

INTEGRACIÓN ENERGÉTICA Y DESCARBONIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA

La dinámica de la integración bajo
el enfoque de corrientes múltiples

ISCI INSTITUTO
SISTEMAS COMPLEJOS
DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE CHILE

ESCUELA DE
INGENIERÍA
ELÉCTRICA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería
República 695
Santiago, Chile
www.isci.cl

energia.isci.cl

WHITE PAPER

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la integración bajo el enfoque de corrientes múltiples

Autores

Gerardo Blanco, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Rodrigo Moreno, Universidad de Chile - Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería

Miguel Ramírez, Universidad de Chile - Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería

Felipe Sepúlveda, Universidad de Chile - Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería

International Advisory Board

Luiz Barroso (CEO, PSR Energy Consulting & Analytics, Brasil)

Wilfredo Flores (Comisionado, Comisión Reguladora de Energía Eléctrica de Honduras)

Francisco Garcés (Director del Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan - CONICET, Argentina, Periodo 2014 - 2019)

Angela Livino (Consultora, Coordinación Consejo de Planificación Energética Regional, OLADE)

Andrés Rebolledo (Secretario Ejecutivo, OLADE)

Instituciones Participantes



Resumen Ejecutivo

La seguridad de abastecimiento en América Latina está en crisis. La región se encuentra en una posición paradójica frente al cambio climático. Si bien su contribución a las emisiones globales de gases de efecto invernadero es menor al 10% (CEPAL, 2016), la región enfrenta una vulnerabilidad climática creciente que se manifiesta en eventos climáticos extremos (Cai *et al.*, 2020) con consecuencias devastadoras (Salazar *et al.*, 2007). Sequías, incendios forestales, lluvias torrenciales e inundaciones son solo algunos ejemplos de las amenazas que ya están impactando a las comunidades, economías y ecosistemas de la región (Libonati *et al.*, 2021), (Garreaud *et al.*, 2019), (Baez *et al.*, 2017), (Bell *et al.*, 2008), (Pinos & Quesada-Román, 2021).

Diversos estudios han subrayado que una integración energética profunda en América Latina generaría beneficios significativos en términos de sostenibilidad, seguridad del suministro y eficiencia económica, colaborando así en la mitigación de la vulnerabilidad climática de la región. Sin embargo, la región aún presenta niveles reducidos de integración, principalmente por la limitada infraestructura de transmisión y la fragmentación regulatoria. A excepción de limitadas experiencias exitosas como el Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC), que ha demostrado el valor de la cooperación transnacional, la interconexión eléctrica latinoamericana se ha desarrollado mayoritariamente a través de acuerdos bilaterales y ha estado condicionada por barreras principalmente geopolíticas. Esto ha impedido la consolidación de una estrategia regional coherente y de largo plazo.

Este documento analiza las causas de esta situación y las estrategias para superarla. En este contexto, se propone un modelo socio-técnico, que incorpora la ciencia política, el análisis de políticas públicas basados en evidencia y expansión óptima de la integración en Latinoamérica para analizar la compleja interacción de los factores que influyen en la integración energética. Nuestro análisis utiliza el Enfoque de Múltiples Corrientes (*Multiple Streams Approach*, MSA) como marco analítico, para investigar la convergencia de los retos climáticos y energéticos, las exigencias de la política de transición e integración energética en conjunto con las particularidades de la política regional. Así, el estudio busca ofrecer perspectivas políticas novedosas que con frecuencia pasada por alto en favor de análisis técnicos y económicos.

Desde una perspectiva cuantitativa, se evaluaron escenarios de inversión en interconexión eléctrica regional para los años 2025, 2035 y 2045. Los resultados muestran un crecimiento significativo en la capacidad de transmisión entre países, pasando de 20 GW en 2025 a 300 GW en 2045, aproximadamente. No obstante, el análisis revela que los escenarios con exigencias de soberanía energética —representadas mediante un *capacity credit*— implican mayores costos de inversión en generación y almacenamiento, debido al menor aprovechamiento de sinergias regionales y mayor infraestructura ociosa. Este hallazgo es consistente con literatura internacional sobre planificación bajo incertidumbre (Konstantelos *et al.*, 2017), que advierte sobre los sobrecostos asociados a la falta de coordinación.

Por otra parte, se evidencia una asimetría significativa en las pérdidas económicas asociadas tanto a confiar como a no confiar en la integración energética regional al año 2045, particularmente bajo condiciones hídricas desfavorables. Las pérdidas por confiar —entendidas como el costo de delegar soberanía energética sin garantías de suministro confiable— son más pronunciadas en países como Bolivia y Uruguay, alcanzando aproximadamente **6 mil millones de USD/año** y **4 mil millones de USD/año** respectivamente, en los escenarios más críticos. Esta situación refleja su alta vulnerabilidad frente a la variabilidad hídrica y su marcada aversión a depender del suministro regional, lo que los lleva a mantener estrategias

nacionales rígidas. En contraste, las pérdidas por no confiar —es decir, por mantener estrategias aisladas y no aprovechar las sinergias regionales— se concentran en países con mayor tamaño y peso energético como Brasil, Paraguay, Colombia y Perú. En todos los escenarios, Brasil destaca como el país más afectado, con pérdidas que alcanzan los **3 mil millones de USD/año** en el peor escenario, lo que evidencia una paradoja estratégica: aunque su tamaño justificaría una postura de autosuficiencia, su exposición al riesgo climático y su centralidad en la matriz energética regional lo hacen especialmente vulnerable a los costos de una integración incompleta. Esta tensión entre soberanía y eficiencia regional subraya la urgencia de establecer mecanismos cooperativos que distribuyan equitativamente los riesgos y beneficios de la interconexión eléctrica latinoamericana.

Desde un punto de vista más cualitativo, los resultados obtenidos indican que América Latina vive una ventana de oportunidad histórica, donde la convergencia de una crisis climática urgente, soluciones técnicas viables y una voluntad política reforzada por compromisos internacionales —como el Acuerdo de París— crea el contexto idóneo para avanzar en la integración eléctrica regional. Esta coyuntura, analizada a través del MSA, ofrece el impulso necesario para superar barreras regulatorias y geopolíticas que hasta ahora han fragmentado el mercado energético, pero su naturaleza es efímera. Sólo mientras persista la presión generada por eventos climáticos extremos y el foco público en sus consecuencias existirán incentivos suficientes para transformar la urgencia en decisiones concretas. Aprovechar esta oportunidad entendemos que exige liderazgo político decidido, coordinación regional inmediata y la formalización de un Pacto Político Energético Regional que articule compromisos claros y medibles.

Actuar ahora permitirá convertir la actual crisis climática en progreso tangible de la integración regional, fortaleciendo la resiliencia energética de la región y posicionando a América Latina como referente global de cooperación y descarbonización regional. ♦











Índice

1. Resumen Ejecutivo	04
2. Principales hallazgos	12
3. Recomendaciones de política	14
4. Introducción	16
5. Los inicios de la interconexión energética	18
6. El sueño de una Latinoamérica integrada	23
7. De la conveniencia a la urgencia: Las corrientes de la integración de América Latina	32
8. La corriente del problema: La urgencia de la descarbonización	37
9. La corriente de políticas: El valor de la integración eléctrica en tiempos del cambio climático	40
10. La corriente de la política: la política que hace las políticas	56
11. Policy Window: la ventana para la integración de América Latina está abierta	66
12. Pasos concretos para aprovechar la Policy Window	72
13. Conclusiones: El SIEAL como respuesta integral	80
14. Bibliografía	82

Principales hallazgos

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la integración bajo el enfoque de corrientes múltiples

El modelo propuesto proyecta una expansión significativa de la capacidad de interconexión eléctrica regional, pasando de 20 GW en 2025 a 300 GW en 2045, con inversiones estimadas entre 6,61 y 9,59 mil millones de USD/año en interconexiones. No obstante, los escenarios que contemplan mayores exigencias de soberanía energética presentan costos más elevados debido a infraestructura redundante y menor eficiencia regional. Asimismo, se identifican pérdidas económicas relevantes: hasta 6 mil millones de USD/año en Bolivia y 4 mil millones de USD/año en Uruguay por confiar sin garantías firmes en la integración, y hasta 3 mil millones de USD/año en Brasil por optar por una estrategia aislada. Estas cifras ilustran con claridad la tensión estructural entre la seguridad nacional y la eficiencia regional.

Más allá de los resultados cuantitativos, el análisis muestra que la limitada integración energética en América Latina no responde a deficiencias técnicas ni a la ausencia de beneficios económicos, sino a la falta de convergencia entre el reconocimiento del problema, la existencia de soluciones viables y la voluntad política para implementarlas. A lo largo de la historia, las iniciativas han permanecido fragmentadas y dominadas por acuerdos bilaterales, lo que ha impedido consolidar una visión regional cohesionada, pese a que proyectos como el SIEPAC en Centroamérica demostraron la efectividad de un enfoque coordinado.

Las barreras vinculadas a la percepción de riesgos —especialmente en contextos de baja disponibilidad hídrica— han generado pérdidas económicas significativas para países como Brasil, Paraguay, Colombia y Perú, reforzando una lógica de aislamiento que limita la capacidad de aprovechar sinergias regionales. En este contexto, la resistencia a delegar soberanía energética ha funcionado como un freno estructural, perpetuando un statu quo que favorece acciones fragmentadas por sobre soluciones compartidas.

Sin embargo, el actual contexto climático y los compromisos internacionales de descarbonización han generado una alineación inédita entre la urgencia del problema, la madurez de las soluciones técnicas y un consenso político creciente. Esta convergencia representa una ventana de oportunidad única para armonizar normativas, fortale-

cer el diálogo regional y construir coaliciones duraderas. Dada la naturaleza transitoria de esta coyuntura —impulsada por la presión social, los eventos climáticos extremos y la necesidad de resiliencia energética—, resulta imperativo actuar con rapidez. De lo contrario, la región corre el riesgo de perpetuar su fragmentación energética y desaprovechar los beneficios de una transición conjunta hacia sistemas eléctricos más eficientes, sostenibles y resilientes. ♦



Recomendaciones de política

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la
integración bajo el
enfoque de corrientes
múltiples

Con el fin de aprovechar la ventana de oportunidad actual y traducir los beneficios de la integración energética regional en resultados tangibles para los ciudadanos, se plantean las tres ejes de acción dirigidas a responsables políticos y líderes de gobierno:

1. Aprovechar crisis climáticas como catalizadores: Visibilizar con urgencia la apertura de una ventana de oportunidad para la integración energética y vincularla como una respuesta a la emergencia de eventos climáticos extremos, de modo que la urgencia por reducir la vulnerabilidad climática y energética refuerce la voluntad política de avanzar.

2. Movilizar liderazgo político compartido: A partir de la instalación de la ventana de oportunidad y la urgencia de la integración, identificar, activar y apoyar a líderes nacionales con capacidad de articular coaliciones regionales para organizar y consolidar consensos necesarios.

3. Suscribir un Pacto Energético Latinoamericano: Aprovechando iniciativas en curso, como el Consenso de Brasilia, y bajo la conducción del liderazgo político compartido construido; convocar a un acuerdo político de alto nivel entre jefes de Estado con metas claras de interconexión, plazos definidos y compromisos específicos para la descarbonización y el acceso equitativo a la energía. Este Pacto debería propiciar delinear acciones concretas que busquen:

a. Armonizar normas básicas para el comercio eléctrico: Establecer un conjunto mínimo de reglas comunes que faciliten el intercambio de energía entre países, reduzcan costos regulatorios y eliminen barreras administrativas innecesarias.

b. Fortalecer la coordinación regional: Dotar a OLADE y CIER de un mandato operativo claro —si-

milar al de SIEPAC en Centroamérica— para mediar en la implementación de acuerdos y acompañar el avance de proyectos conjuntos.

c. Revisar, coordinar y modernizar tratados existentes: Propiciar instancia multilaterales que busquen la coordinación de tratados bilaterales sobre aprovechamientos energéticos y recursos naturales compartidos; para propiciar los intercambios de excedentes eléctricos de forma más flexible y cooperativa en toda la región.

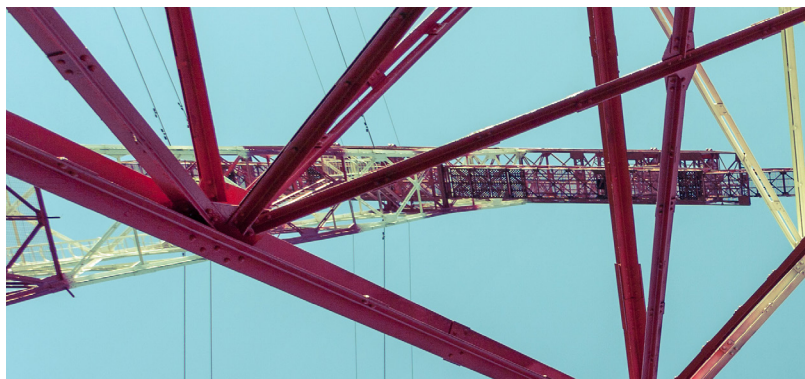
d. Priorizar corredores estratégicos de transmisión: Identificar las rutas con mayor complementariedad energética (e.g., Cono Sur, Andes) y movilizar recursos públicos privados para construir nuevas líneas de transmisión y capacidades básicas de almacenamiento.

e. Crear un fondo regional de integración energética: Articular un mecanismo de financiamiento respaldado por bancos multilaterales, mercados de carbono y gobiernos que reduzca la percepción de riesgo, atraiga inversión privada y facilite el despliegue de infraestructura crítica.

f. Implementar un plan regional de despliegue gradual: Diseñar fases de integración progresivas que permitan logros tempranos en áreas prioritarias, construyan confianza mutua y demuestren beneficios concretos para los países participantes.

g. Establecer indicadores simples de seguimiento: Definir métricas claras —como volumen de intercambio eléctrico, reducción de emisiones y ahorro de costos operativos— para evaluar el progreso de la integración, ajustar estrategias y mantener rendición de cuentas. ♦

Introducción



La necesidad global de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero exige una transformación profunda en el sector energético, con énfasis particular en la electrificación a partir de fuentes limpias. En América Latina, las energías renovables contribuyen aproximadamente con un 62% de la matriz eléctrica (2023) gracias al extenso uso de la energía hidroeléctrica, lo que sitúa a la región muy por encima del promedio mundial. Por otra parte, los abundantes recursos solares y eólicos en América Latina ofrecen oportunidades decisivas para la descarbonización. Sin embargo, el cambio climático, las alteraciones en los regímenes hidrológicos, y la intermitencia de las energías renovables no convencionales, plantean serios desafíos a la seguridad energética, pues afectan la disponibilidad de recursos y encarecen los costos del suministro.

La mayor parte de estos inconvenientes pueden reducirse mediante la integración regional, aprovechando la diversidad geográfica y climática de la región para permitir la complementariedad de múltiples fuentes de energía (Santos, 2021) (Moreno *et al.*, 2023). La Patagonia, rica en energía eólica, junto con el norte de Chile, que cuenta con un notable potencial solar, combinados con la energía hidroeléctrica complementaria de las cuencas del Paraná y Amazonas, crean una solución robusta que minimiza la dependencia de una sola tecnología (Barbosa *et al.*, 2017). Esta diversificación mejora la adaptabilidad del sistema energético a condiciones climáticas adversas y contribuye a la descarbonización de la matriz energética de la región (Gonzalez-Salazar & Poganietz, 2021), (Luz & Moura, 2019).

Desde mediados del siglo XX, diferentes iniciativas han tratado de impulsar la integración energética en la región, alentadas por la necesidad de aprovechar los vastos recursos renovables disponibles, en particular la energía hidroeléctrica. Múltiples estudios resaltan el valor de esta colaboración —optimización de recursos, mayor seguridad del suministro y menores costos—, pero su concreción ha sido limitada por la escasa cooperación política, las restricciones económicas y las barreras regulatorias. Mientras que proyectos subregionales como el Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC) muestran avances notables, incrementando en promedio un 32% el comercio anual de electricidad, en América del Sur predominan los acuerdos bilaterales centrados en infraestructura, lo que limita una integración energética plenamente transnacional.

En regiones con países de menor extensión geográfica, los esfuerzos subregionales han mostrado un progreso más sostenido, como lo evidencia el éxito del SIEPAC (Gómez-Ramírez *et al.*, 2023; Suffian & Singh, 2018). Esta disparidad subraya la necesidad de un enfoque estratégico que no solo promueva la cooperación regional, sino que también tome en cuenta las prioridades nacionales, alineando intereses y facilitando un futuro energético más interconectado y sostenible (Aghahosseini *et al.*, 2019). Los crecientes efectos del cambio climático y la urgente necesidad de descarbonizar el sector eléctrico exigen que los países latinoamericanos trabajen de manera concertada para diseñar estrategias que faciliten la creación de un sistema eléctrico interconectado. Este esfuerzo conjunto permitiría aprovechar mejor la riqueza regional en energías



renovables, favorecer la seguridad del suministro y reducir costos, al tiempo que impulsaría el acceso equitativo a la energía y promovería la justicia energética y el desarrollo socioeconómico. Asimismo, robustecería la resiliencia climática, dado el carácter compartido de la vulnerabilidad regional frente a eventos extremos.

La integración energética en Latinoamérica trasciende, por tanto, las consideraciones técnicas o económicas, requiriendo esencialmente de voluntad política y marcos regulatorios sólidos que alienten la inversión y armonicen los intereses de gobiernos, empresas y sociedad civil. Este reto es complejo, multidimensional y conlleva un alto grado de incertidumbre, pues involucra agendas diversas y a menudo contrapuestas. Sólo cuando se conjugan circunstancias políticas, sociales y técnicas favorables —ventanas de oportunidad— se logran progresos significativos que abran paso a cambios sustanciales. Sin embargo, hasta ahora, la investigación sobre la integración energética transfronteriza ha privilegiado los factores técnicos, económicos y de políticas, dejando de lado la dinámica política que influye en la toma de decisiones y en la cooperación entre países (Puka y Szulecki, 2014; Valdivia, 2015). Una revisión de los beneficios y desafíos de las redes eléctricas interconectadas enfatiza la necesidad de fomentar acuerdos multilaterales para implementar enlaces de transmisión transfronterizos (Brinkerink *et al.*, 2019; Gudas, 2015). Abordar esta brecha requiere un enfoque multidisciplinario que integre la ciencia política, el análisis de políticas y las simulaciones energéticas para comprender la compleja interacción de los factores que influyen en la integración energética y su viabilidad a largo plazo.

El presente documento examina la integración energética latinoamericana desde el **Multiple Streams Approach** (MSA) propuesto por Kingdon (2011), un marco analítico que explica cómo convergen los problemas, las soluciones (*policies*) y la dinámica política (*politics*) para configurar la toma de decisiones. El énfasis que este enfoque otorga a la política como componente esencial del cambio resulta crucial para comprender el rumbo de las transiciones energéticas. En momentos críticos, denominados ventanas de oportunidad, la confluencia de las tres corrientes (problemas, políticas y política) aumenta sustancialmente la probabilidad de que se adopten medidas decisivas para instaurar o reformar una política. El presente documento analiza cómo dichas ventanas pueden ser identificadas y aprovechadas para lograr una integración eléctrica efectiva y sostenible en América Latina.

Este documento inicia con un análisis de la historia y el contexto de la integración eléctrica en América Latina, examinando sus avances y limitaciones. A continuación, se presenta el marco teórico y metodológico basado en el MSA, para luego exponer los resultados cuantitativos derivados de modelos de planificación óptima y escenarios de disponibilidad hídrica. Posteriormente, se discuten los hallazgos principales y recomendaciones de política, abordando las implicaciones regulatorias, económicas y políticas para lograr una integración exitosa. Finalmente, se ofrecen conclusiones y perspectivas futuras, enfatizando la importancia de aprovechar las ventanas de oportunidad y promover una acción coordinada que acelere la transición energética en la región. ♦

Los inicios de la interconexión energética

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la
integración bajo el
enfoque de corrientes
múltiples

“Seamos francos, la integración eléctrica regional no es sólo el problema de la interconexión o de la energía que se pueda intercambiar, es fundamentalmente un problema de cómo nos vamos a poder entender, dialogar, superar nuestros prejuicios y estrecheces”

- Relatorio del Primer Congreso de Integración Regional CIER (1964).

La historia de la integración regional en América Latina evidencia tensiones históricas entre fuerzas centrípetas y centrífugas. Durante las luchas independentistas, existieron impulsos hacia la integración, pero estas aspiraciones se desvanecieron con la consolidación de Estados nacionales en el siglo XIX, cuando los intereses locales privilegiaron la fragmentación política y económica sobre la unidad regional. Este proceso desmembró la administración colonial centralizada y estableció gobiernos independientes con agendas aislacionistas (Simões, 2011).

Durante el siglo XX, los modelos económicos fluctuaron entre estrategias de sustitución de importaciones y la apertura de mercados, influenciando los intentos de integración regional y promoviendo acuerdos comerciales e infraestructurales. La integración en América Latina se describe como un proceso multifacético que abarca dimensiones políticas, económicas, sociales y culturales, aunque con avances desiguales y frecuentemente dependientes de la voluntad política.

El sector energético, en particular la electricidad, fue tempranamente identificado como un sector estratégico con el potencial de actuar como un catalizador para la cooperación regional, comparándose con el rol del carbón y el acero en la Unión Europea.

En las primeras décadas del siglo XX, los países de América Latina desarrollaron sus sistemas eléctricos para satisfacer la creciente demanda energética, lo que llevó a la formación de grandes subsistemas nacionales que en muchos casos se integraron en un único sistema. Este proceso permitió aprovechar las economías de escala y de red, optimizando recursos, mejorando la infraestructura eléctrica y aumentando la confiabilidad y calidad del suministro. En este escenario aparecen, a mediados de siglo, los primeros trabajos en interconexión energética, cuando un artículo pionero analizó las inversiones británicas en Latinoamérica y propuso cómo esas inversiones podrían complementarse tecnológicamente y aprovechar los recursos geográficos de la región (Rippy, 1954).

Un puntapie clave en la integración eléctrica regional fue la creación de la Comisión de Integración Eléctrica Regional (CIER) en 1964. Su establecimiento, impulsado por Uruguay, respondió a desafíos específicos de dicho país como la limitada capacidad hidroeléctrica, la variabilidad hidrológica, la falta de economías de escala en generación, la ausencia de fuentes fósiles y los altos costos de respaldo. La interconexión con países vecinos surgió como una solución estratégica para enfrentar estos problemas.

En el congreso fundacional de la CIER -que reunió inicialmente a representantes de Argentina, Brasil, Bolivia, Chile y Uruguay (posteriormente, se unieron Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) (Ruchansky, 2013) - se discutieron temas cruciales como el reparto equitativo de los beneficios de la interconexión y la necesidad de equilibrar intereses nacionales y regionales. Aunque se invocó la unidad latinoamericana, se reconocieron de manera realista las dificultades inherentes a avanzar en la integración eléctrica regional (CIER, 1964).

La crisis petrolera de los años 1970 y su impacto en América Latina coincidieron con las dinámicas de la Guerra Fría, exponiendo a los países de la región a presiones económicas y geopolíticas significativas. En este contexto, la dependencia del petróleo importado se volvió insostenible, mientras que el interés de Estados Unidos por contrarrestar la influencia soviética reforzó la importancia estratégica de la energía en la competencia global.

En 1973, en respuesta a la crisis energética provocada por el primer shock petrolero, se creó la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) como un mecanismo de cooperación entre 27 países de América Latina y el Caribe. Su objetivo fue desarrollar recursos energéticos, promover su uso eficiente y racional, y avanzar en la integración energética regional, en un contexto marcado por la ausencia de políticas energéticas adecuadas y la necesidad de enfrentar la crisis de manera conjunta.

A pesar de esta iniciativa con enfoque multinacional, en este escenario fueron ejecutadas solo iniciativas bilaterales, donde la adopción de tecnología hidroeléctrica como solución técnica no fue únicamente

una respuesta pragmática, sino que también reflejó un consenso emergente sobre la necesidad de gestionar recursos de manera conjunta, sentando las bases para una cooperación más estructurada.

Así, la confluencia de estos factores —un problema energético urgente, un contexto geopolítico tenso y una propuesta técnica viable— no solo facilitó la implementación de proyectos hidroeléctricos binacionales, sino que también puso de manifiesto la interacción dinámica entre las necesidades inmediatas y las estrategias a largo plazo. El problema energético generado por la crisis del petróleo impuso una presión ineludible para diversificar las matrices energéticas, mientras que las tensiones geopolíticas de la Guerra Fría forzaron a los países a considerar esquemas de cooperación que equilibraran sus intereses nacionales con los requerimientos regionales, especialmente en la gestión de recursos transfronterizos (Painter, 2014).

Esto terminó catalizando en proyectos binacionales con un enfoque bilateral a desafíos no solo energéticos sino además geopolíticos pues exigían la intervención conjunta de ríos transfronterizos, como el Río Uruguay, compartido entre Argentina y Uruguay, y el Río Paraná, entre Argentina, Paraguay y Brasil. Estos esfuerzos culminaron en la construcción de emblemáticas represas binacionales, como Salto Grande (1980), Itaipú (1984) y Yacretá (1994).

La confluencia de factores como la crisis energética global, las tensiones de la Guerra Fría y la viabilidad técnica de soluciones como la hidroenergía puede analizarse de manera efectiva utilizando el marco del *Multiple Streams Approach* (MSA). Este enfoque permite comprender cómo problemas apremiantes, dinámicas políticas y propuestas de política confluyen para abrir ventanas de oportunidad que facilitan decisiones estratégicas. Por ejemplo, el MSA se ha utilizado para analizar casos similares, como el desarrollo de políticas climáticas y energéticas, destacando cómo los actores políticos pueden aprovechar eventos críticos y la viabilidad técnica para implementar cambios estructurales (Deschaux-Dutard, 2020); (De Souza Cabral *et al.*, 2023).

Cuadro Técnico 1: *Multiple Streams Approach (MSA)*.

El Multiple Streams Approach (MSA) de John Kingdon es un marco que explica cómo los problemas, las propuestas de política y las dinámicas políticas interactúan para definir agendas públicas y decisiones. Una característica distintiva del enfoque de Kingdon para estudiar la formulación de políticas es su consideración de la política como una parte esencial del proceso de creación de políticas (Kingdon, 2011, p. 149). Este énfasis y reconocimiento de la política como un elemento clave para el cambio en las políticas resulta fundamental en la explicación de las transiciones energéticas. En momentos críticos, conocidos como ventanas de oportunidad política, las corrientes se entrelazan. La convergencia de las tres corrientes durante estas ventanas de oportunidad aumenta significativamente las probabilidades de que se tome una decisión sobre una política específica y que ocurra un cambio en la misma. Por esta razón, el concepto de conexión o acoplamiento es fundamental para comprender el cambio en las políticas.

