

# ÍNDICE DEL TRILEMA ENERGÉTICO

Colombia  
2020



TRANSFORMA

Este documento técnico presenta la versión 2020 del Trilema Energético a nivel departamental del país. Documento basado en la metodología del World Energy Council para el índice del trilema energético a nivel nacional.

Para esta primera edición, se analizaron indicadores relativos únicamente a la generación y consumo de energía eléctrica a nivel departamental en Colombia. El documento pretende servir como herramienta de seguimiento a la transformación de la matriz energética del país, en cuanto a seguridad, acceso y sostenibilidad.

Fue elaborado por Álvaro Daniel Pinzón, Juan Esteban Sanabria, Juliana Peña, María Andrea Rueda y Giovanni Pabón Restrepo.



# Contenido

El Índice del Trilema Energético	06
Contexto colombiano	07
Resultados del índice 2020	08
Seguridad energética	11
Equidad energética	19
Sostenibilidad del medio ambiente	27
Perfiles departamentales	40
Metodología	73

# Glosario

**Autonomía Energética:** Es la capacidad que tiene un país para satisfacer las necesidades de demanda energética de los departamentos.

**Equidad Energética:** Es la capacidad que tiene un país para brindar acceso universal a una energía confiable y asequible para uso doméstico y comercial.

**Descarbonización:** Es el proceso de reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), sobre todo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), a la atmósfera. Su objetivo es lograr una economía global con bajas emisiones que consiga la neutralidad climática a través de la transición energética (IBERDROLA, 2021).

**Energía Eléctrica:** Energía almacenada en un campo eléctrico o transportada por una corriente eléctrica

**Intensidad Energética:** Unidad de medición que relaciona el consumo energético.

**Matriz Energética:** Es la combinación de varias fuentes de energía primaria utilizada para satisfacer las demandas de energía en una región geográfica específica.

**Seguridad Energética:** Capacidad de un territorio para satisfacer la demanda energética actual y futura, así como para resistir y responder a las perturbaciones del sistema, minimizando la interrupción del suministro.

**Sostenibilidad Ambiental:** Capacidad de un territorio de mitigar y prevenir la degradación del medio ambiente y evitar que se generen emisiones que contribuyan al cambio climático.

**Transición Energética:** El cambio del sistema energético radicado en combustibles fósiles a uno de bajas emisiones o sin emisiones de carbono, basado en las fuentes renovables.

**SIN:** Sistema Interconectado Nacional

**ZNI:** Zonas No Interconectadas

**PIB:** Producto Interno Bruto

**NDC:** Nationally Determined Contribution

**GEI:** Gases Efecto Invernadero

**FNCER:** Fuentes No Convencionales de Energía Renovable



# ➤➤ 1. Introducción

La energía es un insumo indispensable para la sociedad y la economía del país, su disponibilidad se relaciona directamente con el bienestar humano y la capacidad individual de desarrollar las actividades diarias, permite el uso de tecnologías que incrementan la calidad de vida y apoyan la productividad. Su ausencia se asocia con bajos resultados sociales en salud, educación, pobreza, equidad de género y seguridad, entre muchas otras.

La energía eléctrica es un servicio público en Colombia y constituye un derecho inalienable de todos los ciudadanos, relacionado con la vida, la salud y la integridad personal (Corte Constitucional República de Colombia, 1991) lo que hace que sea una obligación imperativa del Estado proveer este servicio.

La provisión energética está en el centro del debate de la crisis climática del planeta, así como los desafíos sociales que suceden en el país. En el mundo, la energía (electricidad, calor y transporte) es responsable del 73,2% de las emisiones globales de Gases Efecto Invernadero - GEI (WRI, 2020); en Colombia, por su parte, este sector genera el 38% de las emisiones totales (Minambiente, 2020), ubicándose como uno de los temas de mayor relevancia a la hora de implementar medidas con respecto al cumplimiento de los compromisos climáticos internacionales.

Colombia asumió el compromiso de reducir el 51% de sus emisiones de GEI con respecto a las proyecciones de crecimiento para el año 2030 (NDC actualizada de Colombia, Minambiente, 2020), para lo cual la transformación del sector energético es imprescindible. Las subastas de generación del año 2019 y la Ley 2099 de 2021, entre otros instrumentos de política pública, denotan una proyección en la modificación de la matriz energética colombiana, que promueve las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), acciones que al acelerar su curso, pueden contribuir en la modernización del sector y permitirle avanzar hacia el desarrollo sostenible.

Para guiar y concretar acciones a nivel público y privado se hace necesario conocer en detalle las condiciones actuales del sector a nivel departamental y las dinámicas que las movilizan. Como parte de este esfuerzo, Transforma presenta la primera versión del Índice departamental del Trilema Energético para Colombia (ITE), centrado en el sector eléctrico.

Este índice se basó en la metodología del World Energy Council, adaptado a las necesidades nacionales en el sector y a la disponibilidad de información pública a nivel departamental. Adicionalmente, se presentan los análisis de resultados y una breve descripción de la metodología empleada.



