pero es relativamente estable en escalas de tiempo mayores (interanual). Los caudales de los ríos de cuencas relativamente grandes suelen ser estables y predecibles en las escalas de tiempo comprendidas entre los minutos y el año, pero pueden mostrar considerables variaciones interanuales (Acker et al. 2012). Por estos motivos, los países o regiones con alta penetración de hidroelectricidad cuentan con ventajas adicionales para la integración de fuentes renovables no convencionales (De Almeida et al. 1983; Wan & Parsons, 1993; Acker et al. 2012; Gullberg 2013).

En Argentina, alrededor del 30% de la generación eléctrica proviene de fuentes hidroeléctricas. Las centrales hidroeléctricas de embalse están ubicadas principalmente en la región del Comahue. Actualmente, en esta región cuenta con 4595mW de capacidad instalada, y se proyecta la instalación de 1486 mW adicionales. Esta región (Comahue), esta sujeta a fuertes variaciones y tendencias climáticas (Seoane & Lopez, 2007; Garreaud et al. 2009; Gonzalez et al. 2010; Garreaud et al. 2013) que afectan tanto la distribución de la precipitación como los caudales (Seoane & Lopez, 2007; Gonzalez et al. 2010; Garreaud et al. 2013). Diferentes autores han alertado sobre

reducciones en las precipitaciones invernales para las próximas décadas (Vera et al. 2006; Nuñez et al. 2009; Garreaud 2011, Pessacg et al. 2020). Estas variaciones ciertamente afectarán la disponibilidad de los recursos hidroeléctricos (Nadal et al. 2017)

Argentina, además de sus recursos hidroeléctricos, cuenta con apreciables recursos solar y eólico (De Vries et al. 2007; Lu et al. 2009), los cuales se han comenzado a explotar activamente en los últimos años alcanzando un total de 4368 mW instalados actualmente (3292 eólicos y 1076 solares, <https://cammesaweb.cammesa.com/potencia-instalada/>). En este contexto, el estudio del impacto de fluctuaciones climáticas sobre la disponibilidad de estos recursos, y su complementariedad en el tiempo, resulta de importancia para la planificación y uso de los mismos.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizarán datos de irradiancia solar y velocidad del viento derivados del reanálisis MERRA2 (Modern Era Reanalysis for Research and Applications 2) para el período 1980-2020. Este reanálisis provee datos de velocidad del viento a 2, 10 y 50 metros de altura e irradiancia solar con una resolución temporal de una hora y una resolución espacial de 0.5° latitud x 0.375° longitud. La velocidad del viento se extrapolará, en cada uno de los sitios eólicos, a 100 metros de altura asumiendo un perfil logarítmico. Se utilizarán datos de caudales de los sectores altos de las cuencas (no afectados por la operación de los embalses) de los ríos Neuquén y Limay. Estos datos se encuentran disponibles en los sitios de la Subsecretaría de Recursos Hídricos (<http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/>) y la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC, <http://www.aic.gov.ar/sitio/home>). Se analizará la composición espectral de cada una de las variables y se harán análisis de correlación y coherencia en diferentes escalas de tiempo. Se caracterizarán eventos de mayor o menor disponibilidad de estos recursos, y se analizará su ocurrencia conjunta. A su vez, se caracterizará el entorno climático en el que ocurren eventos de alta o baja complementariedad entre los recursos

3) REFERENCIAS

Acker, T. L., Robitaille, A., Holttinen, H., Piekutowski, M., & Tande, J. O. G. 2012: Integration of wind and hydropower systems: results of IEA wind task 24. *Wind Engineering*, 36(1), 1-17.

Albadi, M. & El-Saadany, E. 2010: Overview of wind power intermittency impacts on power systems. *Electric Power Systems Research*, 80(6):627–632, .

Archer, C.L. & Jacobson M.Z. 2007: Supplying baseload power and reducing transmission requirements by interconnecting wind farms. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46(11):1701–1717.