En este contexto, los **policy entrepreneurs** desempeñan un rol central al identificar y aprovechar dichas ventanas, movilizando recursos, articulando soluciones y alineando intereses para catalizar la implementación de políticas efectivas. Estos actores para exitosos suelen reunir tres cualidades clave: (i) una "capacidad de ser escuchados"; (ii) conexiones políticas y habilidades sólidas de negociación; y (iii) persistencia. Además de impulsar sus propuestas de políticas preferidas, los emprendedores son quienes facilitan el acoplamiento al unir las corrientes en momentos críticos, haciendo posible el cambio.

Como ejemplo de aplicación, en el contexto de la crisis del petróleo de los años 1970 y la integración energética, el MSA ayuda a entender

cómo se abrió una **ventana de oportunidad** que permitió la construcción de emblemáticos proyectos hidroeléctricos binacionales emblemáticos en América Latina (Blanc, 2017):

Problema:

La crisis del petróleo subrayó la dependencia energética de la región y la necesidad de alternativas sostenibles para abastecer la creciente demanda de electricidad.

Propuesta de política:

La tecnología hidroeléctrica emergió como una solución técnica viable para reducir la dependencia de combustibles fósiles, y emprendimientos binacionales que aprovechan recursos fronterizos minimizan potenciales perjuicios geopolíticos resultantes de diferendos limítrofes.

Dinámica política:

La Guerra Fría y la necesidad de la creación de bloques políticos regionales sólidos en Latinoamérica alineados con Estados Unidos.

Los policy entrepreneurs, como líderes gubernamentales, empresas energéticas estatales, y organismos multilaterales, actuaron como intermediarios críticos. Movilizaron recursos, alinearon intereses nacionales y regionales, y promovieron el desarrollo de marcos institucionales y técnicos necesarios para concretar estos proyectos en un contexto geopolítico y económico complejo.

Esta convergencia propició la cooperación de en la gestión de recursos transfronterizos impulsaron acuerdos bilaterales, facilitando la materialización de proyectos como Itaipú, Yacyretá y Salto Grande.

Podemos concluir en esta instancia, la integración energética en América Latina emergió de la interacción de un problema multidimensional (la crisis del petróleo y la definición de límites geográficos), un escenario geopolítico complejo (la Guerra Fría y la necesidad de consolidación y alineación de bloques regionales) y una solución técnica viable (la hidroenergía). Este proceso, que puede analizarse bajo el enfoque del *Multiple Streams Approach* (MSA) (ver Cuadro Técnica 1), permitió aprovechar una ventana de oportunidad para desarrollar proyectos binacionales emblemáticos como Itaipú, Yacyretá y Salto Grande. Si bien surgieron iniciativas políticas multina-

cionales, como la creación de OLADE y CIER, estas instituciones lograron establecer marcos de cooperación y diálogo, pero no se tradujeron en acciones concretas de integración energética más allá de la integración bilateral. El “*policy*” que convergió con el “*politics*” y el problema era una solución técnica viable bilateral, que respondió a la gestión de recursos transfronterizos entre países vecinos. Esta limitación en el diseño del *policy* limitó el avance hacia una integración energética multinacional más amplia, dejando la cooperación energética regional en una etapa inicial y fragmentada. ♦



El sueño de una Latinoamerica integrada

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la
integración bajo el
enfoque de corrientes
múltiples

“Piensen en el planeta como un cuerpo humano que habitamos como un ente orgánico. El esqueleto es el sistema de transporte que permiten nuestra movilidad a través de los continentes. El sistema vascular que da energía al cuerpo son los oleoductos, los gasoductos y los cables eléctricos que distribuyen la energía. El sistema nervioso de comunicaciones son los cables de Internet, los satélites, las redes de telefonía y los centros de datos que nos ayudan a compartir información. Geografía es destino”.

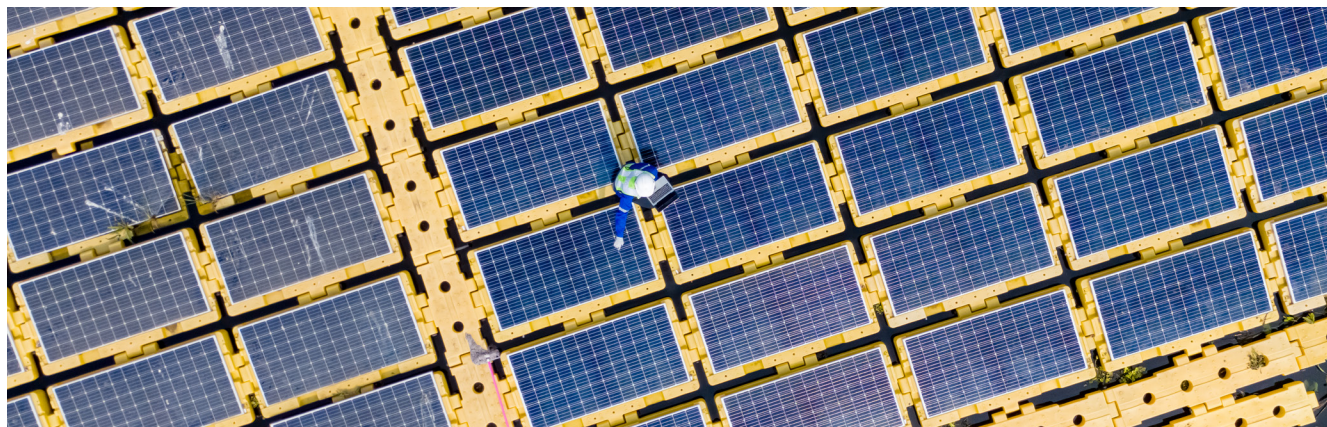
- Parag Kanna.

El río Paraná, eje central de los emprendimientos hidroeléctricos binacionales, es un patrimonio compartido que, con su fuerza incontenible y sus rojizas aguas, actúa como un “linaje sanguíneo fraternal” que une a Paraguay, Brasil y Argentina. Sin embargo, su inmenso potencial hidroeléctrico, que lo posiciona como un recurso estratégico de interés regional, reavivó las tensiones históricas entre Argentina y Brasil, herederas de antiguas disputas coloniales entre los imperios español y portugués, dificultando la posibilidad de una cooperación trilateral efectiva.

Estas tensiones geopolíticas, reflejaron no solo una pugna por la hegemonía continental, sino también diferencias fundamentales en las posturas de los países sobre el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en su tramo soberano, influenciadas por sus ubicaciones geográficas. En este escenario, la posición de Brasil¹, aguas arriba, y Argentina, aguas abajo, implicó intereses, en cuanto al control y desarrollo de los recursos del río Paraná contrapuestos desde la convención de Montevideo de 1933. Mientras Brasil buscaba maximizar su capacidad de generación hidroeléctrica aguas arriba, Argentina defendía un enfoque que priorizara el acceso al agua y la navegabilidad aguas abajo².

¹ En dicho sentido, podemos citar lo expresado por el Canciller brasileño Mario Gibson, en ocasión de la II Reunión de Ministros de Relaciones Exteriores de la Cuenca del Plata, en Santa Cruz de la Sierra: *“ningún país en cuyo territorio se encuentran las cabezas de una cuenca hidrográfica puede consentir, en materia de aprovechamiento hidráulico, en autolimitarse, aceptando restricciones que no sean las de sus propios requisitos técnicos y de sus principios consagrados por la responsabilidad jurídica”.*

² El 30 de Marzo de 1.973 el Gob. Argentino remitió al Gobierno de Paraguay una nota expresando entre otros aspectos *“en el aprovechamiento de los recursos naturales compartidos con otros estados de la Cuenca del Plata, no solo debe observarse el principio de no causar perjuicio sensible, sino también es necesario procurar siempre la obtención de un máximo beneficio común. El Gobierno de la República Argentina estima la optimización del aprovechamiento de un río se logra considerando como una unidad para, una vez determinado científicamente los aprovechamientos mejores, elaborar fórmulas de entendimiento que permitan distribuir razonablemente los beneficios entre los distintos estados”.*



Este nuevo flujo de problema, bajo la mirada del MSA, contrarestó la solución técnico política de la interconexión, requiriendo una propuesta jurídico política que desembocó en un acuerdo diplomático basada en compatibilizar, antes que integrar, intereses geopolíticos. Estos instrumentos garantizaban que: *“Lo establecido en el presente Tratado no impedirá a las partes contratantes concluir acuerdos específicos o parciales, bilaterales, o multilaterales destinados a la consecución de los objetivos generales del desarrollo de la cuenca”*. Asimismo establecía que *“en los ríos internacionales contiguos, siendo la soberanía compartida, cualquier aprovechamiento de sus aguas deberá ser precedido de un acuerdo bilateral entre ribereños”*, y que *“en los ríos internacionales sucesivos no siendo la soberanía compartida, cada Estado puede aprovechar las aguas en razón de sus necesidades, siempre que no cause perjuicio sensible a otro Estado en la Cuenca”*.

De esta forma, los Estados pueden realizar las obras que estimen necesarias en tramos contiguos del río, siempre y cuando estén de acuerdo con el otro país ribereño, y en ríos sucesivos, no es necesario el consentimiento de los Estados de aguas abajo, siempre y cuando no sean ocasionados “perjuicios sensibles”.

A partir de estos acuerdos diplomáticos y jurídicos, presumimos que se ha establecido en América Latina un enfoque distintivo en la formulación de políticas de integración energética basado más en la minimización de daños o perjuicios particulares que en la maximización de beneficios compartidos. Este paradigma, reflejado en tra-

tados como el Acuerdo Tripartito del Río Paraná, buscaba compatibilizar intereses geopolíticos divergentes entre países ribereños, priorizando la prevención de conflictos por encima de la construcción de sinergias que explotaran plenamente el potencial de los recursos compartidos. Así, en ríos contiguos se exigía el consenso bilateral, mientras que en ríos sucesivos se permitía el aprovechamiento unilateral, siempre que no causara “daños sensibles” a los Estados aguas abajo.

Este enfoque, orientado a evitar perjuicios en lugar de promover beneficios conjuntos, definió profundamente las bases de la integración energética en la región, marcando una dinámica competitiva y adversarial marcada por tensiones históricas y posiciones geopolíticas divergentes. En el contexto descrito, la mayoría de los países de la región están enfocados en planificar el desarrollo de sus sistemas eléctricos, priorizando la reducción de su dependencia energética y, en algunos casos, aspirando a la autosuficiencia (Ruchansky, 2013).

No obstante, desde la década de los 80 se profundizó el análisis de una visión más basada en beneficios compartidos de interconexión que buscaba conectar toda la región de norte a sur (Mackillop, 1989), orientada hacia los beneficios económicos y el aprovechamiento de nuevas tecnologías. Así en la última década, las iniciativas de estudios sobre integración eléctrica mayoritariamente se han enfocado en criterios técnicos, económico o incluso políticos, como ser: el diseño de mercado con potencial aplicación a la descarbonización (Barroso et al., 2021), be-

neficios económicos (Comisión de Integración Energética Regional, 2015), potenciales conflictos entre países (Zimmermann Rodríguez-Peña, 2019), expansión del sistema de potencia integrado (Blanco Contreras, 2021), y perspectivas particulares de países específicos con relación a la región: Chile (Muñoz, 2018) - (Martínez-Conde Del Campo, 2014), Bolivia (de Moura *et al.*, 2017), Brasil (de Moura, Legey, & Howells, 2018), Costa Rica (Perry & Berry, 2016), entre otros.

Estos estudios enfatizan que la interconexión de sistemas eléctricos en la región no solo optimiza los recursos energéticos y reduce los costos operativos, sino que también fomenta el desarrollo económico y mejora la seguridad energética. Estas ideas son particularmente relevantes para abordar los retos contemporáneos de descarbonización y resiliencia climática, destacando la importancia de un marco normativo robusto y una infraestructura regional moderna.

Cuadro Técnico 2: Beneficio y retos de la interconexión de mercados eléctricos

Beneficios de la interconexión de mercados eléctricos

Reducción de costos: La interconexión permite compartir recursos energéticos, optimizando la inversión y operación. Esto se logra a través de la integración de sistemas de transmisión y la reducción de costos marginales en mercados integrados (Brinkerink *et al.*, 2019).

Facilitación de la transición energética: La interconexión apoya la integración de fuentes renovables variables, como la eólica y la solar, al mitigar su intermitencia mediante el intercambio energético entre regiones (Imdadullah *et al.*, 2021).

Incremento en la eficiencia del mercado: Mejora la eficiencia del comercio de energía al permitir el acoplamiento de mercados y el uso compartido de servicios de balanceo, generando beneficios económicos significativos (Newbery *et al.*, 2016).

Mejora en la seguridad del suministro: La interconexión aumenta la resiliencia ante fallos en el sistema, proporcionando redundancia en el suministro de electricidad (Beyza *et al.*, 2020).

Retos de la interconexión de mercados eléctricos

Desafíos normativos y regulatorios: Las diferencias en las políticas y regulaciones entre países dificultan la implementación de interconexiones efectivas, especialmente en mercados no armonizados (Puka & Szulecki, 2014).

Altos costos iniciales de infraestructura: El desarrollo de líneas de transmisión de larga distancia requiere inversiones significativas que pueden no ser atractivas para inversores privados (Sovacool *et al.*, 2014).

Tensiones políticas y sociales: La cooperación entre países puede verse afectada por conflictos geopolíticos y la oposición local a proyectos de infraestructura, lo que ralentiza la ejecución (Dutton & Lockwood, 2017).

Desigualdades en los beneficios: La distribución de los beneficios puede no ser equitativa, generando tensiones entre los participantes del mercado interconectado (Ochoa & Ackere, 2015).

A pesar de los significantes beneficios, ha existido una limitada ejecución de estas iniciativas. En este sentido, otras investigaciones destacan que el principal obstáculo radica en las limitaciones normativas, incluidas la ausencia de reglas claras para las transacciones internacionales y la incompatibilidad entre las regulaciones internas de los países. En particular, las restricciones legales asociadas a los emprendimientos hidroeléctricos binacionales representan un impedimento crítico, ya que sus tratados limitan la venta de energía a terceros países, restringiendo así el potencial de integración regional (Ferreira *et al.*, 2012).

En consecuencia, iniciativas como el MERCOSUR y la UNASUR buscaron promover iniciativas para superar estas barreras, pero ambas enfrentaron avances limitados. El MERCOSUR, creado en 1991 mediante el Tratado de Asunción, abordó el intercambio eléctrico a través de la Decisión CMC N°10/98, que planteaba lineamientos sobre complementariedad de recursos y gestión de excedentes. Sin embargo, estos criterios nunca se internalizaron como normativa ni resolvieron restricciones legales relacionadas con las entidades binacionales, diluyéndose con el tiempo (Bernal-Meza, 2008). Por su parte, la UNASUR, establecida en 2007 tras un proceso iniciado en la Cumbre de Brasilia en 2000, reunió a 12 países con el objetivo de una integración energética sostenible y solidaria, guiada por el Consejo Energético Sudamericano (CES). No obstante, sus avances se han limitado a lineamientos generales y un índice preliminar del Tratado Energético Suramericano, que tampoco siguen vigentes.

En el MSA, la *stasis* es un estado de inacción política donde las corrientes de problemas, políticas y política

no logran alinearse, manteniendo el *statu quo* y evitando el cambio, incluso frente a necesidades claras y soluciones disponibles (ver Cuadro Técnico 3). En este contexto, los obstáculos para la integración energética en América Latina reflejan una situación de *stasis*. Aunque los beneficios potenciales de la integración son significativos y el problema de la vulnerabilidad energética está identificado, las limitaciones normativas y regulatorias impiden que las soluciones técnicas y las oportunidades políticas se alineen. La falta de reglas claras para transacciones internacionales y la incompatibilidad entre regulaciones nacionales perpetúan este estado de inmovilidad. Además, las restricciones legales impuestas por tratados de emprendimientos hidroeléctricos binacionales refuerzan esta *stasis*, limitando gravemente el alcance de las políticas regionales y manteniendo el *statu quo*. Para superar esta situación, sería necesario un catalizador que movilice la atención política y facilite la armonización normativa, abriendo una ventana de oportunidad para la acción conjunta en la integración energética.

En este punto cabe destacar que aunque todos estos estudios demuestran que una interconexión energética pueda generar beneficios globales significativos (Ochoa & Ackere, 2015), estos no siempre se distribuyen de manera equitativa, y algunos actores o países podrían verse perjudicados. En este contexto, si las partes involucradas no perciben esta distribución como equitativa, los proyectos pueden convertirse en focos de conflicto persistente e incluso impedir su realización, a pesar de las ventajas generales demostradas.



Cuadro Técnico 3: Características clave de la *stasis* en el MSA

1. Desacoplamiento de corrientes:

Las tres corrientes (problemas, políticas y política) pueden coexistir de manera independiente, pero no convergen debido a la falta de un catalizador, como un evento focalizador o un liderazgo político claro.

2. Inercia institucional y política:

La *stasis* puede estar influenciada por barreras estructurales o institucionales, como la burocracia, conflictos de intereses o falta de recursos, que dificultan la acción.

3. Falta de atención o priorización:

Si los tomadores de decisiones no perciben un problema como urgente o políticamente ventajoso, es probable que se mantenga en la agenda latente sin avanzar hacia soluciones concretas.

Implicaciones de la *stasis*:

- **Resistencia al cambio:** Durante la *stasis*, las políticas tienden a permanecer estáticas, manteniendo el *statu quo* incluso cuando existen problemas claros y soluciones viables.

- **Oportunidades perdidas:** La falta de acción puede agravar los problemas, aumentando los costos sociales, económicos o ambientales.

Necesidad de emprendedores políticos (*policy entrepreneurs*): En este contexto, el rol de los *policy entrepreneurs* es fundamental para romper la *stasis* al enmarcar los problemas de manera convincente, movilizar apoyo y buscar momentos oportunos para alinear las corrientes.

Relación con el concepto de cambio en el MSA:

La *stasis* contrasta directamente con el concepto de **ventana de oportunidad**, donde las corrientes se alinean y permiten cambios rápidos y significativos. En el MSA, comprender la *stasis* es esencial para identificar qué factores están impidiendo el progreso y cómo podrían ser superados para catalizar el cambio político.

Desde la perspectiva del MSA, las políticas basadas en la minimización de perjuicios globales podrían ser efectivas para alinear las corrientes cuando los actores perciben riesgos inmediatos y comparten la necesidad de reducir pérdidas colectivas. Estas estrategias promueven la cooperación y el consenso al centrarse en la protección común frente a un riesgo compartido, aunque pueden enfrentar críticas por la falta de incentivos o beneficios percibidos, lo que podría fragmentar las alianzas (Cairney & Jones, 2016).

A la luz de lo presentado, **este estudio plantea la hipótesis de que la principal barrera para la integración eléctrica efectiva en Latinoamérica no reside exclusivamente en las limitaciones normativas y regulatorias, como sugieren numerosos estudios. Más bien, radica en la capacidad de identificar las corrientes de problemas, políticas (*policy*) y dinámicas políticas (*politics*) que converjan para abrir una ventana de oportunidad que permita iniciar la integración bajo una dinámica política cooperativa, capaz de superar el enfoque competitivo predominante.**



En este contexto, sostenemos que la corriente del problema debe ser enmarcado como un desafío común que impacta a todas las partes involucradas. Por otro lado, las soluciones propuestas tendrían énfasis en la minimización de amenazas compartidas y su implementación unilateral por un solo actor no debe ser posible; en cambio, su ejecución debe ser compatible con la conquista de intereses particulares de cada actor.

Asimismo, las soluciones que requieren la participación de todas las partes intervinientes suelen hacerlas más atractivas para los *"policy entrepreneurs"* (Birkland, 2019). Estas estrategias pueden ser más fáciles de aceptar, ya que minimizan conflictos entre actores con intereses diversos al requerir la contribución de las partes (Zahariadis, 2003).

Finalmente, las corrientes de las dinámicas políticas deben estar guiadas por un sentido de urgencia, ga-

rantizando una respuesta ágil y efectiva a las demandas del contexto. En este sentido aparece el concepto de *"public mood"* (estado de ánimo público) que en el contexto MSA de Kingdon se refiere a la percepción, sentimientos y actitudes generales de la sociedad hacia determinados temas, problemas o políticas. El sentido de urgencia tiene un impacto significativo en el *"public mood"*, moldeando las percepciones y prioridades de la sociedad y, en consecuencia, influyendo en las decisiones políticas.

Así, el sentido de urgencia es un factor determinante para que los tomadores de decisiones respondan a las demandas públicas. Esto podría facilitar la apertura de una ventana de oportunidad, ya que los problemas definidos en términos de urgencia suelen captar más atención política y pública (Béland & Howlett, 2016) y tienden a ser más persuasivos en contextos de incertidumbre, ganando prominencia en la definición de la agenda pública (Cairney & Jones, 2016).

Cuadro Técnico 4: El análisis del MSA y estrategias de minimización de daños

1. Corriente de problemas:

• Definición del problema: El artículo de Béland y Howlett (2016) analiza cómo el MSA se aplica a contextos comparativos, enfatizando que problemas definidos en términos de riesgos inmediatos pueden ganar prominencia en la agenda política (Béland & Howlett, 2016).

• Evidencia y narrativas: Cairney y Jones (2016) destacan la importancia de narrativas persuasivas en el MSA para atraer la atención hacia problemas percibidos como urgentes.

2. Corriente de políticas:

• Selección de alternativas: Las estrategias de minimización de daños suelen ser más viables técnicamente, pero pueden enfrentarse a críticas por limitar beneficios futuros (Bache, 2019).

• Aceptación técnica y política: Ackrill *et al.* (2013) exploran cómo el MSA gestiona la complejidad institucional y facilita consensos en contextos europeos.

3. Corriente de política:

• Coaliciones y consenso: Kingdon describe cómo la creación de coaliciones amplias es fundamental para abrir ventanas de oportunidad, una idea reforzada por Knaggård (2015) al analizar el rol del “*problem broker*” en el MSA (Knaggård, 2015).

• Ideología y prioridades políticas: La ideología juega un papel crucial en la aceptación de estrategias de minimización de daños frente a maximización de beneficios, como lo discuten Cairney y Jones (2016).

4. Impacto en la ventana de oportunidad:

El concepto de ventanas de oportunidad es central en el MSA, y su apertura puede ser facilitada por narrativas que destaquen riesgos inmediatos, como lo analiza el marco general de Kingdon (2011) y se amplía en Ackrill *et al.* (2013).

El caso del SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central)³ y su implementación en Centroamérica ofrecen un interesante análisis bajo la hipótesis planteada. Según los antecedentes históricos (Ventura, 2021), el SIEPAC se diseñó e implementó como una respuesta a desafíos comunes y amenazas comparti-

das en la región, tales como la vulnerabilidad energética y la dependencia de recursos externos.

En el SIEPAC, la solución técnica no se limitó a promover los beneficios potenciales del intercambio eléctrico, sino que estuvo estructurada para minimizar los perjui-

³ El Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) representa un esfuerzo continuo por consolidar la unidad regional en Centroamérica. Fundado en 1991 con la firma del Protocolo de Tegucigalpa, el SICA se rige bajo los principios de paz, libertad, desarrollo y democracia, buscando el bienestar de la población del istmo. En este contexto, el Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC) surge como un proyecto ambicioso que busca la integración energética regional.



cios y amenazas asociados con la inseguridad energética y las ineficiencias que no podrían ser superadas por acciones de los sistemas nacionales aislados, requiriendo la participación extendida de varios países para su éxito. Actuar de manera aislada habría sido una alternativa posible para los países de Centroamérica, pero profundamente ineficiente y costosa. Los sistemas eléctricos pequeños y fragmentados no habrían logrado garantizar un suministro confiable ni aprovechar economías de escala, aumentando la dependencia de combustibles fósiles y la exposición a la volatilidad de los precios internacionales. Además, la falta de integración habría desperdiciado el potencial de complementariedad entre los recursos renovables de la región, dificultando la transición hacia un modelo sostenible y dejando a los países vulnerables ante apagones y shocks externos. En contraste, el SIEPAC ofreció una solución integral que abordó estos desafíos de manera más efectiva y coordinada.

Además, el proyecto SIEPAC fue diseñado para implementarse de manera gradual, lo que permitió abordar diferencias en los contextos nacionales y mitigar preocupaciones políticas sobre la cesión de soberanía. Esta

estrategia permitió superar las barreras políticas iniciales, ajustándose a las realidades de cada país involucrado.

Por último, el sentido de urgencia del SIEPAC para los tomadores de decisiones radicaba en la necesidad de enfrentar la fragmentación de los sistemas eléctricos en Centroamérica, que incrementaba el riesgo de apagones y comprometía la estabilidad económica y social. Además, la alta dependencia de combustibles fósiles importados elevaba los costos energéticos, mientras que la falta de interconexión impedía aprovechar los abundantes recursos renovables de la región, como la energía hidroeléctrica y geotérmica⁴.

El proyecto también fue visto como una oportunidad estratégica para avanzar en la integración económica y política regional en el marco del SICA, promoviendo la cooperación entre países y fortaleciendo el desarrollo sostenible. Estas necesidades urgentes posicionaron al SIEPAC como una prioridad para garantizar la seguridad energética, reducir vulnerabilidades y consolidar la integración regional. ♦

⁴ Un hecho concreto que ilustra la urgencia del SIEPAC fue que, antes de su implementación, el comercio de electricidad entre los países centroamericanos representaba menos del 1% de la energía consumida en la región, reflejando la limitada capacidad de intercambio energético debido a la falta de infraestructura de interconexión. Además, según datos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el costo promedio de generación eléctrica en Centroamérica era significativamente más alto que el promedio mundial, principalmente debido a la dependencia de combustibles fósiles importados, que representaban hasta el 50% de la matriz energética regional en algunos países.

De la conveniencia a la urgencia: Las corrientes de la integración de América Latina

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la integración bajo el enfoque de corrientes múltiples

“La unidad de nuestros pueblos no es simple quimera de los hombres, sino inexorable decreto del destino.”

- Simón Bolívar.

