

De carbón a nuclear: una visión para la transición energética del caribe colombiano

POR: ACIEM, CAPÍTULO BOLÍVAR

El Caribe colombiano ha sido durante décadas, un epicentro energético basado en la explotación de recursos fósiles, principalmente carbón. Departamentos como Cesar y La Guajira se consolidaron como los mayores productores del mineral en Colombia, aportando más del 80% de las exportaciones nacionales de carbón térmico. Este recurso no solo ha generado divisas para el país, sino que también ha marcado la economía, la política y la vida social de la región.

Sin embargo, el panorama mundial y nacional está cambiando. La presión por reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); el avance de acuerdos internacionales como el Acuerdo de París, y la necesidad de cumplir con las metas de descarbonización planteadas en el Plan Energético Nacional (PEN) 2022–2052 hacen que el carbón, antes símbolo de riqueza, sea hoy cuestionado por sus impactos ambientales y su falta de sostenibilidad en el largo plazo.

La región Caribe, que concentra tanto riqueza minera como vulnerabilidad climática, está en una encrucijada histórica: cómo pasar de ser exportadora de carbón, a convertirse en protagonista de una matriz energética limpia, diversificada y sostenible.

En este tránsito, una de las opciones que comienza a tomar relevancia es la energía nuclear con fines pacíficos, respaldada por lineamientos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y los escenarios de planeación de la Unidad de Planeación Minero



Energética (UPME), no como reemplazo inmediato del carbón, sino como un complemento estratégico para garantizar seguridad energética; reducir emisiones y dar estabilidad a un sistema cada vez más dependiente de renovables intermitentes como la solar y la eólica.

El carbón en la región Caribe: pasado y presente

El carbón ha sido la base de la economía de La Guajira y Cesar desde finales del siglo XX. Proyectos como Cerrejón y la minería del Cesar han representado hasta el 50% de las exportaciones minero-energéticas de Colombia en algunos años. Para muchos municipios, las regalías han sido la principal fuente de ingresos fiscales.

Sin embargo, este desarrollo ha venido acompañado de retos: desplazamientos y conflictos territoriales, impactos ambientales por contaminación del aire y afectación de fuentes hídricas, así como dependencia fiscal de regalías volátiles.

Actualmente, la demanda mundial de carbón térmico se reduce gradualmente. Europa y Asia avanzan hacia la descarbonización, y Colombia ha visto disminuir sus volúmenes de exportación. Aunque la volatilidad de precios ha dado alivio temporal, la tendencia estructural apunta a un declive sostenido.

“La demanda mundial de carbón térmico se reduce gradualmente. Europa y Asia avanzan hacia la descarbonización, y Colombia ha visto disminuir sus volúmenes de exportación.”

La transición energética en el Caribe: avances y limitaciones

El Caribe colombiano es también el territorio con mayor potencial para energías renovables: eólica en La Guajira; solar en Cesar; Magdalena y Atlántico, y biomasa en Bolívar y Sucre.

No obstante, el PEN 2022–2052 advierte que la sola incorporación de Fuentes Renovables No Convencionales (FERNC) no es suficiente. El sistema requiere fuentes firmes y complementarias que aporten confiabilidad, especialmente en contextos de variabilidad climática que afectan la hidroelectricidad.

Energía nuclear: ¿una opción para el Caribe?

De acuerdo con la OIEA, la energía nuclear es una de las fuentes más eficientes y confiables para garantizar suministro continuo y reducir emisiones de CO₂. Para Colombia, que depende en un 70% de generación hidroeléctrica según la UPME, la nuclear puede convertirse en un soporte fundamental frente a sequías prolongadas.

El Caribe cuenta con características que podrían hacer viable un proyecto nuclear: acceso costero para infraestructura de enfriamiento; infraestructura energética existente que puede adaptarse, y necesidad de diversificación económica frente al declive del carbón.

Además, el PEN 2022–2052 señala que tecnologías emergentes como los reactores modulares pequeños (SMR) pueden ser exploradas como parte de la matriz futura.

Implicaciones sociales y económicas

La transición del carbón a lo nuclear implicaría reconvertir capacidades laborales hacia empleos en renovables, nuclear y eficiencia energética.

El OIEA recomienda procesos de participación, transparencia y pedagogía social como condiciones básicas para cualquier proyecto.

Económicamente, la nuclear reduciría la dependencia de exportaciones fósiles, estabilizaría tarifas y atraería inversión internacional, además de fortalecer el talento humano.



Retos para el despliegue nuclear en el Caribe

Los principales retos incluyen: marco regulatorio robusto siguiendo lineamientos del OIEA; infraestructura segura con apoyo de la UPME; financiación intensiva en capital aunque viable con SMR; gestión de residuos bajo estándares internacionales, y aceptación social con legitimidad comunitaria.