Cosseron, A., Gunturu, U. B., & Schlosser, C. A. 2013: Characterization of the wind power resource in Europe and its intermittency. *Energy Procedia*, 40, 58-66.

De Vries, B.J., Van Vuuren, D.P. & M. M. Hoogwijk, M. M. 2007: Renewable energy sources: Their global potential for the first-half of the 21st century at a global level: An integrated approach. *Energy policy*, 35(4):2590–2610.

François, B., Borga, M, Anquetin, S., Creutin, J., Engeland, K., Favre, A., Hingray, B., Ramos, M., Raynaud, D., Renard, B et al. 2014: Integrating hydropower and intermittent climate-related renewable energies: a call for hydrology. *Hydrol. Process*, 28(21):5465–5468.

- François, B., Zoccatelli, D., & Borga, M. 2017:** Assessing small hydro/solar power complementarity in ungauged mountainous areas: A crash test study for hydrological prediction methods.
- Garreaud, R. 2011:** Cambio climático: Bases físicas e impactos en Chile. *Revista Tierra Adentro-INIA*, 93:13–19.
- Garreaud, R., Lopez, P., Minvielle, M. & Rojas, M. 2013:** Large-scale control on the Patagonian climate. *Journal of Climate*, 26(1):215–230.
- Garreaud, R., Vuille, M., Compagnucci, R. & Marengo, J. 2009:** Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3):180–195.
- Gonzalez, M.H., Skansi, M. & Losano, F. 2010:** A statistical study of seasonal winter rainfall prediction in the Comahue region (Argentina). *Atmósfera*, 23(3):277–294.
- Grams, C.M., Beerli, R., Pfenninger, S., Staffell, I. & Wernli, H. 2017:** Balancing Europe's wind-power output through spatial deployment informed by weather regimes. *Nature Climate Change*, 7(8):557.
- Gullberg, A.T. 2013:** The political feasibility of Norway as the 'green battery' of Europe. *Energy Policy*, 57:615–623.
- Lu, X., McElroy, M.B., & Kiviluoma, J. 2009:** Global potential for wind-generated electricity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(27):10933–10938.
- Milligan, M. & Porter, K. 2005:** Determining the capacity value of wind: A survey of methods and implementation; preprint. Technical report, National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US).
- Nadal, G., Girardin, O., Losano, F., Marizza, M., Cello, P., Bucciarelli, L., Forni, L., Camilloni, I., Bravo, G., Lallana, F. & Di Sbroiavacca, N. 2017:** La planificación del manejo de los recursos hídricos en el contexto del cambio climático. Una aplicación a la región del Comahue, Patagonia, Argentina. *Aqua-LAC*, 9(2), 59-72.
- Nuñez, M.N., Solman, S.A. & Cabré, M.F. 2009:** Regional climate change experiments over southern South America. ii: Climate change scenarios in the late twenty-first century. *Climate Dynamics*, 32(7-8):1081–1095.
- Pessacq, N., Flaherty, S., Solman, S., & Pascual, M. 2020:** Climate change in northern Patagonia: critical decrease in water resources. *Theoretical and Applied Climatology*, 140(3), 807-822.
- Seoane, R. & Lopez, P. 2007:** Assessing the effects of climate change on the hydrological regime of the Limay river basin. *GeoJournal*, 70(4):251–256.
- Vera, C., Silvestri, G., Liebmann, B. & González, P. 2006:** Climate change scenarios for seasonal precipitation in South America from IPCC-AR4 models. *Geophysical Research Letters*, 33(13).
- Wan, Y.H. & Parsons, B.K. 1993:** Factors relevant to utility integration of intermittent renewable technologies. Technical report, National Renewable Energy Lab., Golden, CO (United States).
- Widen, J. 2011:** Correlations between large-scale solar and wind power in a future scenario for Sweden. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2(2):177–184.