Un plan se convierte en decisión cuando muta de importante a urgente. La urgencia disrumpe cuando las sociedades están expuestas a interrupciones que amenazan valores fundamentales, como la vida, la propiedad, la infraestructura o el estado de derecho. Estas interrupciones, denominadas crisis, incluyen desastres naturales, actos de terrorismo y fallos en infraestructuras. Se caracterizan por ser “rupturas episódicas de marcos simbólicos familiares que legitiman el orden sociopolítico existente”, exponiendo a los responsables políticos a un escrutinio intenso por parte del público y los medios.

América Latina está en crisis. La región se encuentra en una posición paradójica frente al cambio climático. Si bien su contribución a las emisiones globales de gases de efecto invernadero es menor al 10% (CEPAL, 2016), la región enfrenta una vulnerabilidad climática creciente que se manifiesta en eventos climáticos extremos (Cai *et al.*, 2020) con consecuencias devastadoras (Salazar *et al.*, 2007). Sequías, incendios forestales, lluvias torrenciales e inundaciones son solo algunos ejemplos de las amenazas que ya están impactando a las comunidades, economías y ecosistemas de la región (Libonati *et al.*, 2021), (Garreaud *et al.*, 2019), (Baez *et al.*, 2017), (Bell *et al.*, 2008), (Pinos & Quesada-Román, 2021).

Los estudios científicos y los informes de organizaciones internacionales revelan una preocupante realidad: el cambio climático está exacerbando las desigualdades existentes en Latinoamérica. Las poblaciones más vulnerables, que a menudo dependen de la agricultura de subsistencia y tienen un acceso limitado a recursos y servicios básicos, son las más afectadas por los impactos del cambio climático. Los eventos climáticos extremos pue-

den provocar la pérdida de viviendas, cultivos y medios de subsistencia, aumentando la pobreza, la inseguridad alimentaria y la migración forzada (Ivanova *et al.*, 2021).

Las pérdidas económicas causadas por los desastres naturales relacionados con el clima son considerables. En 2023, las pérdidas económicas por catástrofes globales alcanzaron los 380 mil millones de dólares, con la sequía en la cuenca del Río de la Plata ocupando el cuarto lugar en términos de pérdidas económicas. Con un impacto estimado de 15,3 mil millones de dólares en pérdidas económicas, este fenómeno resalta la vulnerabilidad de América Latina frente a eventos climáticos extremos. Esta sequía afectó gravemente la seguridad hídrica, agrícola y energética en la región, subrayando la urgencia de implementar estrategias de mitigación y adaptación frente al cambio climático (Aon, 2024). Más recientemente, entre 2023 y 2024, la **región Andina** experimentó eventos extremos de lluvias y deslizamientos, poniendo en riesgo la seguridad hídrica, energética y alimentaria. Estas crisis subrayan la urgencia de una colaboración regional para abordar los efectos del cambio climático y garantizar la resiliencia social y económica (Vega *et al.*, 2024).

Así, la diversificación de la matriz energética con renovables, como la solar y eólica, junto con la modernización de la infraestructura, son cruciales para la adaptación. Sin embargo, centrar la diversificación de energías renovables únicamente a nivel nacional enfrenta limitaciones como costos altos, falta de recursos diversos, vulnerabilidad a eventos climáticos extremos, y duplicación de esfuerzos. Estas barreras hacen que las soluciones nacionales sean menos resilientes y eficientes frente a crisis como las sequías. Por el contrario, una integración

energética regional permite compartir recursos, optimizar inversiones y fortalecer la resiliencia climática, destacando la superioridad de la cooperación regional sobre los esfuerzos aislados.

La crisis de las sequías en América Latina subraya la necesidad urgente de una integración eléctrica regional basada en fuentes renovables complementarias. Esta estrategia no solo mejoraría la resiliencia energética frente al cambio climático, sino que también promovería la sostenibilidad económica y ambiental. Un esfuerzo conjunto es crucial, ya que ningún país puede abordar de manera efectiva este desafío de forma aislada.

La literatura sobre gestión de crisis en las últimas dos décadas ha ampliado su enfoque desde una perspectiva limitada a los desafíos operativos inmediatos en la escena del desastre hacia un abordaje más integral que considera las etapas previas y posteriores a la crisis. Este cambio conceptual, señalado por autores como Birkland (2019) y Boin *et al.* (2004, 2005, 2008), entiende la gestión de crisis como un proceso continuo con diferentes grados de intensidad.

La elaboración de políticas en crisis (*crisis policy-making*) es un proceso distinto y más amplio que la gestión directa de crisis. No se enfoca en la toma de decisiones agudas durante la primera respuesta, sino que ocurre generalmente después de la crisis, aunque también puede desarrollarse simultáneamente. Este proceso implica a las entidades políticas y administrativas con autoridad sobre legislación, presupuestos y prioridades, requiriendo liderazgo marcado. Su objetivo principal es crear una sociedad más robusta que pueda prevenir desastres futuros, mitigar sus consecuencias y mejorar las condiciones para la gestión directa de crisis (Hansén, 2015).

Según Hansén (2015), el MSA es aplicable en casos de crisis porque permite analizar cómo los eventos disruptivos, como una catástrofe, actúan como “*focusing events*”

que atraen atención y reconfiguran prioridades políticas. Estos eventos generan una sensación de urgencia y percepción de riesgo que moviliza tanto a los actores políticos como a la opinión pública, creando condiciones para la alineación de las corrientes de problemas, políticas y política. En este contexto, el MSA destaca cómo las crisis abren ventanas de oportunidad que facilitan la adopción rápida de políticas previamente propuestas por los *policy entrepreneurs*, especialmente aquellas orientadas a la minimización de daños y la respuesta inmediata. En este sentido, propone ocho principios teóricos para entender cómo se acoplan las corrientes en el MSA durante crisis (ver Cuadro Técnico 5).

La crisis climática y de vulnerabilidad energética en América Latina encaja perfectamente en el marco de los ocho principios del MSA para guiar el análisis una política pública de integración eléctrica. Los eventos climáticos extremos, como las sequías en la cuenca del Río de la Plata, actúan como ***focusing events***, abriendo ventanas de oportunidad que reconfiguran prioridades y generan una sensación de urgencia para actuar. La aplicación de los principios del MSA permite entender cómo la atención selectiva a esta crisis puede movilizar soluciones tanto consecuenciales, como el desarrollo de estrategias energéticas renovables complementarias, como doctrinales, al enmarcar la integración regional como una respuesta inevitable a los impactos del cambio climático. Además, estrategias como la asociación de símbolos de alto orden⁵, que vinculan la integración energética con la justicia energética, la sostenibilidad y la resiliencia climática, y tácticas graduales, como sucedió con el SIEPAC, para implementar la cooperación regional pueden facilitar el consenso político y el acoplamiento exitoso de las corrientes. En este contexto, el MSA ofrece un marco para alinear las agendas políticas y movilizar soluciones efectivas frente a los desafíos climáticos y energéticos de la región.

⁵ Estos símbolos representan conceptos amplios y emocionalmente resonantes, como la sostenibilidad ambiental, la resiliencia climática, la justicia social o la unidad regional. Vincular la integración energética con estos valores crea una narrativa poderosa que trasciende intereses particulares y apela a un público más amplio, incluyendo tomadores de decisiones y la ciudadanía.

Cuadro Técnico 5: Propositiones de Hansén (2015) en el marco del MSA

1. Origen de la ventana de oportunidad: procesos consecuenciales vs. doctrinales

- **Procesos consecuenciales:** La ventana de oportunidad se abre en la corriente de problemas cuando un evento focalizador o una crisis destaca un problema específico que requiere una solución inmediata. Este enfoque reactivo impulsa la creación de nuevas políticas.
- **Procesos doctrinales:** La ventana de oportunidad se abre en la corriente política cuando cambios en el liderazgo o en el clima político permiten enmarcar problemas para justificar soluciones previamente existentes.

2. Centralización vs. delegación institucional

- **Instituciones centralizadas:** Amplifican señales externas debido a la toma de decisiones desde niveles altos, con menor consulta a niveles técnicos o burocráticos.
- **Instituciones delegadas:** Atenúan señales externas porque los niveles intermedios procesan la información, lo que ralentiza pero enriquece el análisis.

3. Atención selectiva y prioridades

- Los tomadores de decisiones en niveles altos tienden a reaccionar desproporcionadamente a ciertos estímulos (como crisis mediáticas), mientras ignoran otros problemas.
- Las preferencias fundamentales no cambian, pero la atención hacia ciertos temas puede generar cambios drásticos en prioridades.

4. Evolución de ideas: emergentes vs. gradualistas

- **Ideas emergentes:** En procesos consecuenciales, las soluciones tienden a ser innovadoras y

creadas específicamente para abordar un problema urgente.

- **Ideas gradualistas:** En procesos doctrinales, se favorecen soluciones existentes adaptadas al nuevo contexto.

5. Manipulación del *statu quo*

Las soluciones tienen más probabilidades de éxito si se presentan como una ruptura significativa con el estado actual, especialmente cuando los problemas se enmarcan como grandes pérdidas.

6. Uso de símbolos de alto orden

Asociar propuestas políticas con símbolos importantes (como valores nacionales, identidad cultural o derechos fundamentales) puede movilizar apoyo emocional y político.

7. Riesgo y crisis

La percepción de crisis motiva a los *policy entrepreneurs* a enmarcar problemas como pérdidas significativas para aumentar la urgencia y superar la resistencia al cambio.

8. Tácticas graduales y credibilidad

Los emprendedores políticos con alta credibilidad tienen más éxito al implementar "*salami tactics*", dividiendo propuestas grandes y controvertidas en pasos pequeños para facilitar su aceptación. Este enfoque implica dividir un objetivo ambicioso en pasos más pequeños y manejables, lo que reduce la resistencia inicial al cambio y facilita acuerdos progresivos.

A continuación se plantea el análisis de las tres corrientes del MSA que permite descomponer los factores clave que deben alinearse para impulsar una integración eléctrica regional basada en energías renovables. En **la corriente de problemas**, la creciente vulnerabilidad climática, evidenciada por eventos extremos como sequías e inundaciones, resalta la necesidad urgente de superar la inseguridad energética y fortalecer las infraestructuras nacionales.

En **la corriente de políticas**, el estudio evalúa diversos escenarios futuros para el sistema energético de la región, considerando los años 2035 y 2045, con variables como niveles acelerados de electrificación, planes de retiro de centrales térmicas y diferentes condiciones de disponibilidad hídrica en las regiones Andina y del Cono Sur. Este análisis cuantifica el perjuicio económico y ambiental de no ejecutar nuevas interconexiones regionales estratégicas y, crucialmente, introduce el concepto de costo geopolítico, que evalúa los costos derivados de la falta de confianza y las amenazas percibidas al confiar en otros países. Al contrastar escenarios con y sin exigencias de soberanía energética, este enfoque no solo permite identificar los posibles *policy entrepreneurs* del MSA que podrían liderar el proceso de integración, sino también evaluar la viabilidad técnica y política de las soluciones propuestas.

Basado en ello, en **la corriente política**, se evalúa el liderazgo regional y la voluntad de cooperación, esenciales para transformar estas soluciones técnicas en prioridades estratégicas, aprovechando el apoyo público hacia alternativas sostenibles y colectivas. La alineación de estas corrientes abriría una ventana de oportunidad para consolidar una red energética resiliente y sostenible en América Latina.

Finalmente, el análisis integral de estas corrientes permite determinar si la ventana de oportunidad para la integración energética regional está abierta, ofreciendo así una base sólida para priorizar acciones estratégicas en la región. ♦

La corriente del problema: La urgencia de la descarbonización

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la
integración bajo el
enfoque de corrientes
múltiples

“La humanidad tiene una elección: cooperar o morir. O un pacto por la solidaridad climática, o un pacto por el suicidio colectivo”

- Antonio Guterres. Secretario General de la ONU.

Según Kingdon, las condiciones se convierten en problemas cuando los responsables de políticas reconocen la necesidad de actuar al respecto. Esto ocurre principalmente a través de eventos focalizadores, que atraen la atención hacia un problema mediante “pequeños empujes”, y mediante indicadores sistemáticos, que informan sobre el estado de un sector específico (Kingdon, 2011).

La vulnerabilidad climática en América Latina no representa un riesgo futuro, sino una crisis presente que ha impactado severamente a diversas regiones en los últimos años. Esta crisis evidenció que la infraestructura eléctrica en Sudamérica enfrenta una alta vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos, que debilitan la seguridad del suministro de energía y generan considerables pérdidas económicas. Particularmente, la generación de energía hidroeléctrica se ve afectada significativamente por el cambio climático. Las alteraciones en la disponibilidad de agua y los patrones de precipitación, exacerbadas por el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones en algunas regiones, pueden reducir el caudal de los ríos, impactando la capacidad de generación de las centrales hidroeléctricas⁶.

El estudio *Climate Impacts on Latin American Hydropower* (IEA, 2023) destaca la importancia de la energía

hidroeléctrica en América Latina, que representa el 45% del suministro eléctrico de la región. El cambio climático, con su impacto en los patrones de precipitación, la temperatura y la ocurrencia de eventos extremos, representa un desafío crítico para la sostenibilidad y la estabilidad de este sector.

El informe evalúa los impactos futuros del cambio climático en más del 86% de la capacidad instalada de energía hidroeléctrica en América Latina, enfocándose en 13 países con las mayores capacidades instaladas. Los resultados muestran que la capacidad promedio regional disminuirá entre un 7,5% y un 9,6% para 2059 y hasta un 17,4% hacia 2099, dependiendo del nivel de emisiones. Además, se espera que concentraciones más altas de GEI exacerben la variabilidad interanual en las subregiones más vulnerables, como América Central, México y el sur de América del Sur, poniendo en riesgo la estabilidad del suministro energético⁷.

Así, la degradación de los factores de planta de las hidroeléctricas en América Latina se intensifica con mayores emisiones de gases de efecto invernadero, lo que resalta la urgencia de descarbonizar las economías regionales. Según diversos estudios, la reducción en la disponibilidad de agua y la variabilidad en los caudales causada por el

⁶ Sequías prolongadas, como la que ha afectado la cuenca del Río de la Plata desde 2019, reducen drásticamente el nivel de los embalses, limitando la capacidad de generación. Esta sequía, considerada una de las cinco más importantes en el sudeste de Sudamérica desde la década de 1950, ha generado un déficit de precipitaciones que se ha propagado a través del ciclo hidrológico, afectando la humedad del suelo, los caudales de los ríos, las aguas subterráneas y reservorios superficiales, y la vegetación de la región.

⁷ Los resultados del informe del IEA (IEA, 2023) muestran que América Central y México (México, Costa Rica, Panamá y Guatemala), así como el sur de América del Sur (Argentina y Chile), enfrentarán una disminución consistente en los factores de capacidad hidroeléctrica debido a la reducción de precipitaciones y el caudal de los ríos. En contraste, la región Andina (Colombia, Ecuador y Perú) podría experimentar un ligero aumento en la capacidad hidroeléctrica promedio por un incremento proyectado en las precipitaciones y el volumen de escorrentía. Para el resto de América del Sur (Brasil, Venezuela, Paraguay y Uruguay), se espera una disminución más leve, aunque la falta de consenso entre los modelos climáticos destaca la necesidad de estudios adicionales.

cambio climático afectan directamente la capacidad de generación hidroeléctrica, aumentando la vulnerabilidad energética de la región (Lucena *et al.*, 2009). Además, escenarios con altas concentraciones de GEI predicen impactos más severos, subrayando que el desarrollo de un portafolio energético diversificado, basado en renovables como la solar y la eólica, es esencial para garantizar la seguridad energética (Carvajal & Li, 2019). Invertir en fuentes fósiles agravaría el problema, mientras que la descarbonización no solo mitiga los riesgos climáticos, sino que fortalece la resiliencia del sistema energético regional.

Las tecnologías solar y eólica, aunque fundamentales para complementar la hidroeléctrica en América Latina, enfrentan desafíos significativos relacionados con su intermitencia, que exige sistemas de almacenamiento costosos para garantizar un suministro estable (Sarkar *et al.*, 2019). Además, la dependencia de infraestructura de transmisión es un reto importante, ya que las áreas con mayor potencial para estas energías suelen estar alejadas de los centros de consumo, lo que requiere inversiones significativas en redes de transporte (Miranda *et al.*, 2019). Estas tecnologías también son vulnerables a eventos climáticos extremos, como tormentas y olas de calor, que afectan su eficiencia y estabilidad (Jiménez-Estévez *et al.*, 2015). Asimismo, algunas regiones enfrentan limitaciones en el acceso a recursos técnicos y financieros necesarios para implementar estas tecnologías (Kober *et al.*, 2016). A pesar de estas barreras, su integración estratégica es clave para diversificar la matriz energética, reducir la vulnerabilidad climática y garantizar un suministro sostenible, siempre que se realicen inversiones planificadas y habilitadoras en infraestructura (Da Silva *et al.*, 2021).

La complementariedad de energías renovables en Sudamérica es clave para superar las limitaciones individuales de las tecnologías como la hidroeléctrica, solar y eólica. Por ejemplo, la hidroeléctrica puede actuar como almacenamiento natural, equilibrando la intermitencia de la solar al generar electricidad durante la noche o en periodos de baja radiación. Además, los patrones de generación de energía solar y eólica son complementarios, ya que la solar es más productiva durante el día y la eólica en las noches y épocas ventosas (Barbosa *et al.*, 2017).

Esta integración puede mitigar desafíos como la intermitencia y la vulnerabilidad climática. Por ejemplo, los excedentes generados en regiones como la Patagonia, rica en energía eólica, o el norte de Chile, con alto potencial solar, pueden ser exportados a otras regiones con déficits. Asimismo, la diversificación de fuentes reduce la dependencia de una sola tecnología, haciendo al sistema energético más resiliente frente a eventos climáticos extremos (Gonzalez-Salazar & Pogonietz, 2021).

Así, la interconexión eléctrica regional es esencial para maximizar la complementariedad, ya que optimiza la infraestructura existente y promueve un suministro energético más estable y sostenible. Este enfoque fomenta la resiliencia energética y climática, garantizando que Sudamérica pueda avanzar hacia la descarbonización mientras enfrenta los desafíos del cambio climático de manera colaborativa y eficiente (Luz & Moura, 2019).

Así, la política energética que surge para hacer frente a la crisis debida al cambio climático es la descarbonización de nuestra matriz energética asegurando la seguridad de suministro, quizás uno de los desafíos más importantes de nuestra época, implicando la necesidad no solo del cambio de sistemas de energía basados en combustibles fósiles hacia recursos de energía renovable, sino que además de una profunda integración en América Latina.

Esto enmarca la corriente de políticas en un problema de planificación a largo plazo que considere la dinámica de los sistemas energéticos, incluida la inversión en la infraestructura, la innovación tecnológica y los efectos ambientales y políticos de las decisiones energéticas. ♦

La corriente de políticas: El valor de la integración eléctrica en tiempos del cambio climático

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la
integración bajo el
enfoque de corrientes
múltiples

“Todos los modelos son incorrectos, pero algunos son útiles”

- George Edward Pelham Box.

Las soluciones a los problemas sociales, que en el momento de su desarrollo pueden no captar la atención de los tomadores de decisiones, se generan en lo que Kingdon denomina la “sopa primordial de políticas” (Kingdon, 2011). Esta sopa surge de una comunidad de especialistas que interactúan y crean ideas, conceptos y propuestas, ya sean vagas o concretas, para abordar lo que perciben como problemas sociales. La comunicación dentro de estas comunidades de políticas ocurre a través de medios de comunicación o publicaciones especializadas (Kingdon, 2011). Un aspecto crucial de la corriente de políticas es su nivel de fragmentación; por ejemplo, la existencia de diferentes paradigmas puede influir directamente en la estabilidad de un área de políticas (Kingdon, 2011). Para que las ideas se conviertan en alternativas viables, es esencial construir consenso, lo que depende de la capacidad de persuasión de sus defensores y su difusión dentro de la comunidad. Solo entonces las políticas logran reconocimiento entre los expertos y se convierten en propuestas viables, listas para asociarse con problemas existentes y reconocidos.

Numerosos estudios previos han destacado las enormes ventajas que tendría la integración energética en América Latina en términos de sostenibilidad, seguridad energética y eficiencia económica. Sin embargo, al analizar la implementación efectiva de estas interconexiones, se observan diferencias notables entre Sudamérica y Centroamérica. En Centroamérica, el marco institucional supranacional y la cooperación regional sólida, ejemplificados por el SIEPAC, han permitido una integración más eficiente. En contraste, en Sudamérica, la resistencia a ceder soberanía y las diferencias regulatorias han limitado los proyectos a acuerdos bilaterales, afectando la capaci-

dad de optimizar recursos y reducir costos (Agostini *et al.*, 2019, Santos, 2021).

La diferencia en la emergencia de la cooperación para la integración energética entre Centroamérica y Sudamérica podría explicarse a partir de cómo se configuraron los objetivos comunes en cada región en relación con los requisitos que promueven la cooperación. En Centroamérica, la interconexión mediante el proyecto SIEPAC estableció un **objetivo global claro y beneficioso para todos los países involucrados**: garantizar la seguridad energética y reducir costos mediante un mercado eléctrico regional. Este objetivo colaboró directamente en maximizar los intereses particulares de cada país, como aprovechar excedentes energéticos o diversificar la matriz energética. **Pero quizás la principal diferencia fue este objetivo común representaba un desafío que ninguna nación podía resolver por sí sola. La urgencia por superar problemas de suministro energético y promover el desarrollo económico también favoreció la alineación regional.** En contraste, en Sudamérica, los acuerdos bilaterales prevalecieron debido a una falta de un marco multilateral claro que conjugara los objetivos de los países bajo una perspectiva regional integradora. Para la mayoría de los países el objetivo, ya sea económico, técnico o político era un objetivo en principio alcanzable con acciones unilaterales o a lo sumo bilaterales.

La diferencia en la emergencia de la cooperación para la integración energética entre Centroamérica y Sudamérica podría explicarse por la configuración de los objetivos comunes y los requisitos para la cooperación en cada región. En Centroamérica, el proyecto SIEPAC estableció un objetivo claro y compartido: garantizar la segu-

ridad energética y reducir costos mediante un mercado eléctrico regional. Este objetivo permitió maximizar intereses particulares, como el aprovechamiento de excedentes energéticos y la diversificación de la matriz energética, al tiempo que abordaba desafíos que ningún país podía resolver por sí solo, como la estabilidad del suministro eléctrico (Hira & Amaya, 2003).

Por otro lado, en Sudamérica, la integración energética se ha visto obstaculizada por la ausencia de objetivos comunes claros y unificados, que ha limitado la capacidad de la región para implementar proyectos de interconexión de amplio alcance, reduciendo su potencial de optimización de recursos energéticos y costos (Bernal-Meza, 2008).

La integración regional requiere un objetivo común que abarque a toda la región y que no pueda ser alcanzado de manera unilateral ni bilateral, promoviendo así una cooperación definitiva. En este contexto, la vulnerabilidad al cambio climático emerge como el desafío clave que demanda colaboración regional. América Latina enfrenta impactos climáticos que afectan transversalmente aspectos económicos, técnicos, políticos y, principalmente, sociales, frecuentemente relegados en los análisis. Los desastres naturales, la disminución de recursos hídricos transnacionales y la inestabilidad en la producción energética debido al cambio climático no respetan fronteras nacionales, lo que evidencia que soluciones parciales o fragmentadas son insuficientes (Oliveira *et al.*, 2020).

Por ello, un marco regional de integración energética y climática extendida, que priorice la sostenibilidad ambiental y la justicia social, no solo responderá a los desafíos climáticos compartidos, sino que también reforzará la cohesión regional. Este enfoque permite maximizar recursos renovables y reducir emisiones, al tiempo que mitiga vulnerabilidades energéticas y climáticas a través de mecanismos como la adopción de políticas compartidas, tecnologías bajas en carbono y mercados integrados de carbono (Postic *et al.*, 2017).

Este objetivo común tiene el potencial de unir intereses nacionales bajo una meta superior que beneficie a todos los países, destacando la urgencia de actuar juntos para proteger tanto la infraestructura energética como las

comunidades vulnerables que dependen de ella, mientras se impulsa una economía baja en carbono y más resiliente (Da Silva *et al.*, 2021).

A nivel global y regional, existe una creciente urgencia en desarrollar políticas que promuevan la sostenibilidad y la neutralidad de carbono. Por una parte, se destaca el compromiso de Estados Unidos de tener un sector eléctrico libre de carbono para 2035 y una economía con emisiones netas cero para 2050, el objetivo de la Unión Europea de reducir las emisiones en un 55% para 2030 y lograr la neutralidad en carbono para 2050, y la meta de China de alcanzar las emisiones netas cero para 2060.

El compromiso de los países latinoamericanos hacia la transición energética se refleja en la adopción de políticas alineadas con el Acuerdo de París y las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs). Por ejemplo, Surinam y Guyana han establecido metas inmediatas hacia economías sostenibles y bajas en emisiones, mientras que Chile ha implementado una Ley Marco que lo compromete a alcanzar la neutralidad de carbono para 2050 (Da Silva *et al.*, 2019). Estas iniciativas son un paso significativo hacia la descarbonización regional y un ejemplo de cómo los países pueden alinear sus estrategias nacionales con los compromisos internacionales para mitigar el cambio climático. Estas iniciativas buscan no solo reducir emisiones, sino también diversificar la matriz energética y garantizar la seguridad energética a largo plazo (Bataille *et al.*, 2020).

Un enfoque común en la política climática podría facilitar la integración energética regional, pero la mayoría de los estudios han analizado la descarbonización desde el diseño de mercados, sin profundizar en su relación con la integración regional. En este sentido, desarrollar planes de integración de redes que incluyan enlaces de transmisión entre países es crucial para apoyar la descarbonización como un objetivo coherente con las metas nacionales de sostenibilidad ambiental y equidad energética (Washburn & Pablo-Romero, 2019).