Eficiencia energética: el puente inmediato

Mientras se consolidan proyectos de gran escala, la eficiencia energética debe convertirse en la primera fuente del Caribe. El PEN 2022–2052 resalta que la eficiencia puede reducir hasta un 15% de la demanda proyectada al 2050 mediante programas en alumbrado público, edificaciones e industria.

“El sistema requiere fuentes firmes y complementarias que aporten confiabilidad, especialmente en contextos de variabilidad climática.”

Recomendaciones estratégicas para la transición del carbón a lo nuclear en el Caribe colombiano

- Impulsar alianzas institucionales: Fortalecer el Convenio entre ACIEM y la Red Nuclear Colombiana como plataforma para articular esfuerzos técnicos y normativos.
- Convocar a la academia regional: Involucrar a universidades del Caribe en investigación aplicada sobre nuclear, eficiencia energética y SMR.
- Incentivar la participación de la empresa privada: Promover inversiones y programas de reconversión laboral frente al declive del carbón.
- Fortalecer el rol de los gremios: Reconocer a ACIEM como uno de los articuladores entre Gobierno, academia y sector privado para decisiones energéticas con rigor técnico.
- Fomentar la eficiencia energética como acción inmediata: Impulsar programas masivos que reduzcan hasta un 15% de la demanda al 2050, según el PEN 2022–2052.
- Construir confianza social: Desarrollar pedagogía y participación comunitaria siguiendo las recomendaciones del OIEA.

Componente técnico: comparaciones entre carbón y nuclear en el contexto del Caribe colombiano

1. Factores de capacidad y confiabilidad

- Carbón en Colombia (Cesar y La Guajira): Factor de capacidad promedio entre 55% y 70%, sujeto a la demanda internacional y a variaciones en el mercado.
- Nuclear (según OIEA, estándar global): Factor de capacidad superior al 85%, con operación continua las 24 horas. Esto significa que una planta nuclear genera más energía estable en comparación con un parque de carbón de igual capacidad instalada.

2. Emisiones de CO₂

- Carbón: Cada MWh generado produce en promedio 820 kg de CO₂ (IPCC, 2021).
- Nuclear: Emisiones indirectas (ciclo de vida completo) de apenas 12 kg de CO₂ por MWh (OIEA).

Migrar de carbón a nuclear en el Caribe representaría una reducción del 98% en las emisiones del sector eléctrico local.

3. Costos nivelados de energía (LCOE)

- Carbón: Entre 60 y 120 USD/MWh, con tendencia a aumentar por impuestos y restricciones ambientales.
- Nuclear (OIEA, SMR): Entre 80 y 100 USD/MWh en su fase inicial, con tendencia a disminuir gracias a economías de escala.



Aunque la nuclear puede ser inicialmente más costosa, garantiza estabilidad de precios frente a la volatilidad del carbón.

4. Uso de territorio

- Carbón: Minería a cielo abierto en Cesar y La Guajira ha impactado miles de hectáreas, con alta huella ambiental.
- Nuclear (planta de 1 GW): Requiere entre 1 y 5 km², mucho menor que proyectos equivalentes de carbón o incluso de solar a gran escala.

5. Integración con el sistema eléctrico del Caribe

- El PEN 2022–2052 advierte que la región requiere fuentes firmes de respaldo para complementar la variabilidad de eólica y solar.
- Un reactor modular pequeño (SMR) de 300 MW podría generar suficiente energía para abastecer más de 500.000 hogares caribeños, garantizando estabilidad en periodos de baja generación renovable o crisis hídricas.

Posibles localizaciones y potencial estimado de energía nuclear en el Caribe colombiano

El análisis preliminar de localización debe considerar tres factores: disponibilidad de agua para enfriamiento, infraestructura energética y portuaria existente, y cercanía a centros de consumo eléctrico. Con base en estos criterios, se pueden identificar áreas potenciales:

- Zona costera de La Guajira (cerca a Puerto Bolívar y Riohacha)
 - ▷ Ventajas: infraestructura portuaria ya disponible por la minería de carbón, cercanía a proyectos eólicos a gran escala que podrían complementarse con nuclear como fuente firme.
 - ▷ Potencial: un SMR de 300 MW podría abastecer alrededor de 500.000 hogares y servir de respaldo a los parques eólicos en construcción.