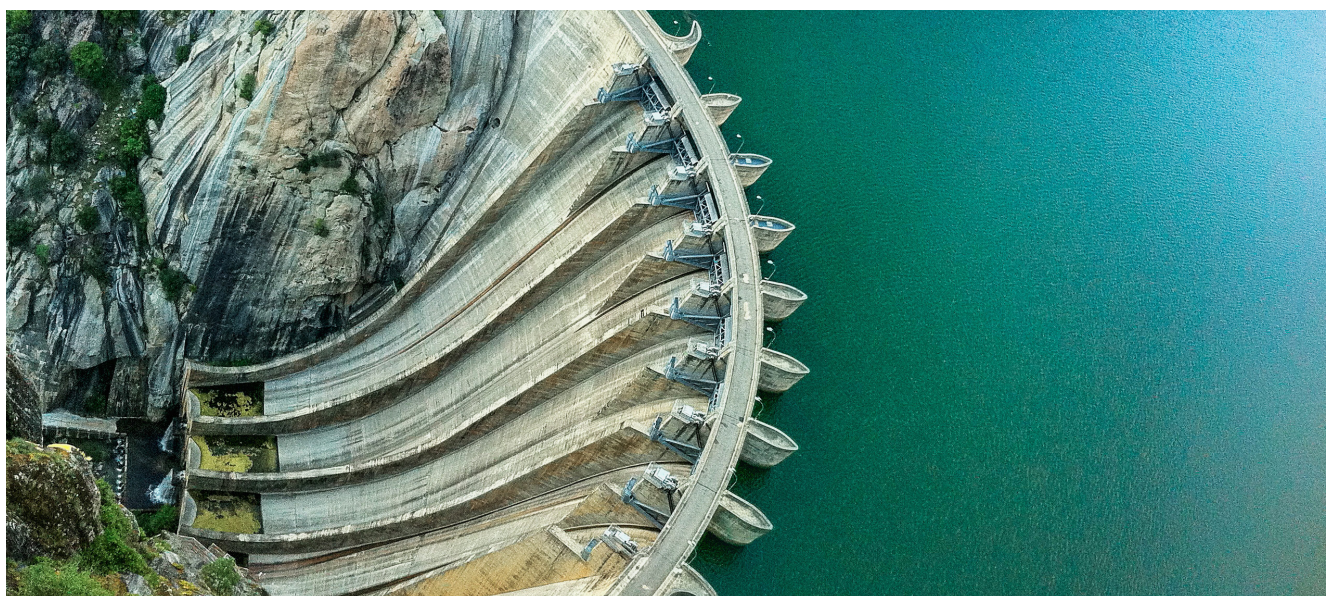
Al integrar las redes energéticas y priorizar la descarbonización, América Latina puede maximizar sus recursos renovables, reducir emisiones y garantizar un suministro energético más resiliente, mientras se alinean los

intereses nacionales con metas regionales que aborden tanto la sostenibilidad ambiental como el bienestar social de sus comunidades.

Asimismo, a nivel global, aun cuando existen algunos trabajos relacionados a modelos de descarbonización del sistema eléctrico desde un enfoque regional en Europa (Plessmann *et al.*, 2017, Tröndle *et al.*, 2020), África (Doorga *et al.*, 2022) y Asia (Kim, 2023). En Latinoamérica, por su parte, el impacto de la integración regional fue estudiado mayoritariamente en el ámbito de diseño de mercado con potencial aplicación a la descarbonización (Barroso *et al.*, 2021), beneficios económicos (Comisión de Integración Energética Regional, 2015) y expansión del sistema de potencia integrado (Blanco Contreras, 2021). Con particular foco en la integración orientada a la descarbonización existe poco investigado al respecto; sin embargo, podemos citar como contribuciones en la temática planteada trabajos que de manera común plantean enfoques de modelación exhaustiva y optimización de la operación del sistema de potencia para diversos escenarios contemplando el impacto en el desempeño económico de los mercados eléctricos y la emisiones (Paredes, 2017). Sin embargo, ninguno de los trabajos relevados reportan la consideración de las interacciones entre las diversas estructuras presentes en los procesos de integración y

transición energética. En este contexto, Plazas-Niño *et al.* (2022) subrayan la importancia de integrar las particularidades de economías en desarrollo, como la latinoamericana, aspectos sociales e institucionales para el éxito de las estrategias de descarbonización. Esta formalización se inspira en los esfuerzos de investigación relativamente recientes que reclaman “enfoques realistas” para guiar una transición energética “más rápida y justa” (Fell *et al.*, 2022).

Este estudio se centra en un modelo de planificación óptima diseñado para guiar la inversión en interconexiones eléctricas en América Latina, promoviendo la descarbonización y la mitigación de los riesgos compartidos a nivel regional. El modelo identifica las inversiones prioritarias en infraestructura de transmisión, generación renovable y almacenamiento, con el objetivo de minimizar los costos totales, que incluyen los costos de operación, costos de inversión y las emisiones de carbono. Además, la metodología busca aprovechar la complementariedad natural de los recursos renovables de la región, integrando la generación solar y eólica con la flexibilidad que otorgan los recursos hidroeléctricos. Esta sinergia fortalece la seguridad energética y promueve la sostenibilidad ambiental, facilitando el cumplimiento de los objetivos nacionales y regionales, y fomentando una distribución equitativa del acceso a la energía en toda la región.



Cuadro Técnico 6: Modelo de Planificación Óptima de Interconexión

Supuestos

Simplificación de la red

- Cada país se representa como un único nodo de generación y consumo.
- Se enfoca en interconexiones entre países, ignorando dinámicas intra-país.
- No se modelan restricciones de red, pero a cambio, se introduce una penalización en la función objetivo para evitar corrientes parásitas.

Datos de Entrada

- Capacidades actuales y proyectadas.
- Generación y transmisión en cada país.
- Perfiles horarios de generación renovable (solar, eólica, hidroeléctrica) y demanda energética.
- Costos y emisiones: Costos de inversión y operación de tecnologías y factores de emisión de carbono asociados a cada tecnología.
- Escenarios hídricos: Distribución de la producción hídrica anual (centrales de embalse y pasada) bajo escenarios alto, medio y bajo.

Modelo de Optimización

Variable de decisión

- Capacidad de nuevas interconexiones, generación renovable y almacenamiento a instalar.

Función objetivo:

- Minimizar el costo total: Costos de operación, compuesto por:
 - Inversión en transmisión, generación renovable y almacenamiento.
 - Costos asociados a emisiones de carbono.

Restricciones:

- Satisfacer la demanda energética en cada periodo.
- Respetar el potencial disponible de cada tecnología.
- Restricción de Soberanía Energética basado en la Capacidad Firme por tecnología ajustado a recursos renovables estacionales y climáticos.
- Limitar los flujos de energía a la capacidad de transmisión disponible.
- Penalizar flujos redundantes o parásitos.

El estudio contempla la evaluación de múltiples escenarios que permiten capturar distintas condiciones futuras en el sistema energético de América Latina. Las simulaciones se realizan para los años 2025 (escenario base), 2035 y 2045, e incluyen escenarios de retiro gradual de plantas térmicas en línea con los planes de descarbonización, un escenario de electrificación acelerada que supone un aumento brusco de la demanda, y perfiles de exceso/escasez del recurso hídrico para países de la zona Andina y Cono Sur. Además, para cada uno de estos es-

cenarios, se consideran versiones con y sin restricción de soberanía energética (suficiencia nacional de la demanda máxima de potencia) considerando en la capacidad firme de las fuentes renovables en el sistema. En cada combinación, se analiza tanto la situación actual, en la que no existen nuevas interconexiones, como la situación que optimiza la inversión en nuevas interconexiones entre países. Esta comparación permite estimar las pérdidas potenciales por no ejecutar una mayor integración regional y diseñar planes de inversión que se adapten a distintos

futuros energéticos. En el Cuadro Técnico 6 son presentadas las características del modelo desarrollado.

Respecto a los escenarios hidrológicos, estos se modelan considerando dos zonas clave de sensibilidad en la producción hidráulica: la región Andina, que incluye a Colombia y Ecuador, y el Cono Sur, compuesto por Paraguay y Brasil (debido a que el 70% de su hidrología pertenece al Cono Sur). Estas regiones fueron seleccionadas debido a su alta dependencia de la generación hidroeléctrica y su vulnerabilidad ante la variabilidad de los recursos hídricos. Para cada región, se desarrollaron tres perfiles hidrológicos representativos —Alto, Medio y Bajo—, los cuales permiten analizar cómo las fluctuaciones en la disponibilidad de agua impactan la generación hidroeléctrica y las necesidades energéticas regionales. El perfil hidrológico "Alto" amplifica las diferencias respecto al perfil "Medio" en un 150%, lo que refleja escenarios de alta disponibilidad hídrica y condiciones más favorables para la generación hidroeléctrica. En contraste, el perfil "Bajo" reduce estas diferencias en un 50%, simulando situaciones de escasez hídrica que requieren mayor dependencia de fuentes no renovables o inversiones adicionales en infraestructura. Estos ajustes se aplican de manera proporcional, manteniendo la estructura relativa de los valores originales, lo que garantiza una representación coherente de las condiciones hidrológicas extremas. Este enfoque permite evaluar de manera integral los impactos económicos, ambientales y geopolíticos de distintas condiciones hídricas en los sistemas energéticos de las regiones analizadas.

El impacto económico se mide a través de tres indicadores principales: pérdidas operativas en costos operativos (OPEX), pérdidas económicas netas, e inversión total. Para el año 2045, debido a un incremento en la demanda energética de aproximadamente un 30%, se observa un aumento en las pérdidas económicas de OPEX y en la pérdida económica neta, en comparación con 2035. Sin embargo, este crecimiento de la demanda también se traduce en mayores inversiones en infraestructura renovable, reflejadas en un aumento de los costos de inversión total en 2045.

Como medida de desempeño ambiental el indicador de emisiones no evitadas (MtCO₂) muestra un creci-

miento significativo en 2045 en todos los escenarios. Esto refleja el impacto negativo no de integrar fuentes renovables e interconectar América Latina para suplir la demanda adicional. En escenarios con alta disponibilidad hídrica, la generación hidroeléctrica permite maximizar las reducciones de emisiones, mientras que en escenarios con baja disponibilidad hídrica, se observa una mayor dependencia de tecnologías térmicas o la necesidad de inversiones significativas en otras tecnologías renovables.

El costo geopolítico, calculado como la diferencia entre el incremento de inversión en capital (delta CAPEX) y el ahorro en OPEX entre escenarios con y sin soberanía energética (SE), es positivo en todos los escenarios analizados. Esto indica que las restricciones sobre la potencia firme de las diferentes tecnologías generan un impacto negativo sobre la eficiencia económica del sistema. Además, el costo geopolítico es mayor en escenarios con interconexión en comparación con aquellos sin interconexión, lo que refleja la complejidad adicional de integrar energéticamente a la región. No obstante, los beneficios económicos y ambientales de la interconexión superan con creces estos costos, ya que el ahorro económico neto siempre es mayor que el costo geopolítico en todos los escenarios evaluados.

La Tabla 1 evidencia cómo las interconexiones energéticas, a pesar de su complejidad geopolítica, son una estrategia efectiva para mejorar la sostenibilidad ambiental y económica de la región. Los resultados destacan la importancia de considerar la variabilidad hídrica en el diseño de políticas energéticas y en la planificación de interconexiones regionales, garantizando que las decisiones tomadas maximicen los beneficios colectivos frente a los retos del cambio climático y el crecimiento de la demanda energética. Esto refuerza la importancia de las estrategias de integración energética para garantizar la resiliencia climática en América Latina.

Los resultados de este análisis muestran una sólida consistencia con estudios previos publicados en revistas de alto impacto. Por ejemplo, Kober *et al.* (2016) proyectan inversiones acumuladas de **100 a 120 mil millones de dólares hacia 2050** en escenarios climáticos ambiciosos, como "*High CO₂ price*" y "*450 concentration*," lo cual es coherente con las inversiones óptimas reflejados en este

modelo para 2045, que oscilan entre **96 y 111 mil millones de dólares** según las condiciones hídricas.

La Tabla 1 destaca la variación de emisiones de CO₂ (MtCO₂) en distintos escenarios de disponibilidad hídrica (Alto, Medio y Bajo) para las regiones Andina y del Cono Sur, con y sin inversiones en infraestructura de transmisión, considerando los años 2035 y 2045.

En 2035, los escenarios sin integración eléctrica presentan mayores niveles de emisiones, alcanzando hasta **97,3 MtCO₂** en escenarios de baja disponibilidad hídrica (Andina-B, Cono Sur-B), mientras que en escenarios de alta disponibilidad hídrica (Andina-A, Cono Sur-A), las emisiones disminuyen a **85,6 MtCO₂** debido a la mayor generación hidroeléctrica. En contraste, con inversiones en transmisión, las emisiones se reducen significativamente, reportándose solo **27,1 MtCO₂** en el escenario de baja disponibilidad hídrica (Andina-B, Cono Sur-B), lo que refleja el impacto positivo de la infraestructura de transmisión en la mitigación de emisiones.

En 2045, la tendencia se mantiene, aunque las emisiones absolutas aumentan debido al crecimiento proyectado de la demanda energética. Los escenarios sin integración alcanzan emisiones de hasta **323,9 MtCO₂** en baja disponibilidad hídrica, mientras que, con interconexiones, las emisiones en el mismo escenario caen a **98,9 MtCO₂**, destacando nuevamente el papel de la infraestructura de transmisión en la reducción de emisiones.

Los resultados del modelo para el año 2045 son consistentes con estudios publicados en revistas de alto impacto como los de Kober *et al.* (2016) y Da Silva *et al.*

(2021). El modelo propuesto en este trabajo estima un potencial incremento de emisiones debido a la carencia de integración energética es de entre **42-99 MtCO₂**, comparable con las reducciones anuales hasta valores de **83 MtCO₂** proyectadas por Kober (2016) al año 2050 en escenarios climáticos ambiciosos como **"450 concentration"**.

En este análisis, comparamos nuestros resultados con los escenarios NPS y SGS⁸ presentados en el estudio de De Oliveira-De Jesus *et al.* (2020). El escenario NPS proyecta emisiones totales de **447 MtCO₂**⁹ en 2040 considerando las políticas actuales, que incluyen una alta dependencia de combustibles fósiles. Al descontar las emisiones de carbón, las emisiones ajustadas en NPS son de **327 MtCO₂**, mientras que nuestro modelo sin integración energética para 2045 proyecta un valor entre **174 – 324 MtCO₂**. Esto resalta el impacto positivo de la optimización de energías renovables en nuestro modelo, incluso sin integración regional.

Por otro lado, al comparar el escenario con integración energética de nuestro modelo con el escenario SGS de De Oliveira-De Jesus *et al.*, encontramos que el SGS proyecta **106 MtCO₂** en 2040, mientras que nuestro modelo con integración alcanza un valor entre **42 – 99 MtCO₂** en 2045. Esta diferencia destaca que nuestro enfoque, basado en una capacidad óptima de energías renovables y una infraestructura de interconexión estratégica, logra una descarbonización más profunda que la planteada en el escenario SGS. Aunque De Oliveira-De Jesus *et al.* utilizan un modelo *bottom-up* y el presente modelo es *top-down*, los resultados muestran un alto grado de alineación, reforzando la importancia de la integración energética para reducir emisiones en América Latina. Esta comparación subraya

⁸ Los escenarios NPS (New Policies Scenario) y SGS (Sustainable Growth Scenario) representan trayectorias contrastantes para el sector eléctrico en América Latina. El NPS refleja un enfoque conservador basado en políticas energéticas actuales, con una transición limitada hacia renovables y una alta dependencia de combustibles fósiles, lo que resulta en una descarbonización lenta y parcial. Por el contrario, el SGS describe un escenario más ambicioso, alineado con metas internacionales de sostenibilidad, que prioriza la integración energética regional, elimina gradualmente el carbón y acelera la incorporación de fuentes renovables. La diferencia clave entre ambos radica en el alcance de las políticas climáticas y el rol de la cooperación regional, siendo el SGS un modelo más transformador hacia la descarbonización completa del sector eléctrico.

⁹ En el análisis comparativo, las emisiones de los escenarios NPS y SGS de De Oliveira-De Jesus *et al.* (2020) se ajustaron descontando las emisiones de las centrales de carbón, ya que nuestro modelo asume que estas están apagadas. Esto permite una comparación más consistente, enfocándose en emisiones de otras fuentes como gas natural y petróleo, y reflejando con mayor precisión el impacto de las estrategias de integración energética y renovables en nuestro modelo.

cómo incluso diferentes enfoques metodológicos pueden converger en conclusiones similares sobre la efectividad de las estrategias climáticas regionales.

El mapa de calor (Fig. 1) ilustra las emisiones de CO₂ evitadas bajo diferentes escenarios de disponibilidad hídrica en las regiones Andina y del Cono Sur, para los años 2035 y 2045. En general, se observa que las emisiones evitadas aumentan significativamente en 2045 en comparación con 2035, reflejando el impacto acumulativo de la integración energética y la transición hacia energías renovables. Los escenarios con baja disponibilidad hídrica ("B") presentan los mayores valores de emisiones no evitadas (si no se concreta la integración), alcanzando hasta **200,29 MtCO₂** en el Cono Sur en 2045, lo que subraya la importancia de estrategias de cooperación energética, especialmente, en contextos de estrés hídrico.

Regionalmente, el Cono Sur muestra un mayor potencial de emisiones evitadas en comparación con la re-

gión Andina, especialmente en escenarios extremos. Esto se atribuye a una mayor dependencia inicial del Cono Sur en tecnologías térmicas, que amplifica los beneficios de la transición hacia energías renovables. Por otro lado, la región Andina presenta una mitigación más consistente entre los diferentes escenarios, destacando el rol de su infraestructura hidroeléctrica existente como base renovable.

La comparación temporal destaca un aumento significativo de emisiones no evitadas entre 2035 y 2045, indicando el efecto progresivo de la integración energética y las inversiones en renovables. Los resultados resaltan cómo las interconexiones y la planificación estratégica pueden maximizar la descarbonización del sector eléctrico en América Latina, especialmente en regiones con alta variabilidad hídrica.

			Región Cono Sur					
			2035			2045		
			ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO
Región Andina	SIN INTEGRACIÓN	ALTO	85,6	84,6	93,4	174,4	172,9	183,5
		MEDIO	86,0	84,6	93,6	188,3	217,9	249,3
		BAJO	89,7	88,3	97,3	247,4	277,0	323,9
	CON INTEGRACIÓN	ALTO	30,9	33,4	27,8	49,4	42,7	40,7
		MEDIO	32,3	29,9	28,8	43,9	42,2	54,3
		BAJO	28,0	28,1	27,1	47,2	66,0	98,9

Tabla 1: Emisiones absolutas de carbono (MtCO₂), para los años 2035 y 2045.

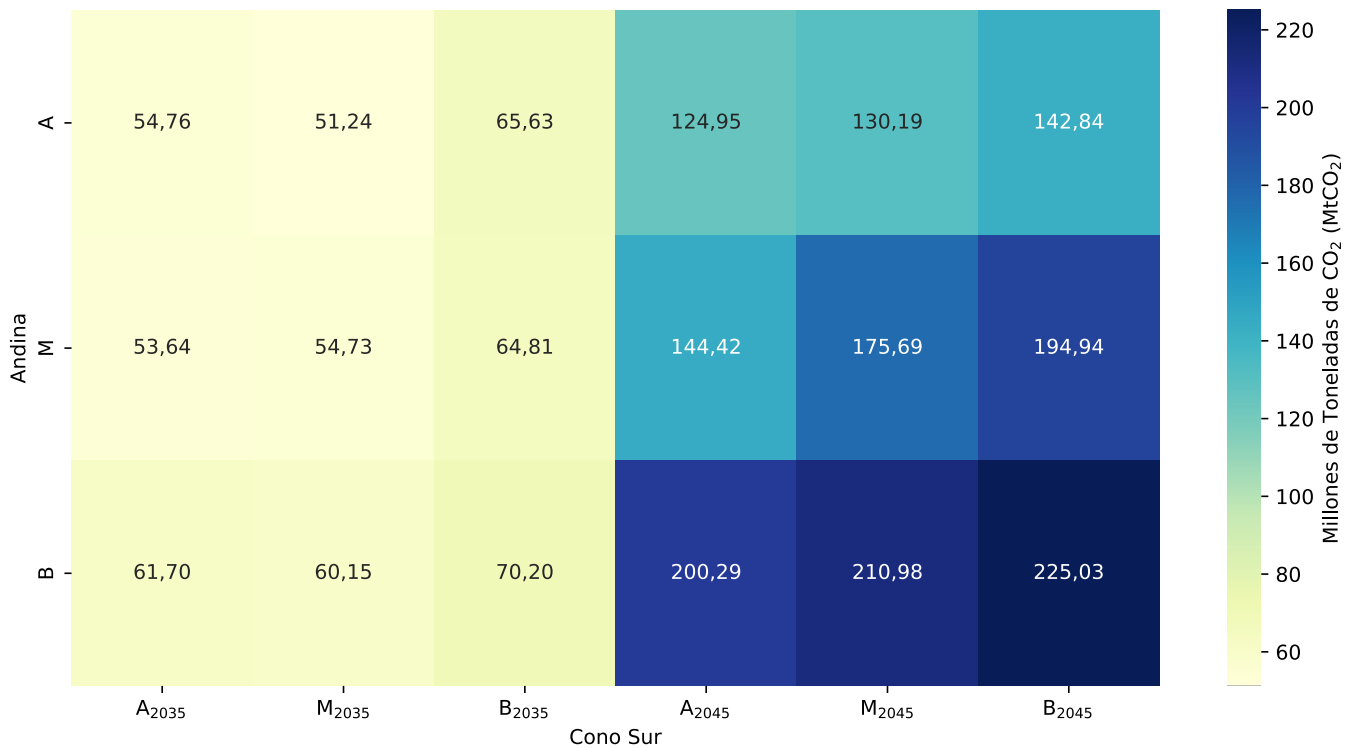


Figura 1: Mapa de Calor de Emisiones no evitadas (MtCO₂).

La Tabla 2 muestra que los costos totales asociados a la operación e inversión (transmisión, generación, y almacenamiento) son consistentemente mayores en escenarios sin transmisión energética, reflejando la ineficiencia de operar sin intercambio entre regiones. En 2045, los costos sin transmisión oscilan entre **125,8 USD Mil Millones** (alta disponibilidad hídrica) y **162 USD Mil Millones** (baja disponibilidad hídrica) en el Cono Sur, mientras que con integración los costos disminuyen a un rango de **105,9 USD Mil Millones a 130,1 USD Mil Millones**, evidenciando un ahorro significativo gracias a la integración energética.

La disponibilidad hídrica tiene un impacto crucial en los costos: los escenarios con alta disponibilidad hídrica presentan los costos más bajos debido a la mayor

participación de hidroeléctricas, mientras que en escenarios de baja disponibilidad los costos aumentan significativamente debido a la mayor dependencia de tecnologías térmicas y renovables más costosas. Este efecto se magnifica en el Cono Sur, donde la variabilidad hídrica afecta más los costos totales.

Finalmente, los costos totales son mayores en 2045 que en 2035 debido al incremento proyectado en la demanda energética. La integración energética demuestra ser una herramienta clave para mitigar estos aumentos de costos, especialmente en escenarios de estrés hídrico, resaltando la importancia de políticas de cooperación regional para optimizar la inversión y garantizar una transición energética más eficiente en América Latina.

			Región Cono Sur					
			2035			2045		
			ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO
Región Andina	SIN INTEGRACIÓN	ALTO	67,7	70,4	74,3	125,8	128,5	132,7
		MEDIO	70,8	74,3	79,0	130,1	137,7	144,8
		BAJO	75,1	79,7	85,4	140,3	148,1	162,0
	CON INTEGRACIÓN	ALTO	56,5	58,7	61,9	105,9	108,7	113,7
		MEDIO	60,3	63,9	67,3	110,5	115,0	120,2
		BAJO	65,4	69,7	73,9	118,7	124,0	130,1

Tabla 2: Resumen de costos totales de operación e inversión [USD Mil Millones], para los años 2035 y 2045.

El mapa de calor muestra, en la Figura. 2, el ahorro económico neto en millones de dólares (USD) bajo distintos escenarios de disponibilidad hídrica (Alta, Media y Baja) para las regiones Andina y del Cono Sur, proyectados a los años 2035 y 2045. En general, los ahorros son mayores en 2045, con valores que alcanzan hasta **31,87 USD Mil Millones** en escenarios de baja disponibilidad hídrica en el Cono Sur, reflejando los beneficios acumulativos de la integración energética y las inversiones en renovables. En 2035, los ahorros, aunque menores, variando entre **9,68 y 12,44 USD Mil Millones**, representan una importante pérdida si la integración no es ejecutada en una fase temprana de implementación de infraestructura y estrategias energéticas integradas.

Los escenarios de baja disponibilidad hídrica muestran consistentemente mayores ahorros económicos netos, lo que subraya la importancia de la integración energética para mitigar los costos asociados a la generación en condiciones de estrés hídrico. En el Cono Sur, por ejemplo, la región experimenta los mayores beneficios debido a su alta dependencia inicial de tecnologías térmicas, mientras que la región Andina muestra una menor variabilidad en los ahorros, gracias a su alta participación hidroeléctrica. Esto evidencia cómo la integración energética regional no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también proporciona resiliencia económica frente a la variabilidad climática.

Para analizar la consistencia de los valores resultantes estos resultados son comparados con los presentados por Barbosa *et al.* (2017). El modelo aquí presentado estima que las pérdidas estimadas oscilan entre **9,68 y 13,44 USD Mil Millones** según las condiciones hidrológicas, mientras que el estudio de Barbosa *et al.* proyecta un ahorro total de **10,88 USD Mil Millones**¹⁰ al integrar energías renovables en América Latina. Estos resultados son notablemente consistentes, destacando que ambos mo-

delos convergen en la conclusión de que la cooperación regional y la optimización de recursos renovables generan importantes beneficios económicos. Las diferencias mínimas en los valores pueden explicarse por las metodologías utilizadas: nuestro modelo integra escenarios hídrico-específicos, mientras que Barbosa *et al.* emplea un enfoque más generalizado a nivel continental. Esto refuerza la validez de nuestras proyecciones y su aplicabilidad en el diseño de políticas energéticas.