- Región del Cesar (Valledupar y alrededores)
 - ▷ Ventajas: tradición minera con capacidad de reconversión laboral, disponibilidad de terrenos industriales y líneas de transmisión asociadas al carbón.
 - ▷ Potencial: una planta de 600 MW podría sustituir progresivamente generación térmica a carbón y proveer estabilidad al sistema regional.
- Área Metropolitana de Barranquilla
 - ▷ Ventajas: gran centro urbano e industrial del Caribe, con alta demanda eléctrica y buena infraestructura portuaria y de transmisión.
 - ▷ Potencial: una planta de 1 GW podría abastecer un porcentaje importante de la demanda del Atlántico y Magdalena, reduciendo la presión sobre la red nacional.
- Cartagena y zona costera de Bolívar
 - ▷ Ventajas: gran centro urbano e industrial del Caribe, con alta demanda eléctrica y buena infraestructura portuaria y de transmisión.
 - ▷ Potencial: una planta de 1 GW podría abastecer un porcentaje importante de la demanda de Bolívar, reduciendo la presión sobre la red nacional.
- Zona costera de Córdoba – Sucre (cerca a Coveñas)
 - ▷ Ventajas: acceso a agua de mar, cercanía a infraestructura petrolera y portuaria, ubicación estratégica en el sistema interconectado.
 - ▷ Potencial: un SMR de 300 a 600 MW serviría de apoyo a la red y cubriría demanda turística e industrial.

- Potencial estimado total
 - ▷ Considerando 3 a 4 plantas de diferente escala (entre 300 MW y 1 GW cada una), el Caribe podría instalar entre 2 GW y 3 GW de energía nuclear hacia 2040.
 - ▷ Esta capacidad representaría entre el 10% y el 15% de la demanda eléctrica nacional proyectada por la UPME al 2050 y permitiría sustituir gran parte de la generación a carbón en Cesar y La Guajira.

Conclusiones

La Región Caribe colombiana enfrenta una transición inevitable: pasar de una economía dependiente del carbón, a un modelo energético diversificado, sostenible y justo. Este tránsito no puede improvisarse; requiere planificación a largo plazo, coordinación institucional y participación de la sociedad.

El carbón, que durante décadas impulsó la economía de La Guajira y Cesar, se encuentra en declive estructural, debido a la descarbonización global. Al mismo tiempo, el Caribe concentra el mayor potencial del país en energías renovables no convencionales, especialmente solar y eólica.

No obstante, como lo advierte el PEN 2022–2052, estas fuentes requieren respaldo firme y confiable. Allí la energía nuclear, reconocida por la OIEA y ya mencionada por la UPME en sus escenarios de planeación, emerge como opción estratégica de mediano y largo plazo.

“ Desde un punto de vista técnico, la nuclear supera al carbón en factor de capacidad, emisiones y uso de suelo.”

Desde un punto de vista técnico, la nuclear supera al carbón en factor de capacidad (85% frente a 55–70%), emisiones (12 kg CO₂/MWh frente a 820 kg CO₂/

MWh) y uso de suelo, aunque exige inversiones de capital mayores y marcos regulatorios estrictos.

El Caribe ofrece posibles localizaciones estratégicas — La Guajira, Cesar, Barranquilla, Cartagena y las costas de Bolívar, Córdoba y Sucre, donde se podrían instalar entre 2 y 3 GW hacia 2040, equivalente al 15–20% de la demanda nacional proyectada.

En paralelo, es indispensable dar un impulso decidido a la eficiencia energética, que el PEN estima podría reducir hasta un 15% de la demanda proyectada al 2050. Esto permitiría liberar capacidad del sistema, generar empleos locales y ofrecer resultados inmediatos mientras se consolidan proyectos de gran escala como la nuclear.

La transición no es únicamente tecnológica. Requiere justicia social y territorial: reconvertir la mano de obra minera; garantizar beneficios a comunidades históricamente afectadas por el carbón; y construir confianza en torno a nuevas fuentes como la nuclear, mediante procesos de pedagogía y participación, en línea con las recomendaciones de la OIEA.

El Convenio entre ACIEM y la Red Nuclear Colombiana marca un punto de partida para articular esfuerzos de divulgación, formación y diseño de hojas de ruta.

La academia regional debe liderar la investigación aplicada, la empresa privada aportar inversión y tecnología, y los gremios de Ingeniería servir de articuladores entre Gobierno, academia y sector productivo. Solo con esta tríada (ciencia, empresa y gremio) será posible pasar de diagnósticos a soluciones concretas.

En conclusión, la transición del carbón a lo nuclear en el Caribe colombiano no es solo un desafío energético: es un proyecto de nación. Si se logran integrar renovables, eficiencia energética y nuclear, bajo un modelo de gobernanza participativo, la región podrá transformarse de símbolo de dependencia fósil a referente latinoamericano de transición energética justa, segura y sostenible. ▲