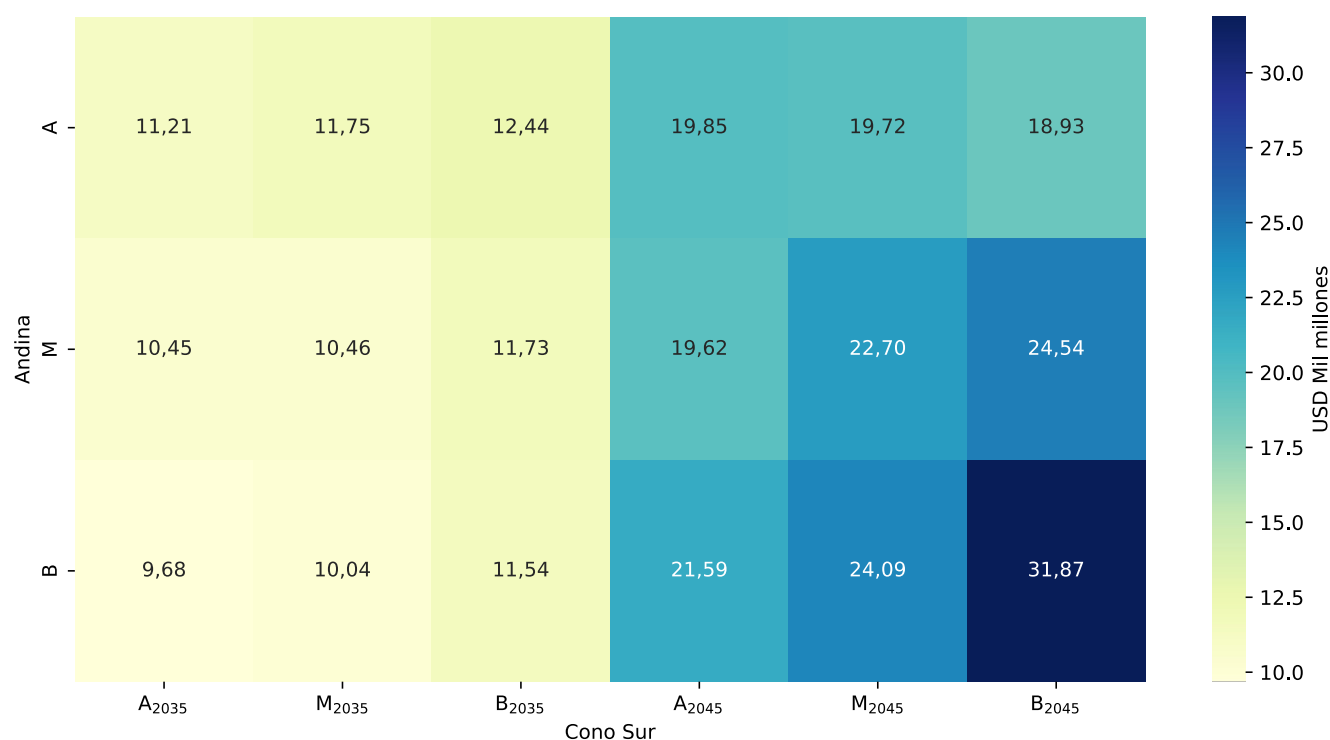


Figura 2: Pérdida Económica Neta (USD Mil millones).

La Figura 3 presenta el mapa de calor de las inversiones totales en infraestructura energética de transmisión, generación, y almacenamiento, sin soberanía energética bajo diferentes escenarios de disponibilidad hídrica para los años 2035 y 2045. Los resultados muestran una tendencia clara: a mayor disponibilidad de recurso hídrico, las inversiones necesarias disminuyen debido a que la ge-

neración hidroeléctrica cubre una mayor proporción de la demanda, reduciendo la necesidad de infraestructura de respaldo. Por el contrario, en escenarios de baja disponibilidad hídrica, el nivel de inversión aumenta significativamente, ya que el sistema requiere mayor dependencia de tecnologías alternativas, incluyendo renovables no hídricas y sistemas de almacenamiento.

¹⁰ Equivalente a una disminución de 6 €/MWh del LCOE y una demanda energética de 1813 TWh (2030).

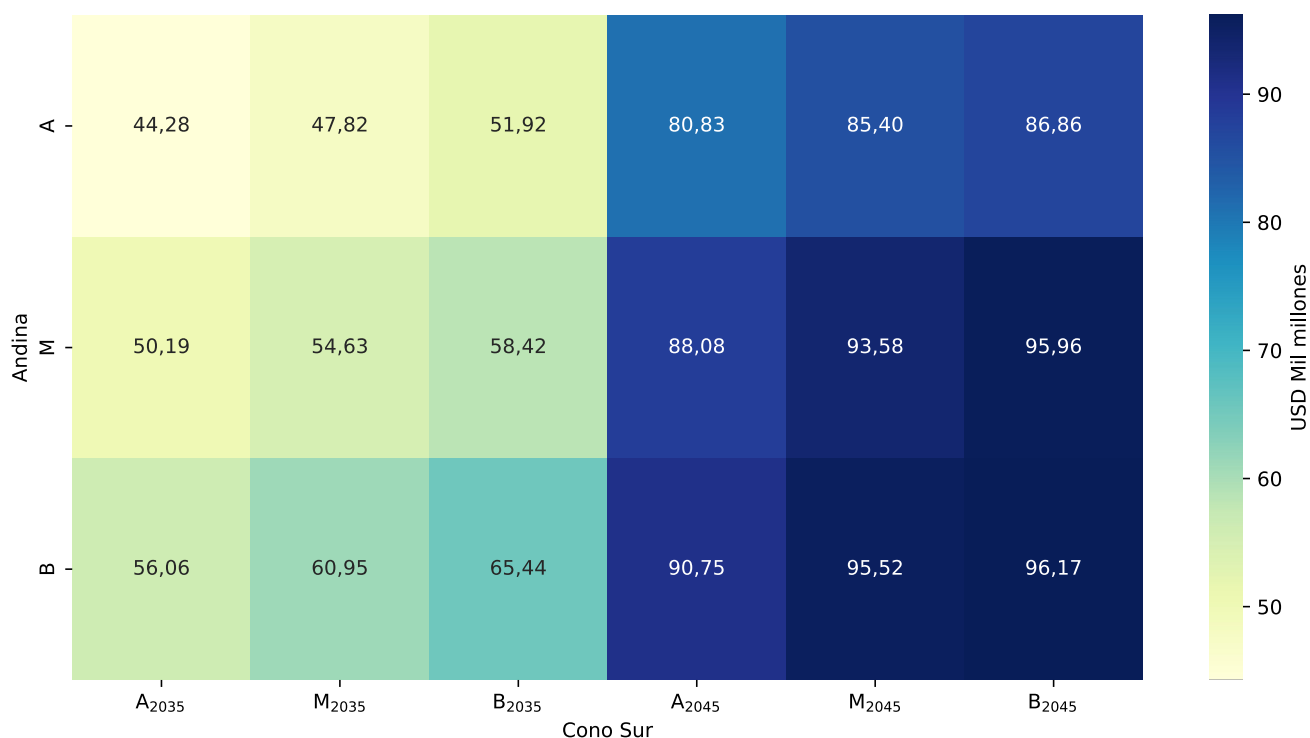


Figura 3: Inversión total en infraestructura de transmisión, generación, y almacenamiento (USD Mil millones) sin soberanía energética.

En 2035, las inversiones oscilan entre **44,28 USD mil millones** (Andina A, Cono Sur A) y **65,44 USD mil millones** (Andina B, Cono Sur B), reflejando un rango de necesidades de inversión relativamente moderadas debido a una demanda más contenida. Para 2045, estas inversiones aumentan sustancialmente, variando entre **95,93 USD mil millones** (Andina A, Cono Sur A) y **96,17 USD mil millones** (Andina B, Cono Sur B), como resultado de un incremento proyectado del 30% en la demanda energética. Este aumento de demanda impulsa la necesidad de mayores inversiones en generación, almacenamiento y transmisión para satisfacer las nuevas necesidades.

En resumen, la Figura 3 destaca cómo la variabilidad hídrica y el crecimiento de la demanda determinan los niveles de inversión necesarios, subrayando la importancia de optimizar la planificación energética regional para

minimizar costos y maximizar la eficiencia, especialmente en escenarios de estrés hídrico.

Los resultados de nuestro modelo muestran una consistencia notable con los escenarios del modelo de Kober *et al.* (2016) en el marco del escenario de reducción de emisiones del 50% (50% Abatement). Este escenario proyecta una transición significativa hacia tecnologías de bajas emisiones, como renovables (solar, eólica), para lograr una reducción del 50% en las emisiones de CO₂ del sector energético para 2050, en comparación con niveles base. En el caso de 2035, las inversiones proyectadas en nuestro modelo oscilan entre **45 mil millones USD** y **65 mil millones USD**, lo que se alinea con los intervalos estimados en Kober, que varían entre **40 mil millones USD** (GCAM) y **75 mil millones USD** (TIAM-WORLD). Para 2045, las inversiones en nuestro modelo aumentan significativa-



Figura 4: Interconexión existente al 2025.

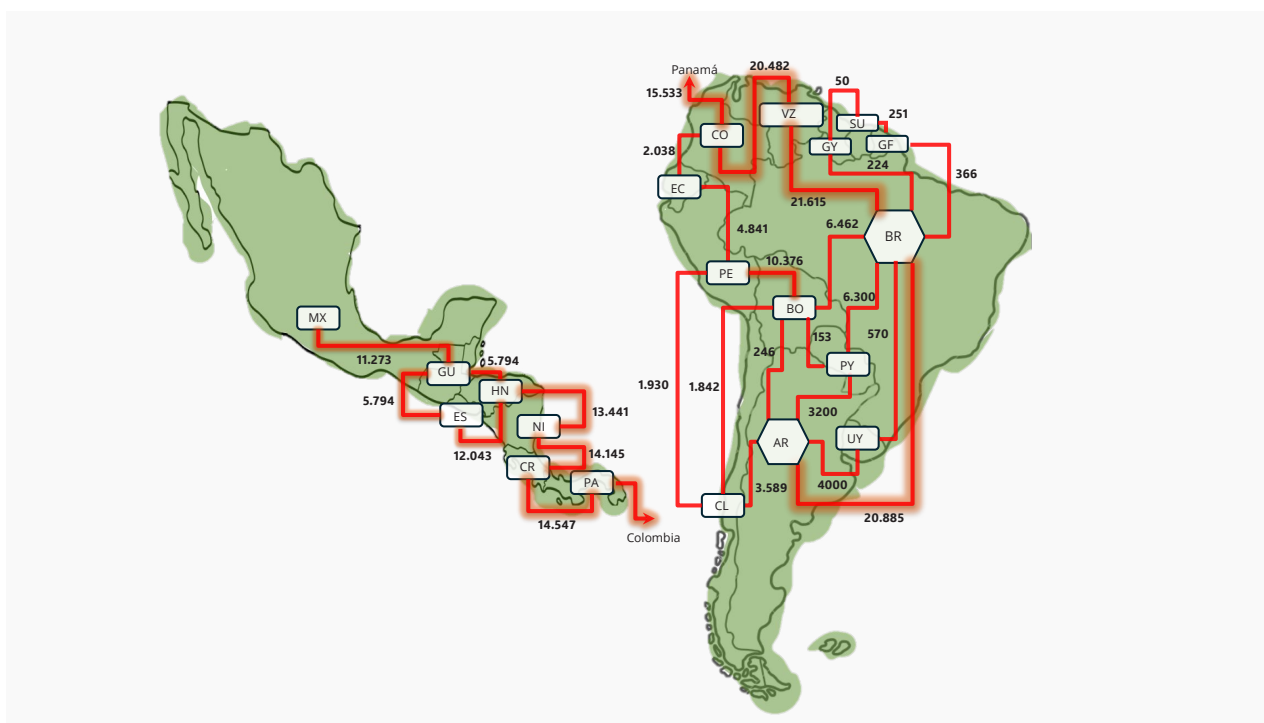


Figura 5: Inversión en interconexión al 2035 sin soberanía energética.

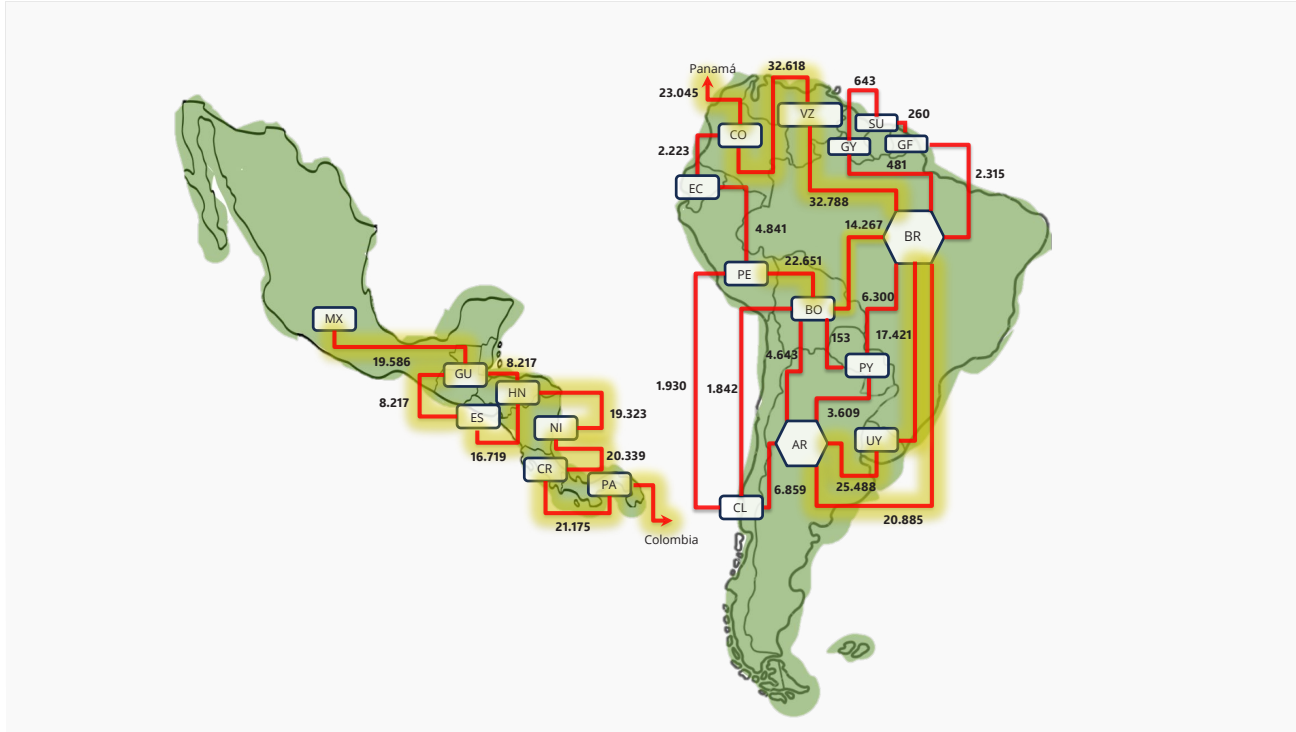


Figura 6: Inversión en interconexión al 2045 sin soberanía energética.

mente, situándose entre **80,83 mil millones USD** y **90,75 mil millones USD**, lo que coincide estrechamente con los valores superiores de Kober, representados por los modelos TIAM-ECN (**85 mil millones USD**) y TIAM-WORLD (**100 mil millones USD**). Esta consistencia destaca cómo ambos enfoques proyectan un incremento progresivo en las inversiones necesarias para mitigar las emisiones de CO₂, reflejando la importancia de integrar renovables y expandir la infraestructura energética en escenarios de reducción de carbono.

Asimismo, comparativamente con las inversiones proyectadas en nuestro modelo, las estimadas específicamente para energía renovable en el reporte de la IEA (2024) se sitúan en valores de alrededor de **60 mil millones USD** en 2035 y **85 mil millones USD** en 2045. Esta consistencia bastante precisa entre ambos análisis refuerza la validez de las proyecciones realizadas en nuestro modelo, subrayando la convergencia en el orden de magnitud

de las inversiones requeridas para impulsar la transición energética en la región. Ambas estimaciones destacan la importancia de las energías limpias como eje central de las estrategias de mitigación y la necesidad de expandir la capacidad renovable para satisfacer la creciente demanda energética.

Adicionalmente, la Figura 4, Figura 5, y Figura 6, detallan las interconexiones existentes para el año 2025, y las nuevas interconexiones y expansiones de capacidad en transmisión para los años 2035 y 2045, respectivamente, para el caso sin soberanía energética.

Entre 2025 y 2045, la capacidad de interconexión eléctrica en América Latina experimenta un crecimiento exponencial, pasando de enlaces limitados con capacidades generalmente inferiores a 4.000 MW en 2025, a redes significativamente más robustas en 2035, donde muchas conexiones superan los 15.000 MW —como los casos de

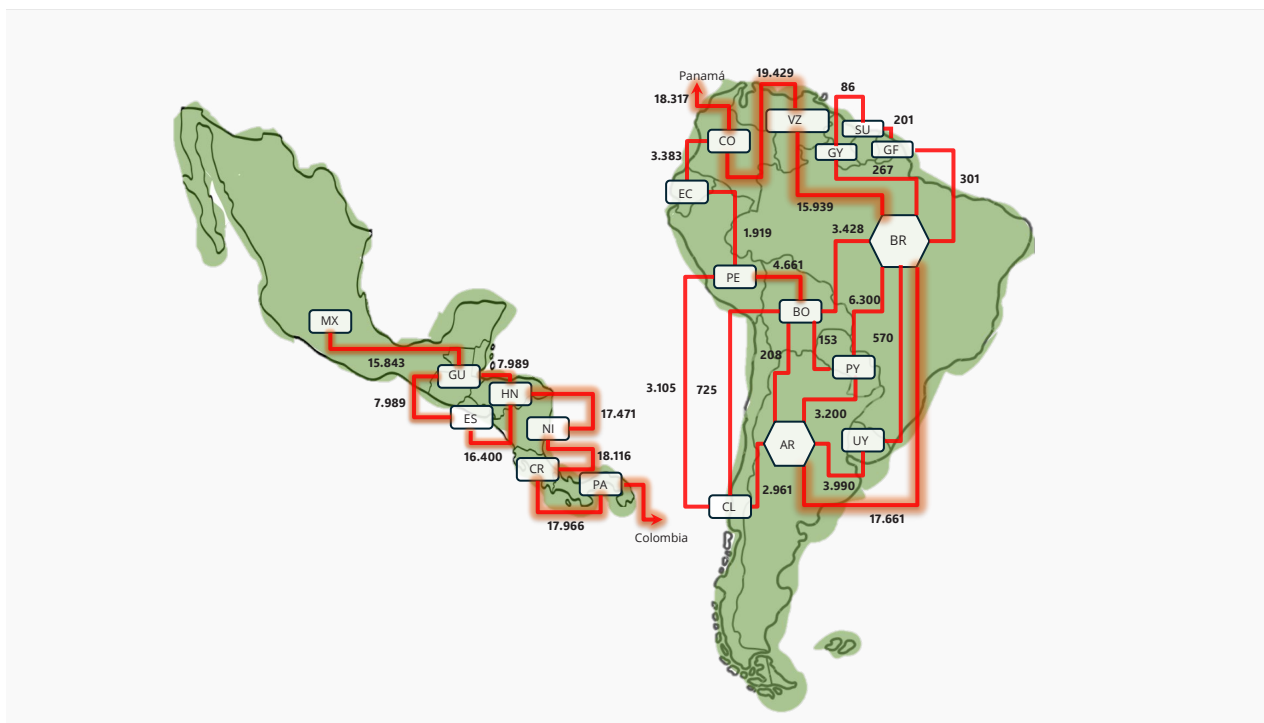


Figura 7: Inversión en interconexión al 2035 con soberanía energética.

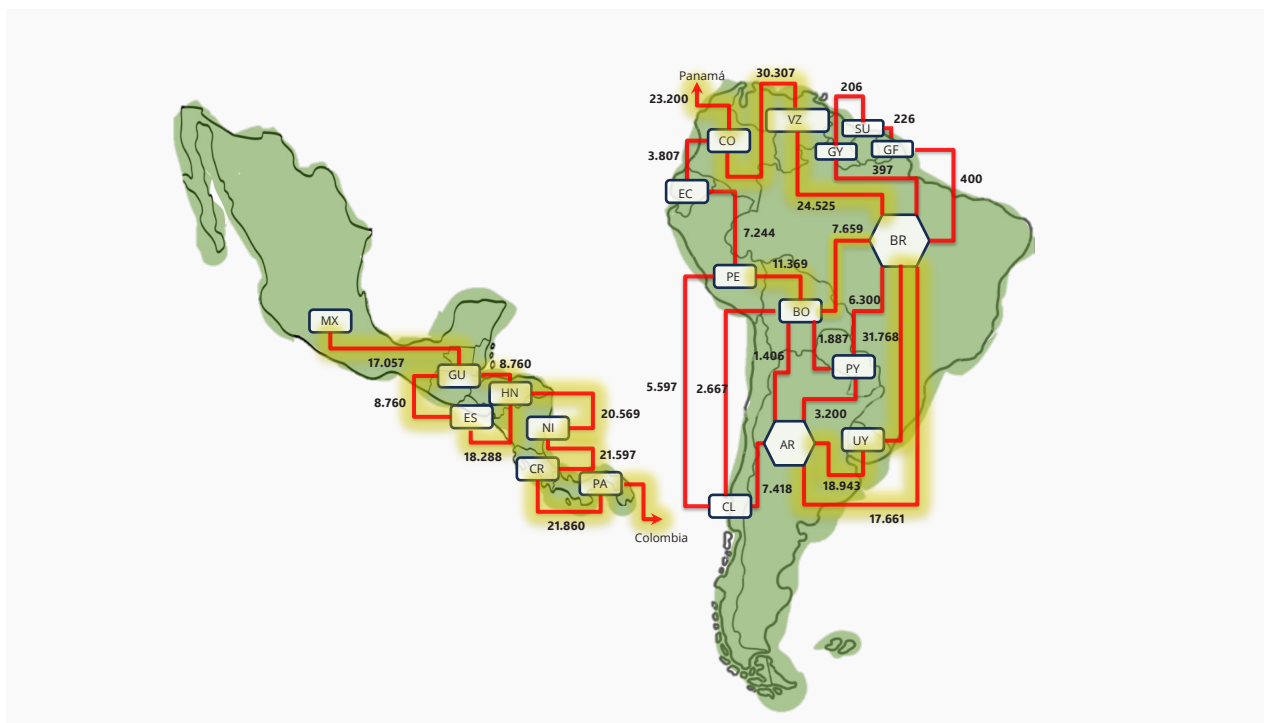


Figura 8: Inversión en interconexión al 2045 con soberanía energética.

Colombia-Panamá (15.533 MW) y Venezuela-Colombia (20.482 MW)— y consolidándose en 2045 con enlaces que alcanzan y superan los 30.000 MW, destacando por ejemplo Colombia- Venezuela (32.618 MW) y Venezuela-Brasil (36.788 MW). Este aumento refleja una transición de una red predominantemente bilateral y fragmentada hacia una malla interconectada, resiliente y estratégicamente diseñada para facilitar el intercambio regional de energías renovables, mejorar la seguridad energética y reducir el costo geopolítico de la soberanía energética. Adicionalmente, es importante mencionar que los costos de inversión de interconexión para el año 2035 son de aproximadamente 6.51 mil millones USD; mientras que para el año 2045, aumentan en 2 mil millones USD.

Por otro lado, las figuras 7 y 8 muestran detallan las interconexiones existentes para el año 2025, y las nuevas interconexiones y expansiones de capacidad en transmisión para los años 2035 y 2045, respectivamente, para el caso con soberanía energética.

Entre 2025 y 2045, la capacidad de interconexión eléctrica en América Latina experimenta un crecimiento exponencial, pasando de enlaces limitados con capacidades generalmente inferiores a 4.000 MW en 2025, a redes significativamente más robustas en 2035, donde muchas conexiones superan los 15.000 MW —como los casos de Colombia-Panamá (18.317 MW) y Venezuela-Colombia (19.429 MW)— y consolidándose en 2045 con enlaces que alcanzan y superan los 30.000 MW, destacando por ejemplo Colombia- Venezuela (30.307 MW) y Uruguay-Brasil (31.768 MW). Este aumento refleja una transición de una red predominantemente bilateral y fragmentada hacia una malla interconectada, resiliente y estratégicamente diseñada para facilitar el intercambio regional de energías renovables, mejorar la seguridad energética y reducir el costo geopolítico de la soberanía energética. Adicionalmente, es importante mencionar que los costos de inversión de interconexión para el año 2035 son de aproximadamente 6.24 mil millones USD; mientras que para el año 2045, aumentan en 3 mil millones USD. ♦

La corriente de políticas: la política que hace las políticas

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la
integración bajo el
enfoque de corrientes
múltiples

“Las políticas públicas no son simplemente objetos de elección para un planificador social que intenta maximizar el bienestar de la población. Más bien, las políticas públicas emergen de un proceso de toma de decisiones que involucra a una multiplicidad de actores políticos que interactúan en una variedad de arenas”

- (Spiller, Stein & Tommasi, 2008, p. 1)

Una característica distintiva del enfoque de Kingdon en el estudio de las políticas públicas es su consideración de la política como un componente esencial del proceso de formulación de políticas (Kingdon, 2011). Este enfoque subraya la importancia de las dinámicas políticas para explicar los cambios en las políticas, como las transiciones energéticas. En este contexto, la corriente política se compone de tres elementos principales: el estado de ánimo nacional (en nuestro caso regional), las fuerzas políticas organizadas y los situaciones dentro de los Estados.

El estado de ánimo nacional (regional), según Kingdon, no debe entenderse como una “opinión pública” basada en encuestas objetivas, sino como las percepciones de los políticos. Estas percepciones se construyen a partir de las impresiones que recogen de los medios sobre el “espíritu de la época” (Kingdon, 2011, p. 149). Así, el factor más importante son las percepciones de los “políticos clave”, ya que estas influyen significativamente en el proceso político de toma de decisiones (Kingdon, 2011, p. 147).

El segundo elemento son las fuerzas políticas organizadas o grupos de interés, que Kingdon describe como actores fuera de la toma de decisiones, aunque admite que la distinción entre fuerzas dentro y fuera de los tomadores de decisiones no siempre es clara (Kingdon, 2011, pp. 45, 150). Su principal función, según Kingdon, es bloquear iniciativas que puedan amenazar sus intereses (Kingdon, 2011, p. 50).

El tercer elemento lo constituyen los participantes gubernamentales, que tienen la autoridad legal para tomar decisiones finales sobre las propuestas de políticas. Las situaciones dentro del Estado, como cambios en el Ejecutivo o el Legislativo, o los conflictos por jurisdicción (que Kingdon describe como “batallas internas”), suelen alterar las prioridades políticas (Kingdon, 2011, pp. 157-158). Estas dinámicas internas pueden provocar estancamientos en el proceso de formulación de políticas.

Por último, Kingdon señala que el consenso en el ámbito político no se logra de manera idealista, como en las comunidades de políticas, sino a través de la negociación entre los actores dentro y fuera del proceso de toma de decisiones. Este proceso refleja la naturaleza conflictiva de la política y su impacto en la formulación de políticas públicas.

En la Figura 9 se muestra el mapa de los costos geopolíticos en ausencia de inversiones en transmisión. Tanto para los años 2035 como 2045, se observa la tendencia de que, a mayor disponibilidad de recurso hídrico, mayor es el costo geopolítico. Esto ocurre porque un alto recurso hídrico reduce las necesidades de instalaciones adicionales de respaldo, específicamente de renovables, evitando de esta forma que se instalen unidades con mayor capacidad de potencia firme que el recurso hídrico existente. Por el contrario, se observa que, a menor disponibilidad de recurso hídrico, menor es el costo

geopolítico. Esto ocurre porque el sistema debe instalar un mayor número de unidades renovables para satisfacer la demanda. Sin embargo, instalará las que aportan una mayor cantidad de potencia firme, generándose mayores oportunidades para optimizar el sistema. Finalmente, se observa que el costo geopolítico para el año 2035 fluctúa entre **1,14 USD mil millones** (Andina B, Cono Sur B) y **3,9 USD mil millones** (Andina A, Cono Sur A), mientras que para el año 2045 entre **2,98 USD mil millones** (Andina B, Cono Sur B) y **5,06 USD mil millones** (Andina B, Cono Sur B). Los mayores niveles de costo geopolítico del año 2045 en comparación al año 2035, se deben netamente a las diferencias de demanda. En el año 2045, la demanda aumenta aproximadamente un 30% con respecto al 2035, lo que entrega mayor oportunidad para optimizar el sistema a través de inversiones estratégicas.

Diego Sanjurjo (2020) ofrece una perspectiva variada para analizar la corriente política en el contexto de la integración eléctrica en América Latina, según el enfoque del Multiple Streams Approach (MSA). Este trabajo destaca características distintivas de la política en la re-

gión, como democracias delegativas, estados débiles y la influencia dominante de los grupos de interés sobre los ejecutivos, mientras señala la limitada capacidad de los partidos políticos y las legislaturas. Además, aborda el papel de las instituciones informales, incluida la corrupción, como factores que configuran la formación de políticas. Estas dinámicas políticas son cruciales para entender los desafíos en la alineación de las corrientes de problemas, políticas y política en el marco de la integración eléctrica, especialmente al considerar cómo los intereses divergentes y las estructuras institucionales pueden limitar o facilitar la cooperación regional para lograr sistemas energéticos más integrados y sostenibles.

Por su parte, Mares y Martin (2012) proporcionan un marco ideal para analizar la corriente política en el contexto de la integración energética en América Latina, según el enfoque del Multiple Streams Approach (MSA). Los autores destacan cómo las dinámicas políticas, incluidas las percepciones de los líderes, los intereses de grupos de presión y los eventos gubernamentales, determinan el éxito o fracaso de las iniciativas de integración energética.

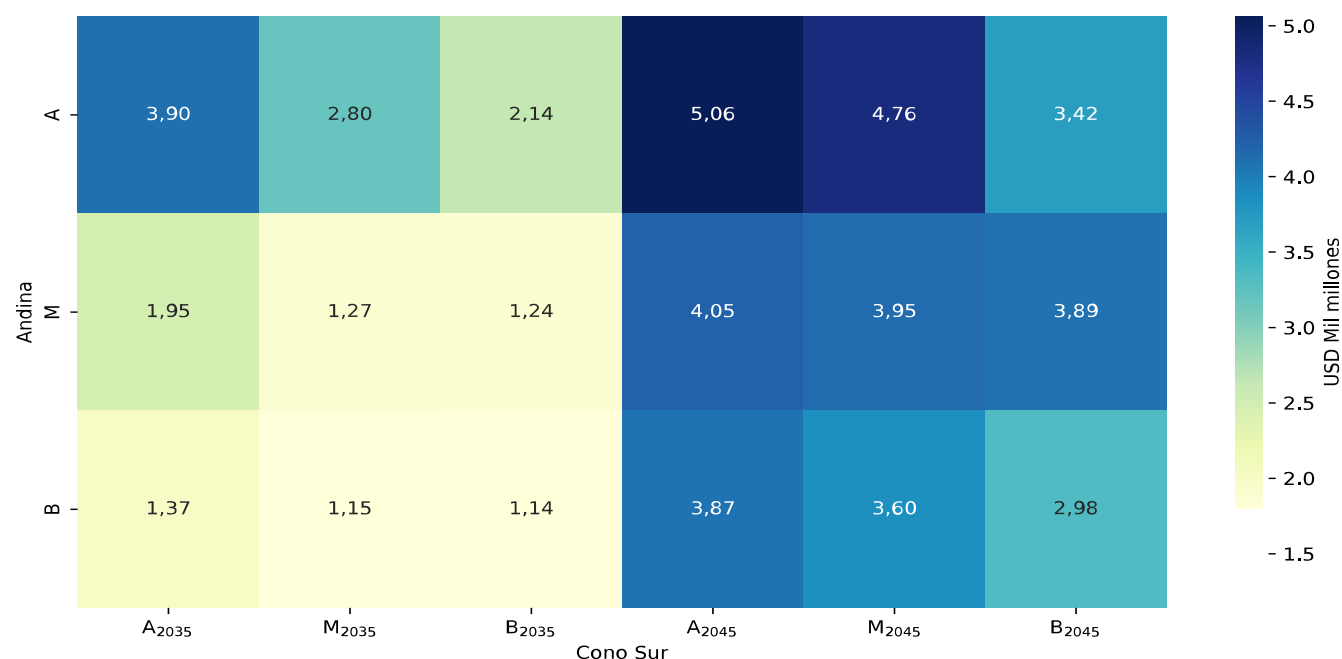


Figura 9: Mapa de Calor de Costo Geopolítico sin inversiones en transmisión.

Así, la desconfianza histórica entre países genera pérdidas económicas (costo geopolítico) significativas al mantener sistemas energéticos redundantes y limitar los beneficios de economías de escala. Estos costos, derivados de la falta de cooperación, pueden ser utilizados por actores como sectores industriales y consumidores para abogar por la integración, subrayando los beneficios económicos y ambientales netos de un sistema energético regional integrado.

Por otro lado, en este marco es necesario identificar barreras derivadas de la percepción de riesgos al confiar en sistemas compartidos, como la pérdida de soberanía energética o vulnerabilidades estratégicas, lo que complica la construcción de consenso. Según el MSA, la superación de estas tensiones requiere negociaciones estratégicas que alineen incentivos económicos y políticos, reduciendo los costos geopolíticos asociados a la desconfianza y estableciendo acuerdos que minimicen los riesgos percibidos. Este enfoque resalta la importancia de actores clave como *policy entrepreneurs* que movilicen las corrientes para abrir ventanas de oportunidad hacia una integración energética sostenible y eficiente.

Nuestro trabajo realiza una estimación integral del **Costo Geopolítico de la Región** por no integrarse, un factor crítico para comprender las dinámicas políticas que influyen en la integración energética en América Latina. Este análisis identifica, por un lado, a los países que sufrirán las mayores pérdidas económicas al no confiar en la integración, enfrentando sistemas energéticos redundantes y costos operativos elevados. Este análisis servirá para identificar a los potenciales *policy entrepreneurs*.

Al mismo tiempo, son identificados los países más expuestos a riesgos significativos si confían en un sistema integrado que eventualmente no se materialice, como aquellos con menor resiliencia ante interrupciones o incumplimientos en acuerdos de suministro transfronterizo. Al revelar estas tensiones y posibles desequilibrios, nuestro modelo se convierte en una herramienta estratégica para iluminar las negociaciones políticas y construir marcos de cooperación que mitiguen riesgos, fortalezcan la confianza regional y maximicen los beneficios comparados de una red energética verdaderamente integrada.



Cuadro Técnico 7: Formulación de Costos Geopolíticos y Pérdidas por Confiar/No Confiar

En el presente documento se describe la metodología de cálculo para cuantificar los costos geopolíticos y las pérdidas derivadas de “confiar” (es decir, depender de una mayor integración externa) o “no confiar” (mantener altos niveles de Soberanía Energética) en escenarios con y sin la restricción de SE. La formulación expone una comparación entre diferentes situaciones que reflejan las tensiones político-técnicas inherentes a la cooperación eléctrica regional.

Concepto	Fórmula General	Interpretación
Costo Geopolítico (CG)	$\Delta OPEX = OPEX_{SSE} - OPEX_{CSE}$ $\Delta CAPEX = CAPEX_{CSE} - CAPEX_{SSE}$ $CG = \Delta CAPEX - \Delta OPEX$ Donde: SSE :Sin restricción de Soberanía Energética CSE :Con restricción de Soberanía Energética	El CG refleja el impacto económico por restricciones de SE o de desconfianza, representando un “sobreprecio” al no aprovechar completamente las sinergias técnicas entre los países.
Pérdida Potencial por “Confiar” (PPC)	Déficit de Potencia (DP) [MW]: $DP_i = P_{CT,i}^{GX\&BESS} - P_{ST,i}^{GX\&BESS}$ Déficit de Energía (DE) [TWh]: $DE_i = (IMP_{CT} - IMP_{ST}) + (EXP_{ST} - EXP_{CT})$ Riesgo económico por confiar (PPC) [MUSD] $PPC_i = DE_i \cdot C_{oil} + CAPEX_{oil}^{GX}(DP) - (CAPEX_{ST,i}^{GX\&BESS} - CAPEX_{CT,i}^{GX\&BESS})$ Donde: CT = Con Sistema de Transmisión Regional Optimizado ST = Sin Sistema de Transmisión Regional Optimizado C_{oil} = Costo de Operación con fuente diesel, $CAPEX_{oil}^{GX}(DP)$ = Costo de inversión en centrales diesel de potencia equivalente al DP.	DP_i mide la diferencia en inversiones de generación/almacenamiento del país i. DE_i captura la variación en los flujos de electricidad entre escenarios con y sin transmisión regional optimizado. PPC_i cuantifica el costo adicional del país i de operar capacidad de respaldo térmico ante posibles déficits de energía debido a la dependencia de la red integrada. Nota: Todos estos cálculos son obtenidos sin considerar SE en LATAM.
Pérdida por “No Confiar” (PPNC)	Donde: $PPNC_i = (CAPEX_{CSE,i}^{GX\&BESS} - CAPEX_{SSE,i}^{GX\&BESS}) + (OPEX_{CSE,i} - OPEX_{SSE,i})$	$PPNC_i$ mide el costo de sobredimensionar la infraestructura del país al no depender de la integración regional. Nota: Todos estos cálculos son obtenidos sin considerar inversiones de transmisión en LATAM.

La formulación establece un marco de referencia para evaluar los costos asociados a la integración eléctrica regional. Los indicadores reflejan los costos operativos y de inversión vinculados a la cooperación energética. El análisis es útil para modelar escenarios energéticos y resalta la relevancia de los factores políticos y tecnológicos para lograr una cooperación efectiva en América Latina.

La Figura 10 presenta un mapa de calor que ilustra los costos geopolíticos con inversiones en transmisión, destacando patrones clave para los años 2035 y 2045. Contrario a las expectativas iniciales, los costos geopolíticos son más altos en escenarios con mayor disponibilidad de recurso hídrico, ya que este recurso disminuye la necesidad de instalar tecnologías de respaldo, como renovables con alta capacidad de potencia firme. Esto genera una dependencia de sistemas menos diversificados, lo que incrementa los costos asociados a la gestión geopolítica del sistema. Por el contrario, en escenarios de baja disponibilidad hídrica, aunque el sistema requiere mayores inversiones en renovables para suplir la demanda, estas inversiones diversifican y optimizan el sistema energético, resultando en menores costos geopolíticos.

Para el año 2035, los costos geopolíticos fluctúan entre **2,40 USD mil millones** (Andina B, Cono Sur B) y **4,13 USD mil millones** (Andina A, Cono Sur M). En 2045, los costos aumentan significativamente debido al crecimiento de la demanda energética, con valores que oscilan entre **4,55 USD mil millones** (Andina B, Cono Sur B) y **7,91 USD mil millones** (Andina A, Cono Sur A). Este incremento refleja la necesidad de reforzar la infraestructura de transmisión y generación para satisfacer una demanda aproximadamente 30% superior en 2045. La planificación estratégica y la integración energética regional son esenciales para mitigar estos costos y garantizar la estabilidad y resiliencia del sistema.

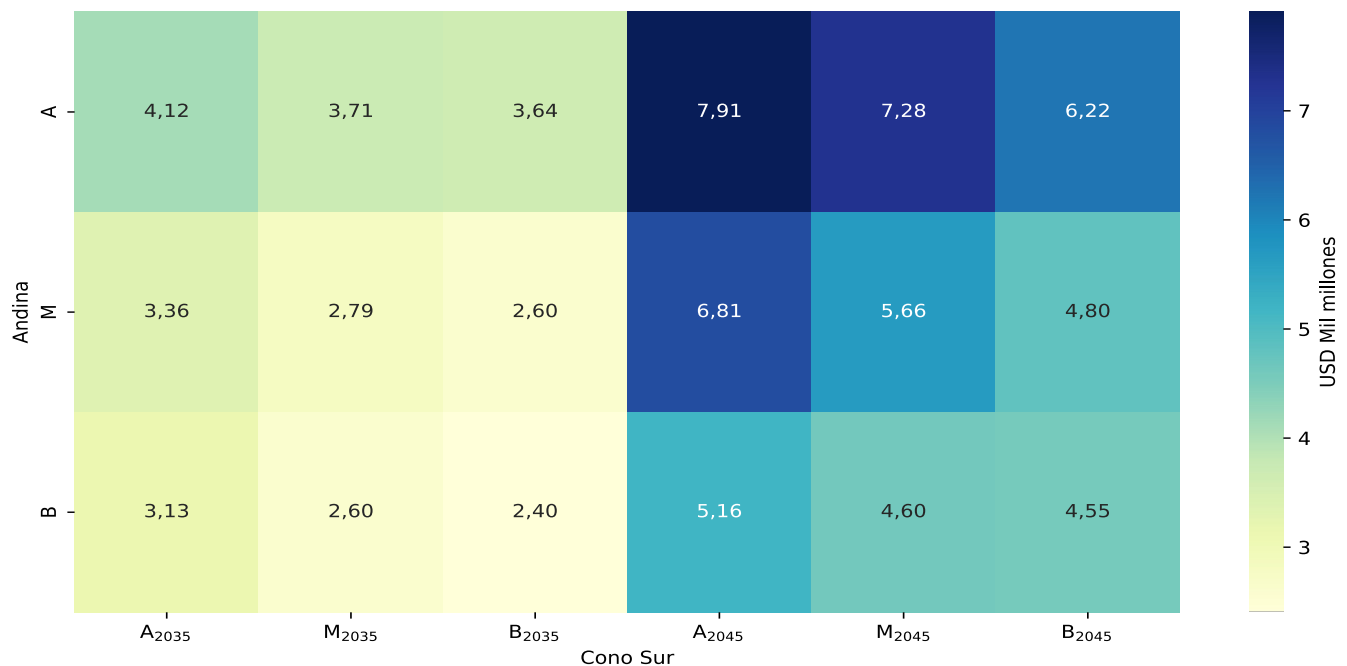


Figura 10: Mapa de Calor de Costo Geopolítico con inversiones en transmisión.

La Figura 11 presenta una serie de mapas de calor de América Latina que ilustran **las pérdidas económicas por confiar** en un sistema energético integrado al año 2045, bajo distintos escenarios de disponibilidad hídrica

en las regiones Andina y del Cono Sur. Los mapas están dispuestos en una matriz de 3x3, donde cada combinación refleja los niveles de disponibilidad hídrica: Alto (A), Medio (M) y Bajo (B) para ambas regiones. La escala de

colores varía desde amarillo claro (pérdidas económicas bajas o incluso negativas) hasta rojo oscuro (pérdidas económicas elevadas), con valores expresados en miles de millones de USD. Es importante señalar que las simulaciones se realizaron bajo un escenario sin restricciones de soberanía energética.

Los principales hallazgos revelan que **las pérdidas económicas por confiar** son más elevadas en los escenarios con baja disponibilidad hídrica (Andina B y Cono Sur B), reflejadas en los tonos rojo intenso, predominantes en países como **Bolivia y Uruguay**. En contraste, aunque los escenarios con alta disponibilidad hídrica (Andina A y Cono Sur A) presentan menores pérdidas, estas siguen siendo significativas, y **Bolivia y Uruguay** continúan sien-

do los más impactados. Esta dinámica pone de manifiesto una marcada aversión de estos países a delegar inversiones nacionales en un sistema regional más integrado, impulsada por la incertidumbre respecto a la estabilidad del suministro y los riesgos percibidos para su soberanía energética. Si bien esta postura puede proteger ciertos intereses nacionales, también podría llevarlos a dificultar el proceso de integración al priorizar sus propios planes nacionales. Afortunadamente, debido a la limitada extensión territorial y la menor contribución de estos países a la demanda energética total de la región, una potencial duplicación de esfuerzos e inversiones no tendría un impacto demasiado significativo en el contexto general de la integración regional.

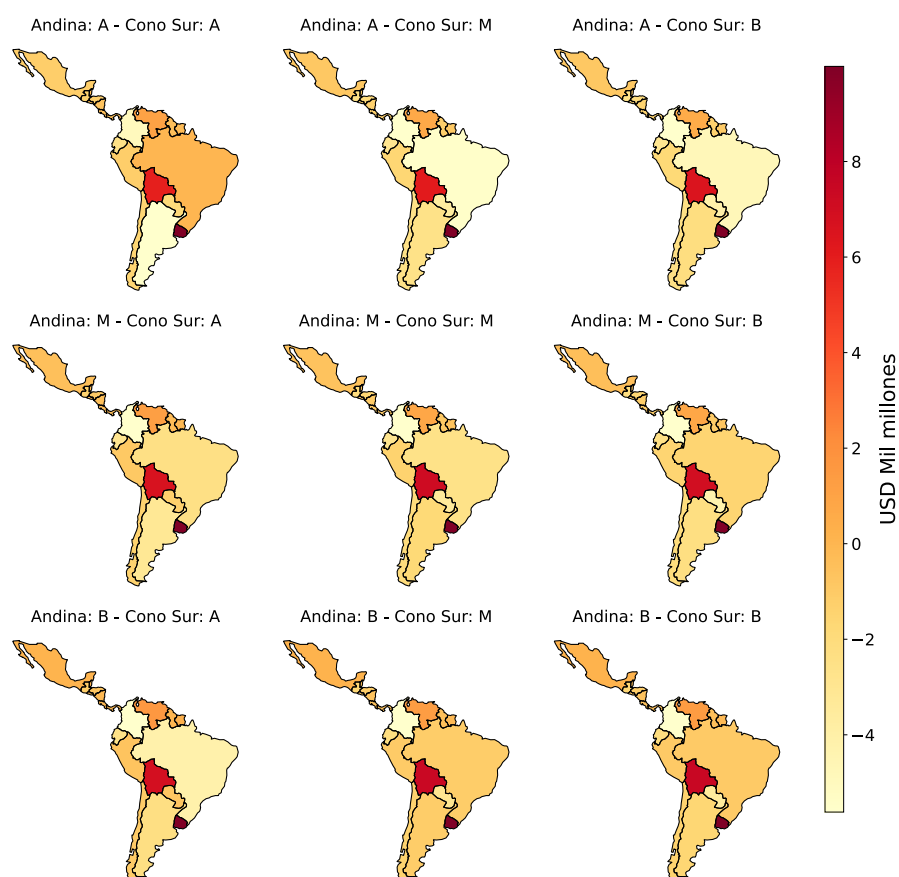


Figura 11: Pérdidas económicas por confiar al año 2045.

La Figura 12 presenta mapas de calor que muestran **la pérdida económica por no confiar al año 2045**, los mapas están organizados en una matriz de 3x3 que combina diferentes niveles de disponibilidad hídrica en las regiones **Andina y Cono Sur: Alto (A), Medio (M) y Bajo (B)**. La escala de colores varía desde amarillo claro (bajas pérdidas económicas) hasta **rojo oscuro** (altas pérdidas económicas), con valores cuantificados en **USD miles de millones**. Estos resultados reflejan una alta vulnerabilidad en sistemas energéticos que dependen en gran medida de recursos hidroeléctricos, especialmente en ausencia de transmisión adecuada. En contraste, los escenarios con alta disponibilidad hídrica (Andina A y Cono Sur A) presentan pérdidas menores, aunque estas siguen siendo considerables, destacando la persistente limitación para optimizar los recursos energéticos en sistemas fragmentados.

La falta de transmisión adecuada no solo reduce la capacidad del sistema energético para aprovechar eficientemente los recursos renovables disponibles, sino que también amplifica el impacto de las restricciones por suficiencia energética nacional impuestas por la soberanía. Esto subraya la importancia de invertir en infraestructura de transmisión que permita una mayor integración y optimización de los recursos renovables a nivel regional. Los resultados destacan que, sin una integración efectiva, los países con alta dependencia hidroeléctrica y limitada diversificación energética enfrentarán mayores costos económicos, comprometiendo la resiliencia del sistema energético regional.

Los principales hallazgos revelan que las pérdidas económicas por no confiar son significativamente mayores en los escenarios de baja disponibilidad hídrica (Andina B y Cono Sur B), como lo demuestran los tonos rojo intenso que predominan en países como **Brasil, Paraguay, Colombia y Perú**. En los demás escenarios, **Brasil** se mantiene como el principal afectado, lo que resulta particularmente relevante dado que es el país más grande de la región y el mayor contribuyente a la demanda energética total. Este hecho subraya una paradoja interesante: aunque se esperaría que Brasil priorizara su soberanía energética debido a su tamaño e influencia, es también el país con la mayor exposición a pérdidas económicas derivadas de una integración eléctrica poco profunda en Latinoamérica.

Esta dinámica posicionaría a Brasil como el candidato ideal para asumir el rol de **policy entrepreneur** en el proceso de integración energética regional. Con un riesgo económico moderado por confiar, Brasil tiene tanto el incentivo como la capacidad de liderar este esfuerzo. Países como **Paraguay, Colombia y Perú** deberían desempeñar un papel clave como aliados estratégicos, respaldando el liderazgo brasileño y formando coaliciones que aceleren el proceso de integración. Al mismo tiempo, estas alianzas deberían enfocarse en mitigar los riesgos de confiar, promoviendo compromisos concretos que minimicen las incertidumbres asociadas a países como **Bolivia y Uruguay**, fortaleciendo así la viabilidad y sostenibilidad de la integración regional. ♦



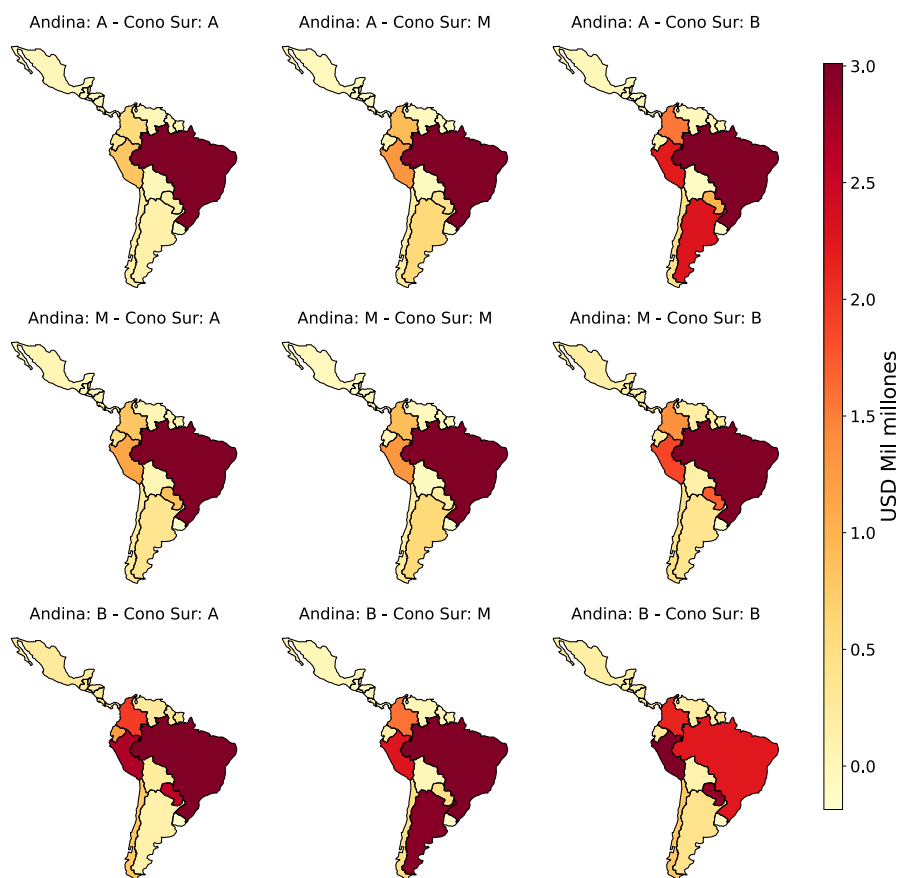


Figura 12: Pérdida económica por no confiar al año 2045.



Policy Window: la ventana para la integración de América Latina está abierta

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la
integración bajo el
enfoque de corrientes
múltiples

“Los cambios de política ocurren gradualmente, de manera incremental, en pasos pequeños y casi invisibles; sin embargo, también pueden ocurrir cambios importantes como resultado de la aparición de ventanas de política, también llamadas ventanas de oportunidad”

- (Kingdon, 2003).

La posibilidad de una *policy window* en el contexto de la integración eléctrica regional de Latinoamérica parece ser evidente cuando se asocia con los hallazgos recientes. Según el enfoque del MSA de John Kingdon, la convergencia de los tres flujos —problemas, políticas y política— crea una oportunidad temporal para la adopción de una política transformadora. Este análisis muestra que en el caso de Latinoamérica, las señales de esta convergencia son claras y pueden facilitar la apertura de una *policy window*.

Además, la posibilidad de una *policy window* en el contexto de la integración eléctrica regional en Latinoa-

mérica se fortalece con los compromisos internacionales, como el Acuerdo de París, que ejercen una presión creciente sobre los países para implementar medidas concretas de reducción de emisiones y transición hacia fuentes de energía sostenibles. Esta presión global genera un incentivo político interno que impulsa a los países a cooperar en proyectos de integración energética regional, reconociendo que una acción conjunta es más efectiva y rentable para abordar los desafíos del cambio climático y la vulnerabilidad energética. Este marco internacional crea un entorno favorable en el flujo político, al alinear los objetivos de las naciones con la urgencia global de mitigar emisiones y garantizar la seguridad energética.

Cuadro Técnico 8: Detentando la *policy windows*

En el enfoque de MSA, la “*policy window*” es una oportunidad temporal durante la cual un problema, una solución, y las dinámicas políticas convergen, permitiendo que una política sea adoptada. Detectar una *policy window* en la práctica implica observar ciertas características y señales. Aquí hay una guía práctica (Kingdon, 2011):

Señales para detectar una *policy window*:

1. Crisis o Eventos Catalizadores (Flujo de Problemas):

- Surgimiento de una crisis pública, como un desastre natural, una pandemia, o un escándalo político.
- Publicación de datos alarmantes o informes que evidencien un problema urgente.
- Incremento del enfoque de los medios o de la opinión pública sobre un problema específico.

Ejemplo: El cambio climático recibe atención renovada tras incendios forestales catastróficos.

2. Soluciones Viables Disponibles (Flujo de Políticas):

- Existencia de propuestas claras y detalladas listas para ser implementadas.
- Consenso entre expertos y actores clave sobre una solución específica.

Ejemplo: Un plan de transición energética respaldado por análisis económicos sólidos.

3. Cambios Políticos o Favorables (Flujo Político):

- Cambios en la composición del gobierno, como elecciones que traen nuevos actores favorables al tema.
- Un cambio de humor político o prioridades en la agenda legislativa.
- Presión de grupos de interés o movilización

social que crea un contexto favorable.

Ejemplo: Una nueva administración con un compromiso explícito en su plataforma electoral.

4. Oportunidades Temporales Identificables:

- Calendarios legislativos o eventos políticos importantes, como elecciones o cumbres internacionales, que ofrezcan momentos clave.
- Límites temporales (por ejemplo, fechas de presentación de presupuestos) que obliguen a tomar decisiones.

Ejemplo: Debates presupuestarios donde se discute la financiación de programas específicos.

Enfoques prácticos para monitorear:

1. Seguimiento de Medios y Discurso Público:

- Analiza qué problemas dominan los titulares de noticias y las redes sociales.
- Identifica si los tomadores de decisiones están prestando atención al problema.

2. Interacción con Actores Clave:

- Propiciar la interacción entre políticos, burócratas y académicos para evaluar su disposición a adoptar propuestas.
- Observa si están promoviendo una narrativa convergente sobre un problema y su solución.

3. Observación de Agendas Políticas:

- Monitorear el public moode e incidir para que el problema ha sido colocado en la agenda oficial (por ejemplo, mediante discursos, reuniones clave, etc.).
- Monitorear el ambiente político para cuando este alineado, impulsar el cambio.

4. Evaluación de la Oportunidad Temporal:

- Considera si eventos externos o cambios políticos han creado urgencia o presión suficiente para actuar.
- Estudia la ventana temporal limitada para aprovechar esos eventos.

Claves para actuar durante la *policy window*:

- Preparar soluciones: Tener propuestas bien diseñadas y listas para presentar en cuanto surja la oportunidad.

- Formar coaliciones: Asegurar el respaldo de actores clave.
- Ser proactivo: Introducir rápidamente la propuesta antes de que la ventana se cierre.

En resumen, una ***policy window*** se detecta monitoreando la convergencia de estos tres flujos y prestando atención a eventos que generen urgencia. Su naturaleza es efímera, por lo que actuar de manera estratégica y rápida es esencial para aprovecharla.

Flujo de Problemas: Crisis Energética y Vulnerabilidad Climática:

América Latina está atravesando una crisis actual que ha desencadenado graves impactos en la región, incluyendo serios racionamientos de electricidad que han afectado directamente a las economías locales. Esta situación, particularmente crítica en los últimos años, ha revelado la fragilidad de los sistemas energéticos altamente dependientes de la generación hidroeléctrica, que constituye el 45% del suministro eléctrico en la región (IEA, 2023). La reducción de caudales y cambios en los patrones de precipitación, exacerbados por el cambio climático, no solo afectan la capacidad de generación de las centrales hidroeléctricas, sino que también incrementan los costos energéticos, al obligar a los países a recurrir a tecnologías más caras y menos sostenibles para satisfacer la demanda. Este problema estacional se intensificará con el tiempo, ya que las investigaciones proyectan que los eventos extremos serán más frecuentes y severos (IEA, 2023; Lucena *et al.*, 2009), reduciendo la capacidad hidroeléctrica en la región hasta un 17,4% hacia finales de siglo, en escenarios de altas emisiones (Carvajal & Li, 2019).

La naturaleza estacional y volátil de este problema representa un desafío adicional. Las condiciones hidroló-

gicas pueden mejorar temporalmente en temporadas con mayores lluvias, generando una falsa percepción de estabilidad y reduciendo la urgencia de tomar medidas, generando *policy stasis*. Sin embargo, esta volatilidad es precisamente lo que hace vital aprovechar la coyuntura actual. Cada temporada de sequía no solo impacta la seguridad energética, sino también las economías nacionales, al generar pérdidas significativas en sectores industriales y agrícolas que dependen del suministro eléctrico constante. Por lo tanto, es fundamental actuar antes de que la percepción de la crisis se disipe bajo condiciones hidrológicas temporalmente favorables. La planificación estratégica, que incluya la diversificación de la matriz energética y una mayor integración eléctrica regional, es esencial para construir un sistema resiliente que pueda enfrentar los efectos del cambio climático y evitar futuros racionamientos que sigan afectando la economía de la región.

Flujo de Políticas: Soluciones Viables y Evaluación Estratégica

Nuestro modelo y análisis posicionan la integración energética regional como una solución estratégica y necesaria para América Latina, destacando tanto sus ventajas económicas como ambientales. A través de un enfoque técnico-económico riguroso, se evidencia que la falta de interconexión entre los sistemas energéticos nacionales

genera pérdidas económicas significativas debido a la duplicación de infraestructura y a la ineficiencia en el uso de los recursos renovables. Estudios como los de Barbosa *et al.* (2017) y Da Silva *et al.* (2021) refuerzan esta conclusión, al demostrar que la integración regional puede optimizar las inversiones, reducir costos operativos y maximizar el uso de las capacidades renovables en la región. Estas investigaciones destacan cómo la diversificación y el intercambio energético entre países pueden reducir la dependencia de tecnologías más costosas y menos sostenibles, generando un impacto positivo tanto en los costos como en la seguridad energética.

Nuestro estudio complementa esta visión al aportar evidencia sobre las ventajas ambientales de una integración energética profunda, alineándose con los compromisos internacionales de descarbonización asumidos por los países latinoamericanos, como el Acuerdo de París. Al promover la interconexión, se maximiza la complementariedad de las fuentes renovables, como la hidroeléctrica, solar y eólica, lo que no solo reduce la necesidad de recurrir a tecnologías emisoras de carbono, sino que también disminuye la vulnerabilidad climática del sistema energético regional. Estos resultados destacan la doble ventaja de la integración energética: además de fortalecer la resiliencia económica, facilita una transición energética sostenible que responde a los compromisos nacionales e internacionales frente al cambio climático. La consistencia de nuestro modelo con estudios previos confirma que la integración regional no solo es viable, sino esencial para garantizar un futuro energético más eficiente, resiliente y sostenible para América Latina.

Flujo Político: Factores Favorables

En el ámbito político, la transición energética y los compromisos internacionales, como el Acuerdo de París y las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs), generan un entorno cada vez más favorable para avanzar hacia la integración energética en América Latina. Estos compromisos ejercen una presión significativa sobre los países para implementar medidas concretas que reduzcan sus emisiones de carbono y aceleren la transición hacia fuentes de energía sostenibles. Esta presión no solo refuerza la voluntad política interna de cada nación, sino que también impulsa la cooperación en proyectos regionales

que permitan una acción coordinada frente a los desafíos climáticos y energéticos. La cooperación regional en torno a un desafío compartido, como el cambio climático, es clave para consolidar este compromiso y asegurar que las políticas adoptadas tengan un impacto tangible.

En este contexto, países como Brasil, al ser de los más afectados económicamente, según nuestro modelo, por la falta de integración energética, tienen un incentivo claro para asumir un rol de liderazgo como *policy entrepreneurs*. Sin embargo, barreras políticas de otros países, que podrían priorizar sus agendas nacionales debido a preocupaciones sobre la soberanía energética, representan un desafío. Esto subraya la importancia de construir coaliciones estratégicas que mitiguen los riesgos percibidos de confiar en un sistema integrado. El análisis de los costos geopolíticos en nuestro modelo revela que la falta de integración no solo genera pérdidas económicas significativas, sino que también amplifica las tensiones políticas entre los países, lo que refuerza la urgencia de promover un marco de cooperación claro y equilibrado. En este contexto, instancias supranacionales como **OLADE** (Organización Latinoamericana de Energía) y **CIER** (Comisión de Integración Energética Regional) pueden desempeñar un papel clave. Estas organizaciones pueden ofrecer plataformas neutrales para catalizar coaliciones regionales, facilitando el diálogo, la negociación y la generación de acuerdos que impulsen la integración energética.

Además, estas presiones internacionales y los compromisos climáticos facilitan la disponibilidad de recursos políticos y financieros. Organismos multilaterales y acuerdos internacionales pueden desempeñar un papel crucial al movilizar recursos necesarios para impulsar proyectos estratégicos de interconexión, apoyar la inversión en energías renovables y acelerar la descarbonización de la región. Sin embargo, para que estos esfuerzos sean efectivos, es fundamental que cada nación mantenga un compromiso firme. Sin esta voluntad política sostenida, incluso las mejores soluciones técnicas y políticas no lograrán ser implementadas. Este entorno político, alineado con presiones internacionales y oportunidades de financiamiento, ofrece un momento único para avanzar hacia una integración energética que fortalezca la resiliencia económica y climática de América Latina.

Además, **la academia** de la región juega un papel preponderante en este proceso. No solo aporta soluciones técnicas y estratégicas a través de investigaciones que fundamentan las decisiones de política, sino que también construye puentes entre intereses nacionales potencialmente contrapuestos mediante el trabajo colaborativo entre investigadores de distintos países. Este enfoque colaborativo puede fortalecer la confianza entre naciones y promover acuerdos basados en evidencia científica sólida. Asimismo, la academia tiene la responsabilidad de monitorear y observar las agendas políticas de la región, dado su impacto potencial en el *regional mood*. A través de investigaciones y análisis, puede incidir en la percepción pública y política, contribuyendo a alinear las prioridades nacionales con los objetivos regionales. Este trabajo conjunto entre actores políticos, organismos supranacionales y la academia es clave para garantizar una integración energética exitosa, resiliente y alineada con los compromisos climáticos de América Latina.

¿Está abierta la Policy Window?

La policy window para la integración energética en América Latina está abierta, impulsada por la convergencia de una crisis energética y climática tangible, soluciones técnicas claras y viables, y factores políticos favorables. El flujo de problemas destaca la urgencia de abordar la dependencia de los recursos hidroeléctricos en un contexto de cambio climático, donde eventos extremos recurrentes amenazan la seguridad energética y

generan altos costos económicos. Aunque existe el riesgo de *policy stasis* durante periodos de mejoría hidrológica, la volatilidad y gravedad del problema demandan una acción inmediata.

En el flujo de políticas, nuestro modelo y múltiples estudios confirman que la integración energética ofrece ventajas económicas significativas al optimizar inversiones, reducir costos operativos y maximizar la complementariedad de las energías renovables. Además, este enfoque se alinea con los compromisos internacionales de descarbonización, fortaleciendo tanto la resiliencia económica como ambiental de la región. Sin embargo, el flujo político muestra barreras importantes, como agendas nacionales que priorizan la soberanía energética en ciertos países. Estas barreras pueden ser mitigadas mediante coaliciones estratégicas, facilitadas por instancias como OLADE y CIER, y el trabajo colaborativo de la academia para construir confianza y consenso.

Para aprovechar esta ventana, es esencial fortalecer las alianzas regionales, movilizar recursos financieros, priorizar proyectos estratégicos de interconexión y establecer un marco de monitoreo para evaluar avances. La naturaleza efímera de esta oportunidad requiere actuar con rapidez y coordinación. No hacerlo significaría perpetuar costos económicos y climáticos elevados, mientras que aprovecharla permitirá transformar el sistema energético de América Latina hacia uno más resiliente, sostenible y cooperativo. ♦



Pasos Concretos para Aprovechar la Policy Window

Integración energética y descarbonización en América Latina:

La dinámica de la
integración bajo el
enfoque de corrientes
múltiples

1.

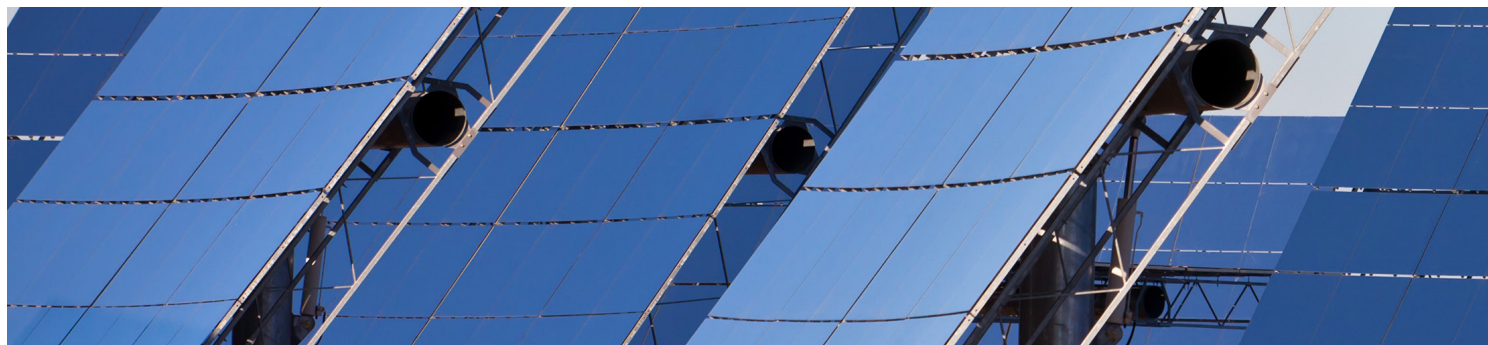
Fortalecer las Coaliciones Regionales: Rol de Plataformas y Mecanismos de Integración

El fortalecimiento de las coaliciones regionales es un componente esencial para avanzar en la integración energética en América Latina. Plataformas como OLADE y CIER tienen un papel crucial al proporcionar espacios neutrales para el diálogo y la cooperación técnica. Sin embargo, el reciente establecimiento de iniciativas como la Red Sectorial de Integración y Planificación en Infraestructura de Sudamérica, creada bajo el marco del Consenso de Brasilia, ofrece una oportunidad estratégica adicional. Este mecanismo se enfoca en la identificación y seguimiento de proyectos de infraestructura de interés regional, lo que lo convierte en una herramienta clave para catalizar acuerdos en torno a proyectos de interconexión energética.

El Consenso de Brasilia, adoptado en mayo de 2023, establece un marco de cooperación flexible y ágil que prioriza la acción sobre la retórica, promoviendo el diálogo y el consenso entre los 12 países sudamericanos. Con áreas prioritarias como cambio climático y energía, este mecanismo no solo facilita la concertación política, sino que también impulsa la coordinación técnica necesaria para proyectos regionales estratégicos. Colombia, al asumir

recientemente la presidencia pro tempore de este mecanismo, ha demostrado su compromiso con la integración energética regional, promoviendo la infraestructura como un eje central de su agenda, y como mencionamos, junto con Brasil y otros países tienen las condiciones para asumir el rol de *policy entrepreneurs* en el proceso de integración eléctrica.

La Red Sectorial de Integración, en particular, tiene el potencial de ser una plataforma catalizadora para identificar y resolver los riesgos percibidos de confiar en un sistema integrado, además de priorizar inversiones estratégicas en interconexiones. Este enfoque, respaldado por el liderazgo rotativo de los países miembros y la participación activa de coordinadores nacionales, asegura un monitoreo continuo y un progreso estructurado en la implementación de iniciativas. La cooperación facilitada por estas plataformas, en conjunto con compromisos internacionales como el Acuerdo de París, puede movilizar recursos políticos y financieros para acelerar la descarbonización y garantizar una transición energética justa y sostenible para la región.



2. Movilizar Recursos Financieros y Políticos

La movilización de recursos financieros y políticos es esencial para avanzar en la integración energética en América Latina. En el ámbito financiero, organismos multilaterales como el BID, el Banco Mundial y el Fondo Verde para el Clima pueden proporcionar créditos, subsidios y garantías, mientras que instrumentos innovadores como bonos verdes regionales y mecanismos de financiamiento compartido pueden canalizar capital privado y distribuir costos equitativamente entre los países.

En el ámbito político, es crucial alinear las agendas nacionales con los objetivos regionales mediante plataformas como el Consenso de Brasilia y la Red Sectorial de Integración, que facilitan el diálogo, la resolución de

tensiones por soberanía y la construcción de consenso. El liderazgo político, apoyado por *policy entrepreneurs* y estrategias de comunicación, es clave para destacar los beneficios económicos y climáticos de la integración, generando apoyo público y compromiso gubernamental.

Finalmente, la articulación de recursos financieros y políticos debe basarse en compromisos internacionales como el Acuerdo de París, aprovechándolos como palanca para obtener financiamiento y fortalecer la cooperación. Un sistema de monitoreo transparente garantizará la correcta asignación de recursos, fomentando la confianza y el cumplimiento de metas de descarbonización y resiliencia energética.



3.

Aprovechar el Rol de la Academia

La academia tiene un papel central en la integración energética de América Latina, construyendo y adaptando políticas públicas en base a investigaciones científicas que respondan a la cambiante dinámica de las corrientes de los problemas y político. Estudios conjuntos entre universidades y centros de investigación de la región pueden analizar las particularidades de cada país, identificando oportunidades y barreras para la integración. Este enfoque permite construir una narrativa común que fortalezca el diálogo político y técnico, mostrando cómo la cooperación puede generar beneficios económicos, sociales y ambientales significativos para la región. En particular, la academia puede contribuir al desarrollo de estrategias para diversificar la matriz energética, integrar fuentes renovables y mejorar la resiliencia climática de los sistemas eléctricos.

Un área crítica de enfoque es la compatibilidad regulatoria, que es clave para facilitar la integración física de los sistemas eléctricos nacionales. La academia puede identificar inconsistencias legales y normativas entre los países y proponer soluciones para armonizarlas, creando un marco regulatorio que permita el comercio de energía y la integración eficiente de tecnologías renovables. Además, puede diseñar arquitecturas de mercado que incluyan instrumentos como mercados de capacidad, tarifas

regionales de transmisión y acuerdos bilaterales. Estas iniciativas, basadas en análisis técnicos rigurosos, garantizarían que la integración física no solo sea viable, sino también económicamente eficiente, promoviendo la sostenibilidad y la equidad en la región.

Una iniciativa estratégica concreta sería la creación de un *Observatorio de Integración Energética Regional*, liderado por una red de académicos e instituciones universitarias de América Latina, en colaboración con empresas energéticas; y con el apoyo de OLADE y CIER. Este observatorio recopilaría y analizaría datos de los sistemas eléctricos de la región, desarrollando herramientas científicas para planificar y tomar decisiones informadas. Además, actuaría como un puente para resolver tensiones entre intereses nacionales mediante investigaciones colaborativas que construyan confianza y consenso. Al alinear los objetivos nacionales con los regionales, el observatorio podría promover políticas y proyectos que fortalezcan la resiliencia energética, reduzcan costos operativos y aceleren la transición hacia energías renovables. De esta manera, la academia no solo influiría en las decisiones políticas, sino que también sería un actor clave en la construcción de un futuro energético sostenible y resiliente para América Latina.

4. Implementar Acciones Concretas

La integración energética en América Latina demanda acciones concretas que aborden desafíos críticos y capitalicen las oportunidades de proyectos en curso y en análisis. Es esencial que las medidas propuestas se alineen con iniciativas destacadas, como el Sistema de Interconexión Eléctrica Andina (SINEA), el Sistema de Integración Energética de los Países del Cono Sur (SIESUR), la interconexión Colombia-Panamá y otros proyectos estratégicos identificados en los reportes de la CIER y CAF, como la Hidroeléctrica Cachuela Esperanza, el *wheeling* de energía de Chile por Argentina y la ampliación del SIE-PAC. Estos proyectos ofrecen una base sólida para avanzar hacia una integración energética efectiva. Priorizar estas iniciativas, adoptando un enfoque sistémico e integrado, permitirá maximizar los beneficios económicos y ambientales, fortaleciendo la confianza entre los países involucrados al ofrecer resultados tangibles y rápidos.

El enfoque gradual, inspirado en el éxito del Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC), es clave para garantizar un progreso sostenible. Este modelo demuestra la importancia de establecer primero bases institucionales robustas, como la armonización regulatoria, el diseño de mecanismos de mercado y la creación de marcos de gobernanza compartidos. Esto allana el camino para implementar interconexiones

estratégicas en áreas de alta complementariedad energética, como la conexión Ecuador-Perú y Bolivia-Chile, o nuevas propuestas como la interconexión Argentina-Paraguay-Brasil. Estas acciones deben permitir la integración eficiente de tecnologías renovables como solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica, optimizando recursos y reduciendo vulnerabilidades climáticas.

Finalmente, es crucial adoptar una planificación estratégica regional que fomente sinergias entre proyectos, evitando duplicaciones de esfuerzos y maximizando las inversiones en transmisión, generación renovable y mercados eléctricos regionales. Un enfoque sistemático e integrado garantizará que estas acciones no solo refuercen la resiliencia energética y climática, sino que también consoliden el liderazgo de América Latina en cooperación energética. Además, el rol de instancias como el Consenso de Brasilia y la Red Sectorial de Integración y Planificación en Infraestructura, combinadas con plataformas de diálogo facilitadas por OLADE y CIER, será determinante para coordinar esfuerzos y movilizar recursos (Konstantelos *et al.*, 2017). Este marco de colaboración puede posicionar a la región como un referente global en sostenibilidad y acción climática, cumpliendo con los compromisos de descarbonización y mejorando la calidad de vida de sus ciudadanos.

Cuadro Técnico 9: Iniciativas de Integración Eléctrica en curso y estudio

En América Latina, se están analizando y desarrollando varios proyectos de integración energética que buscan fortalecer la interconexión eléctrica regional y promover el uso de energías renovables. A continuación, se destacan algunas de las iniciativas más relevantes (Comisión de Integración Energética Regional [CIER] y Corporación Andina de Fomento [CAF], 2012):

1. Sistema de Interconexión Eléctrica Andina

(SINEA): Este proyecto involucra a Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú, y tiene como objetivo crear un mercado eléctrico regional que facilite el intercambio de energía entre estos países. En mayo de 2024, se adoptaron los Reglamentos Operativo, Comercial y del Coordinador Regional para el Mercado Andino Eléctrico Regional (MAER), y se anunció la construcción de una nueva interconexión eléctrica de 500 kV entre Ecuador y Perú, que permitirá intercambios de excedentes energéticos basados en un esquema de comparación de precios en los nodos de frontera

2. Sistema de Integración Energética de los Países del Cono Sur (SIESUR):

Esta iniciativa incluye a Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, con la posible incorporación de Bolivia. SIESUR ha aprobado una Hoja de Ruta 2023-2032 que contempla acciones de corto, mediano y largo plazo, organizadas en tres ejes estratégicos: fortalecimiento institucional y regulatorio regional; fortalecimiento y expansión de la infraestructura de interconexión; y promoción de la integración de energías renovables.

3. Proyecto de Interconexión Colombia-Panamá:

Este proyecto propone una línea de transmisión de 614 km, incluyendo un tramo submarino de 55 km, con una capacidad de intercambio de 300 MW en sentido Colombia-Panamá y 200 MW en sentido contrario. La interconexión busca mejorar la seguridad operativa y permitir intercambios de energía entre ambos países, aprovechando las complementariedades de sus matrices energéticas.

4. Hidroeléctrica Inambari (Perú-Brasil):

Aunque ubicada en Perú, esta planta hidroeléctrica se localizaría a tan solo 260 km de la frontera con Brasil y tendría una capacidad de generación de hasta 2.200 MW. El proyecto permitiría coordinar el manejo de cuencas entre operadores peruanos y brasileños, optimizando la generación hidroeléctrica y facilitando el intercambio de energía entre ambos países.

5. Interconexión Bolivia-Chile:

Se propone una línea de transmisión de 230 kV con una longitud de 150 km y una capacidad de 180 MW, proveniente de una central geotérmica en Bolivia ubicada cerca de la frontera con Chile. Este proyecto busca mejorar la seguridad operativa y permitir intercambios de energía entre ambos países, aprovechando los recursos geotérmicos de la región.

6. Hidroeléctrica Cachuela Esperanza (Bolivia-Brasil):

Este proyecto busca desarrollar el potencial hidroeléctrico del río Beni en Bolivia mediante la construcción de una planta con una capacidad estimada de 990 MW. La energía generada estaría

destinada principalmente al mercado brasileño, consolidando una interconexión estratégica entre ambos países. Además de generar electricidad, el proyecto incluye la infraestructura de transmisión necesaria para transportar la energía hacia el norte de Brasil, un mercado con creciente demanda.

7. Interconexión Argentina-Brasil: Este proyecto tiene como objetivo fortalecer y ampliar las conexiones eléctricas existentes entre Argentina y Brasil, aumentando la capacidad de transmisión y la confiabilidad del sistema. La mejora de la interconexión permitirá un flujo energético más eficiente, beneficiando a ambos países en términos de estabilidad del suministro, reducción de costos y mejor aprovechamiento de las complementariedades en sus matrices energéticas.

8. Swap de energía Paraguay-Argentina-Chile: La propuesta busca optimizar el uso de los excedentes energéticos de Paraguay y Argentina, especialmente provenientes de las centrales hidroeléctricas de Itaipú y Yacyretá. Estos excedentes podrían ser exportados a Chile a través de infraestructura existente y proyectada, ayudando a garantizar el suministro durante épocas de déficit en los sistemas eléctricos de los tres países. Este esquema también promueve una mayor colaboración y eficiencia en el uso de los recursos energéticos.

9. Ampliación del SIEPAC (SIEPAC II): La segunda fase del Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central (SIEPAC II) está diseñada para aumentar la capacidad de transmisión entre los países de la región. Este proyecto contempla la construcción de nuevas líneas y estaciones de transformación para mejorar el comercio energético y garantizar la estabilidad operativa

en situaciones de alta demanda o emergencias. También busca integrar más fuentes renovables al sistema regional.

10. Wheeling de energía de Chile por Argentina: Esta estrategia se centra en el transporte de energía generada en Chile a través del sistema de transmisión de Argentina para abastecer otras regiones o mercados. Este proyecto busca maximizar el uso de la infraestructura existente en Argentina, reduciendo costos y permitiendo a Chile exportar energía de sus fuentes renovables, como la solar del desierto de Atacama, a mercados con alta demanda.

11. Interconexión Brasil-Uruguay: Este proyecto implica la mejora y expansión de las líneas de transmisión entre Brasil y Uruguay. Con una capacidad de intercambio aumentada, la interconexión permitirá un flujo energético más estable y eficiente, beneficiando especialmente a Uruguay, que podría exportar excedentes de su generación renovable hacia Brasil. Este proyecto también considera la actualización de subestaciones para manejar mayores volúmenes de electricidad.

12. Interconexión Argentina-Paraguay-Brasil: Este proyecto busca fortalecer la cooperación energética entre estos tres países mediante la expansión de la capacidad de transmisión entre sus sistemas eléctricos. Incluye la construcción de nuevas líneas y estaciones de interconexión, lo que permitirá un mayor intercambio de energía, optimizando la generación hidroeléctrica de Paraguay y mejorando la estabilidad del suministro en Argentina y Brasil.

13. Interconexión Perú-Ecuador: Este proyecto propone construir líneas de transmisión de 500 kV que conecten los sistemas eléctricos de Perú

y Ecuador. La interconexión permitirá aprovechar las complementariedades de sus matrices energéticas, promoviendo el intercambio de excedentes y mejorando la seguridad energética de ambos países. Este proyecto también incluye la implementación de reglamentos operativos y comerciales para garantizar el funcionamiento eficiente del sistema.

14. Interconexión Bolivia-Perú: Este proyecto propone una línea de transmisión que conecte los sistemas eléctricos de Bolivia y Perú. Su principal objetivo es facilitar el intercambio energético entre ambos países, aprovechando las complementariedades en sus matrices de

generación. En particular, Bolivia podría exportar energía proveniente de fuentes hidroeléctricas o geotérmicas hacia Perú, mientras que este último podría ofrecer excedentes de energía renovable no convencional, como la solar y la eólica, especialmente del sur del país. Además, esta interconexión fortalecería la seguridad energética en ambos países y serviría como una base para futuros proyectos de integración regional.

Estas iniciativas reflejan el compromiso de los países latinoamericanos por avanzar en la integración energética regional, aprovechando las complementariedades de sus recursos y fortaleciendo la seguridad energética en la región.

Conclusiones: El SIEAL como respuesta integral

La integración energética en América Latina y el Caribe se encuentra en un punto de inflexión, donde la creación de un Sistema de Interconexión Eléctrica de América Latina (SIEAL) emerge como una solución integral para abordar los desafíos energéticos y climáticos de la región en el contexto de la convergencia de los tres flujos del *Multiple Streams Approach* (MSA). En el flujo de problemas, América Latina enfrenta una crisis energética y climática agravada por la dependencia de recursos hidroeléctricos vulnerables y altos costos económicos derivados de la falta de integración eléctrica. El flujo de políticas ofrece soluciones claras y viables, como la integración de energías renovables complementarias y proyectos estratégicos regionales (SINEA, SIESUR, Colombia-Panamá) en estudio, que optimizan recursos, reducen vulnerabilidades y alinean a los países con compromisos internacionales de descarbonización. En el flujo político, los compromisos globales, como el Acuerdo de París, y la creciente presión

política para la transición energética crean un entorno favorable para la cooperación regional, aunque persisten barreras nacionales que requieren estrategias específicas para mitigarlas.

Así, el SIEAL se presenta como una oportunidad única para consolidar estas corrientes y avanzar hacia una integración profunda. Para ello, se propone un enfoque gradual, inspirado en experiencias exitosas como el SIEPAC en América Central. Los pasos concretos incluyen: 1) establecer una base institucional sólida, comenzando por la armonización regulatoria, la creación de marcos de gobernanza compartidos y el fortalecimiento de plataformas como OLADE y CIER para coordinar el diálogo político y técnico; 2) priorizar proyectos estratégicos que conecten zonas con alta complementariedad energética, asegurando resultados escalables que fomenten confianza entre países; 3) movilizar recursos financieros y técnicos





mediante organismos multilaterales y acuerdos bilaterales que apalanquen el financiamiento de infraestructuras críticas; 4) desarrollar herramientas científicas, lideradas por un Observatorio de Integración Energética, para monitorear y optimizar la planificación regional con base en datos rigurosos.

La transición hacia el SIEAL no solo fortalecerá la seguridad energética de la región, sino que también permitirá mitigar impactos climáticos, reducir costos operativos y posicionar a América Latina como un modelo global de sostenibilidad y cooperación energética. Este proceso requiere voluntad política sostenida, un compromiso firme de los países líderes, y una narrativa común que subraye los beneficios compartidos de esta integración. Con estos pasos concretos, el SIEAL puede convertirse en la columna vertebral de una matriz energética regional resiliente, sostenible y competitiva.

La ventana de oportunidad para construir el SIEAL está abierta, pero su naturaleza es efímera. América Latina se encuentra en un momento decisivo donde las crisis energéticas y climáticas han alineado las condiciones necesarias para transformar su futuro energético. Sin embargo, esta coyuntura no esperará. Si no actuamos rápidamente para consolidar la integración energética regional, los desafíos actuales podrían convertirse en obstáculos insalvables, perpetuando la vulnerabilidad climática, las barreras económicas y el aislamiento energético. Ahora es el momento de liderar con valentía, de superar barreras nacionales y de unir fuerzas como región. Si dejamos que esta oportunidad se deslice entre nuestros dedos, América Latina corre el riesgo de quedar atrapada en la oscuridad, no solo literal, sino también en términos de progreso, cooperación y sostenibilidad. La historia nos observa; es hora de encender la luz del cambio. ♦

Bibliografía

- Ackrill, R., Kay, A., & Zahariadis, N. (2013). **Ambiguity, multiple streams, and EU policy.** *Journal of European Public Policy*, 20, 871 - 887. <https://doi.org/10.1080/13501763.2013.781824>.
- Agostini, C., Guzmán, A., Nasirov, S., & Silva, C. (2019). **A surplus based framework for cross-border electricity trade in South America.** *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2019.01.053>.
- Aghahosseini, A., Bogdanov, D., Barbosa, L. D., & Breyer, C. (2019). **Analysing the feasibility of powering the Americas with renewable energy and inter-regional grid interconnections by 2030.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.01.046>
- Aon. (2024). **Climate and catastrophe insights report.** Aon. <https://www.aon.com/en/insights/reports/climate-and-catastrophe-report>.
- Bache, I. (2019). **Evidence in the Policy Stream: The Multiple Streams Approach.** *Evidence, Policy and Wellbeing*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21376-3_5.
- Barbosa, L., Bogdanov, D., Vainikka, P., & Breyer, C. (2017). **Hydro, wind and solar power as a base for a 100% renewable energy supply for South and Central America.** *PLoS ONE*, 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173820>.
- Barbosa, L., Bogdanov, D., Vainikka, P., & Breyer, C. (2017). **Hydro, wind and solar power as a base for a 100% renewable energy supply for South and Central America.** *PLoS ONE*, 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173820>.
- Barroso, L., Munoz, F. D., Bezerra, B., Rudnick, H., & Cunha, G. (2021). **Zero-marginal-cost electricity market designs: lessons learned from hydro systems in Latin America might be applicable for decarbonization.** *IEEE power and energy magazine*, 19(1), 64-73.
- Barroso, L., Munoz, F. D., Bezerra, B., Rudnick, H., & Cunha, G. (2021). **Zero-marginal-cost electricity market designs: lessons learned from hydro systems in Latin America might be applicable for decarbonization.** *IEEE power and energy magazine*, 19(1), 64-73.
- Bataille, C., Waisman, H., Briand, Y., Svensson, J., Vogt-Schilb, A., Jaramillo, M., Delgado, R., Arguello, R., Clarke, L., Wild, T., Lallana, F., Bravo, G., Nadal, G., Treut, G., Godínez, G., Quirós-Tortós, J., Pereira, E., Howells, M., Buira, D., Tovilla, J., Farbes, J., Ryan, J., Ugarte, D., Collado, M., Requejo, F., Gómez, X., Soria, R., Villamar, D., Rochedo, P., & Império, M. (2020). **Net-zero Deep Decarbonization Pathways in Latin America: Challenges and Opportunities.** *Energy Strategy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100510>.
- Béland, D., & Howlett, M. (2016). **The Role and Impact of the Multiple-Streams Approach in Comparative Policy Analysis.** *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 18, 221 - 227. <https://doi.org/10.1080/13876988.2016.1174410>.

- Bell, M., O'Neill, M., Ranjit, N., Borja-Aburto, V., Cifuentes, L., & Gouveia, N. (2008). **Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: A case-crossover study in São Paulo, Brazil, Santiago, Chile, and Mexico City.** *International Journal of Epidemiology*.
- Bernal-Meza, R. (2008). **Argentina y Brasil en la Política Internacional: regionalismo y Mercosur (estrategias, cooperación y factores de tensión).** *Revista Brasileira De Política Internacional*, 51, 154-178. <https://doi.org/10.1590/S0034-73292008000200010>.
- Bernal-Meza, R. (2008). **Argentina y Brasil en la Política Internacional: regionalismo y Mercosur (estrategias, cooperación y factores de tensión).** *Revista Brasileira De Política Internacional*, 51, 154-178. <https://doi.org/10.1590/S0034-73292008000200010>.
- Beyza, J., Gil, P., Masera, M., & Yusta, J. (2020). **Security assessment of cross-border electricity interconnections.** *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, 201, 106950. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106950>.
- Birkland, T.A. (2019). **An Introduction to the Policy Process: Theories, Concepts, and Models of Public Policy Making (5th ed.).** Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351023948>
- Blanc, J. (2017). **Itaipu's forgotten history: The 1965 Act of Foz do Iguaçu and the Itaipu project's early legal and diplomatic controversies.** *Journal of Latin American Studies*, 49(2), 295-321. Disponible en https://www.pure.ed.ac.uk/ws/portalfiles/portal/179336386/Blanc_2017_JLAS_Itaipu_s_Forgotten_History_AM.pdf
- Blanco Contreras, B. A. (2021). **Expansión generación-transmisión a largo plazo en Latinoamérica: horizonte 2040 con escenarios de energía solar en Chile y descarbonización.**
- Boin, A. (2004). **Lessons from Crisis Research.** *International Studies Review*, 6, 165-194. https://doi.org/10.1111/J.1521-9488.2004.393_2.X.
- Boin, A., 't Hart, P., Stern, E., & Sundelius, B. (2005). **The politics of crisis management: Public leadership under pressure.** Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1111/J.1468-2486.2007.00675.X>.
- Boin, A., 't Hart, P., Stern, E., & Sundelius, B. (2008). **Crisis Management Europe: An Integrated Regional Research and Training Program.** *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 3(71-88). <https://doi.org/10.1111/1528-3577.00080>.
- Brinkerink, M., Gallachóir, B., & Deane, P. (2019). **A comprehensive review on the benefits and challenges of global power grids and intercontinental interconnectors.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.03.003>.

- Cai, W., McPhaden, M., Grimm, A., Rodrigues, R., Taschetto, A., Garreaud, R., Dewitte, B., Poveda, G., Ham, Y., Santoso, A., Ng, B., Anderson, W., Wang, G., Geng, T., Jo, H., Marengo, J., Alves, L., Osman, M., Li, S., Wu, L., Karamperidou, C., Takahashi, K., & Vera, C. (2020). **Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America**. *Nature Reviews Earth & Environment*, **1**, 215–231. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3>
- Cairney, P., & Jones, M. (2016). **Kingdon's Multiple Streams Approach: What Is the Empirical Impact of this Universal Theory?**. *Policy Studies Journal*, **44**, 37–58. <https://doi.org/10.1111/PSJ.12111>.
- Cámara de Integración Energética Regional (CIER). (1964). **Historia**. Consultado el 11 de noviembre de 2024, de <https://www.cier.org/es-uy/Paginas/Historia.aspx>
- Carvajal, P., & Li, F. (2019). **Challenges for hydropower-based nationally determined contributions: a case study for Ecuador**. *Climate Policy*, **19**, 974 - 987. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1617667>.
- Comisión de Integración Energética Regional (CIER) y Corporación Andina de Fomento (CAF). (2012). **Nuevas oportunidades de interconexión eléctrica en América Latina. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A. ISBN: 978-980-6810-69-3**. Disponible en: publicaciones.caf.com y www.cier.org.uy
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2016). **Sobre la base de J. Gütschow y otros, “The PRIMAP-hist national historical emissions time series”**. *Earth System Science Data*, **8**(2). Göttingen: Copernicus Publications. <https://doi.org/10.5194/essd-8-571-2016>
- Da Silva, S., Hejazi, M., Iyer, G., Wild, T., Binsted, M., Miralles-Wilhelm, F., Patel, P., Snyder, A., & Vernon, C. (2021). **Power sector investment implications of climate impacts on renewable resources in Latin America and the Caribbean**. *Nature Communications*, **12**. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21502-y>.
- de Moura, G. N. P., Legey, L. F. L., & Howells, M. (2018). **A Brazilian perspective of power systems integration using OSeMOSYS SAMBA—South America Model Base—and the bargaining power of neighbouring countries: A cooperative games approach**. *Energy Policy*, **115**, 470–485. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.041>
- de Moura, G. N. P., Legey, L. F. L., Balderrama, G. P., & Howells, M. (2017). **South America power integration, Bolivian electricity export potential and bargaining power: An OSeMOSYS SAMBA approach**. *Energy strategy reviews*, **17**, 27–36.
- De Oliveira-De Jesus, P. M., González De León, M., & Melán, R. A. (2020). **A mitigation scenario for Latin American power-related carbon dioxide emissions**. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, **15**(10–12), 492–512. <https://doi.org/10.1080/15567249.2020.1770374>
- De Souza Cabral, L., Pot, W., Van Oel, P., Kchouk, S., Neto, G., & Dewulf, A. (2023). **From creeping crisis to policy change: the adoption of drought preparedness policy in Brazil**. *Water Policy*. <https://doi.org/10.2166/wp.2023.073>.
- Deschaux-Dutard, D. (2020). **How do Crises Fuel European Defence Policy?**. *ERIS – European Review of International Studies*, **7**, 52–80. <https://doi.org/10.1163/21967415-bja10019>.
- Doorga, J. R., Hall, J. W., & Eyre, N. (2022). **Geospatial multi-criteria analysis for identifying optimum wind and solar sites in Africa: Towards effective power sector decarbonization**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **158**, 112107.

- Dutton, J., & Lockwood, M. (2017). **Ideas, institutions and interests in the politics of cross-border electricity interconnection: Greenlink, Britain and Ireland.** *Energy Policy*, 105, 375-385. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2017.03.001>.
- Fell, M.J., Roelich, K. and Middlemiss, L. **Realist approaches in energy research to support faster and fairer climate action.** *Nat Energy* 7, 916–922 (2022).
- Ferreira, F. Castillo, T. Chamba, M. Salazar, G. Añó, O. (2012). **Integración Eléctrica en Latinoamérica y el Caribe: Barreras y Análisis de Esquemas Regulatorios.** Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) Sitio web: <http://biblioteca.olade.org>
- Gonzalez-Salazar, M., & Poganietz, W. (2021). **Evaluating the complementarity of solar, wind and hydropower to mitigate the impact of El Niño Southern Oscillation in Latin America.** *Renewable Energy*, 174, 453-467. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2021.04.048>.
- Gudas, K. (2015). **Cross-Border Electricity Infrastructures and Efficient Use of Renewable Energy Sources.** *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.2657451>
- Hansén, D. (2015). **Crisis Policy-Making: Traceable Processes of Multiple Streams.** En Z. Zahariadis (Ed.), *Handbook of Public Policy Agenda Setting* (pp. 123–139). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781782549402.00016>
- Hira, A., & Amaya, L. (2003). **Does energy integrate.** *Energy Policy*, 31, 185-199. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00024-1](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00024-1).
- I., Alamri, B., Hossain, M., & Asghar, M. (2021). **Electric Power Network Interconnection: A Review on Current Status, Future Prospects and Research Direction.** *Electronics*. <https://doi.org/10.3390/electronics10172179>.
- International Energy Agency (IEA). (2023). **Climate Impacts on Latin American Hydropower.** Retrieved from <https://www.iea.org/reports/climate-impacts-on-latin-american-hydropower>
- International Energy Agency (IEA). (2024). **World Energy Investment Outlook. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).** <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-outlook-2024>
- Ivanova, A., Muñoz, S., Bonato, L., Cevik, S., Ding, H., Fernández-Corugedo, E., Guerson, A., He, C., Hukka, J., Kostroch, D., Lin, H., Lonkeng, C., Pereira, J., Walker, C., González, A., Massetti, E., Charry, L., Evans, C., Ghilardi, M., Lian, W., Marcelino, S., Otker, I., Pérez, C., & Vasilyev, D. (2021). **El cambio climático y sus desafíos para América Latina y el Caribe.** En A. Ivanova et al., *Informe sobre desafíos climáticos en ALC* (pp. 1-57). Fondo Monetario Internacional.
- Jiménez-Estévez, G., Palma-Behnke, R., Latorre, R., & Morán, L. (2015). **Heat and Dust: The Solar Energy Challenge in Chile.** *IEEE Power and Energy Magazine*, 13, 71-77. <https://doi.org/10.1109/MPE.2014.2380012>.
- Kim, H. (2023). **Grid interconnections and decarbonization pathways for carbon neutrality of Northeast Asia.** *Renewable Energy*, 219, 119358.

- Kingdon, J. W. (2011). **Agendas, alternatives, and public policies: Longman classics in political science (2nd): Longman Pub Group.**
- Knaggård, Å. (2015). **The Multiple Streams Framework and the problem broker.** *European Journal of Political Research*, **54**, 450-465. <https://doi.org/10.1111/1475-6765.12097>.
- Kober, T., Falzon, J., Zwaan, B., Calvin, K., Kanudia, A., Kitous, A., & Labriet, M. (2016). **A multi-model study of energy supply investments in Latin America under climate control policy.** *Energy Economics*, **56**, 543-551. <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2016.01.005>.
- Konstantelos, I., Moreno, R., & Strbac, G. (2017). **Coordination and uncertainty in strategic network investment: Case on the North Seas Grid.** *Energy Economics*, **64**, 131–148. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.05.003>
- Libonati, R., Geirinhas, J., Silva, P., Russo, A., Rodrigues, J., Belém, L., Nogueira, J., Roque, F., DaCamara, C., Nunes, A., Marengo, J., & Trigo, R. (2021). **Assessing the role of compound drought and heatwave events on unprecedented 2020 wildfires in the Pantanal.** *Environmental Research Letters*, **17**. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac462e>.
- Lucena, A., Szklo, A., Schaeffer, R., Souza, R., Borba, B., Costa, I., , A., & Cunha, S. (2009). **The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil.** *Energy Policy*, **37**, 879-889. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2008.10.029>.
- Luz, T., & Moura, P. (2019). **100% renewable energy planning with complementarity and flexibility based on a multi-objective assessment.** *Applied Energy*, **255**, 113819. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113819>
- Mackillop, A. (1989). **North-South grid connection: Megaproject for the 1990s?.** *Land Use Policy*, **6**, 6-9. [https://doi.org/10.1016/0264-8377\(89\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0264-8377(89)90003-3).
- Mares, D., & Martin, J. (2012). **Regional Energy Integration in Latin America: lessons from Chile's experience with natural gas.** *Third World Quarterly*, **33**, 55 - 70. <https://doi.org/10.1080/01436597.2012.642224>.
- Martínez-Conde Del Campo, F. J. (2014). **Análisis de factibilidad de un nodo de generación solar en el norte de Chile para abastecer la región sudamericana.**
- Miranda, R., Simoes, S., Szklo, A., & Schaeffer, R. (2019). **Adding detailed transmission constraints to a long-term integrated assessment model – A case study for Brazil using the TIMES model.** *Energy*. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2018.11.036>.
- Moreno, J., Medina, J. P., & Palma-Behnke, R. (2023). **Latin America's Renewable Energy Impact: Climate Change and Global Economic Consequences.** *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en17010179>
- Muñoz, J. S. (2018). **Análisis de escenarios de interconexiones internacionales de Chile con un enfoque en alta penetración de energía solar.** Santiago de Chile.
- Newbery, D., Strbac, G., & Viehoff, I. (2016). **The benefits of integrating European electricity markets.** *Energy Policy*, **94**, 253-263. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2016.03.047>.

- Ochoa, C., & Ackere, A. (2015). **Winners and losers of market coupling**. *Energy*, 80, 522-534. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2014.11.088>.
- Oliveira, T., Gurgel, A., & Tonry, S. (2020). **The effects of a linked carbon emissions trading scheme for Latin America**. *Climate Policy*, 20, 1 - 17. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1670610>.
- Painter, D. (2014). **Oil and geopolitics: the oil crises of the 1970s and the Cold War**. *Historical Social Research*, 39, 186-208. <https://doi.org/10.12759/HSR.39.2014.4.186-208>.
- Paredes, J. R. (2017). **La Red del Futuro: Desarrollo de una red eléctrica limpia y sostenible para América Latina**.
- Pinos, J., & Quesada-Román, A. (2021). **Flood Risk-Related Research Trends in Latin America and the Caribbean**. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w14010010>.
- Plazas-Niño, F. A., Ortiz-Pimiento, N. R., & Montes-Páez, E. G. (2022). **National energy system optimization modelling for decarbonization pathways analysis: A systematic literature review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, 112406.
- Plessmann, G., & Blechinger, P. (2017). **How to meet EU GHG emission reduction targets? A model based decarbonization pathway for Europe's electricity supply system until 2050**. *Energy Strategy Reviews*, 15, 19-32.
- Postic, S., Selosse, S., & Maïzi, N. (2017). **Energy contribution to Latin American INDCs: Analyzing sub-regional trends with a TIMES model**. *Energy Policy*, 101, 170-184. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2016.11.023>.
- Puka, L., & Szulecki, K. (2014). **The politics and economics of cross-border electricity infrastructure: A framework for analysis**. *Energy research and social science*, 4, 124-134. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2014.10.003>.
- Rippy, J. (1954). **British Investments in Latin-American Electrical Utilities**. *Americas*, 34, 251-255. <https://doi.org/10.1215/00182168-34.2.251>.
- Ruchansky, B. (2013). **Integración eléctrica en América Latina: antecedentes, realidades y caminos por recorrer**. Santiago de Chile, CEPAL y GIZ. <https://core.ac.uk/download/38672350.pdf>
- Salazar, L., Nobre, C., & Oyama, M. (2007). **Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America**. *Geophysical Research Letters*, 34. <https://doi.org/10.1029/2007GL029695>.
- Sanjurjo, D. (2020). **Taking the multiple streams framework for a walk in Latin America**. *Policy Sciences*, 53, 205-221. <https://doi.org/10.1007/s11077-020-09376-1>.
- Santos, T. (2021). **Regional energy security goes South: Examining energy integration in South America**. *Energy research and social science*, 76, 102050. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2021.102050>.
- Sarkar, T., Bhattacharjee, A., Samanta, H., Bhattacharya, K., & Saha, H. (2019). **Optimal design and implementation of solar PV-wind-biogas-VRFB storage integrated smart hybrid microgrid for ensuring zero loss of power supply probability**. *Energy Conversion and Management*. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2019.04.025>.

- Simões, A. J. F. (2011). **Integración: sueño y realidad en Sudamérica**. Fundação Alexandre de Gusmão. https://funag.gov.br/biblioteca-nova/produto/loc_pdf/37/1/integracion:_sueno_y_realidade_en_sudamerica
- Sovacool, B. K., Gilbert, A. Q., & Nugent, D. (2014). **An international comparative assessment of construction cost overruns for electricity infrastructure**. *Energy Research and Social Science*, 3, 152-160. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2014.07.016>
- Suffian, S., & Singh, P. (2018). **Assessing the Added Value of Coordinated Economic Dispatch in Central America**. 2018 IEEE 38th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVIII), 1–6. <https://doi.org/10.1109/CONCAPAN.2018.8596437>
- Tröndle, T., Lilliestam, J., Marelli, S., & Pfenninger, S. (2020). **Trade-offs between geographic scale, cost, and infrastructure requirements for fully renewable electricity in Europe**. *Joule*, 4(9), 1929-1948.
- Valdivia, G. (2015). **Oil frictions and the subterranean geopolitics of energy regionalisms**. *Environment and Planning A*, 47, 1422–1439. <https://doi.org/10.1177/0308518X15595764>
- Vega, J., Ortiz-Giraldo, L., Botero, B., Hidalgo, C., & Parra, J. (2024). **Probabilistic Cascade Modeling for Enhanced Flood and Landslide Hazard Assessment: Integrating Multi-Model Approaches in the La Liboriana River Basin**. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w16172404>.
- Ventura, V. H. (2021.). **Contribución del MER desde una perspectiva regional**. CEPAL. <https://crie.org.gt/5-CONTRIBUCION-DEL-MER-DESDE-UNA-PERSPECTIVA-REGIONAL-Ing.-Victor-Hugo-Ventura.pdf>
- Washburn, C., & Pablo-Romero, M. (2019). **Measures to promote renewable energies for electricity generation in Latin American countries**. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2018.12.059>.
- Zahariadis, N. (2003). **Ambiguity and choice in public policy: Political decision making in modern democracies**. Georgetown University Press.
- Zimmermann Rodríguez-Peña, I. (2019). **Expansión de las interconexiones internacionales considerando incentivos económicos conflictivos entre países**.

Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería
República 695
Santiago, Chile
www.isci.cl

ISCI INSTITUTO
SISTEMAS COMPLEJOS
DE INGENIERÍA