## ➤ 2. Índice del Trilema Energético

El índice constituye una herramienta de evaluación y comparabilidad del desempeño energético a nivel departamental. Se generó mediante el análisis de la capacidad territorial para proveer energía sostenible a sus habitantes, teniendo en cuenta tres categorías: (i) Seguridad Energética, (ii) Equidad Energética, y (iii) Sostenibilidad Ambiental. Se determinó tanto un puntaje general, como una clasificación alfabética para indicar el cuartil en que se ubica, en relación con su puntaje.

Se incorporó una descripción de las circunstancias departamentales a nivel de crecimiento económico y de innovación, para dar cuenta de cómo las dotaciones básicas influyen en la situación energética de cada departamento. Mediante este componente se compensa a aquellos departamentos que, pese a las condiciones de desigualdad en las que se encuentran frente a los principales departamentos del país, han intentado trabajar en fortalecer los 3 indicadores del índice



### Seguridad energética

- Dependencia energética
- Diversidad de proveedores
- Diversidad de tecnologías
- Valora la eficacia de un territorio para satisfacer su demanda de energía, presente y futura, de manera confiable.



### Equidad energética

- Acceso energético
- Precios de la energía
- Evalúa la habilidad de un territorio para proveer acceso a energía confiable y de calidad, a precios justos.



### Sostenibilidad ambiental

- Generación con fuentes no contaminantes
- Intensidad energética
- Huella de carbono de la generación
- Da cuenta del estado del territorio en la transición energética a un sistema sostenible que evite impactos negativos sobre el ambiente y el clima.

## » 3. Contexto Colombiano

Colombia posee dos sistemas de conexión eléctrica separados, el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las Zonas No Interconectadas (ZNI). El SIN se compone de las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios. Por su parte, las Zonas no Interconectadas (ZNI) corresponden a sistemas de energía independientes, encargados únicamente de suministrar la energía que demandan los diferentes centros poblados del país, en su mayoría caracterizados por tener un bajo desarrollo económico.

En el país la capacidad efectiva de generación de Energía en el SIN para el año 2020 fue de 17,485 MW, en su mayoría procedente de hidroeléctricas y termoeléctricas localizadas en la región Andina y Caribe, zonas con alta disponibilidad de esos recursos. El departamento de Antioquia cuenta con una alta disponibilidad de recurso hídrico (68,32% es generada en las hidroeléctricas según cifras de XM, consultado septiembre 2021), mientras que en Boyacá y Atlántico los recursos más empleados son carbón y gas, respectivamente.

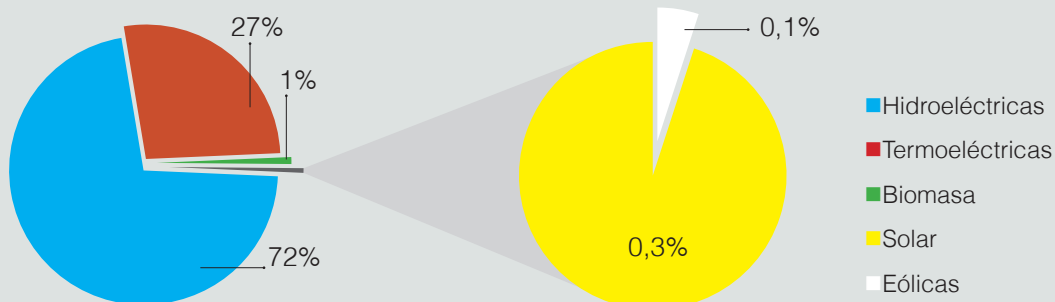
La demanda energética del SIN nacional para ese mismo año fue de 65,479 GWh de energía; siendo los departamentos con mayor desarrollo económico y alto índice poblacional los de mayor demanda. Estos corresponden a los ubicados en las regiones del Caribe y los Andes (XM, 2021).

De acuerdo con esas características, de las 96 empresas que proveen energía al SIN, la mayoría se ubica en el departamento de Antioquia, con una producción del 34% del total de la energía generada en el país, gracias a sus hidroeléctricas. Por su parte, la región Andina comprende la mayor cantidad de empresas generadoras, seguida por el Caribe, con lo cual se evidencia que Colombia depende energéticamente de la capacidad instalada de estas dos regiones.

Una vez la energía es generada se debe distribuir a los diferentes sectores en donde es requerido el servicio, rol asumido por las empresas comercializadoras. Siguen siendo los Andes y el Caribe las regiones que cuentan con más empresas distribuidoras, mientras que los departamentos que pertenecen al ZNI son territorios con una dinámica menor en el desarrollo comercial debido a que existe un bajo interés de inversión por el empresariado.

En este sentido, la electricidad en Colombia posee un sesgo en el acceso, en las ciudades y centros poblados el servicio de energía es eficiente, mientras que existe otra porción significativa del país perteneciente a las zonas rurales, en donde el acceso y la disponibilidad del recurso es reducido. Esta brecha entre las regiones más favorecidas y las más apartadas del país hace que la confiabilidad del suministro del servicio no sea constante.

**Distribución de la matriz energética de generación nacional**



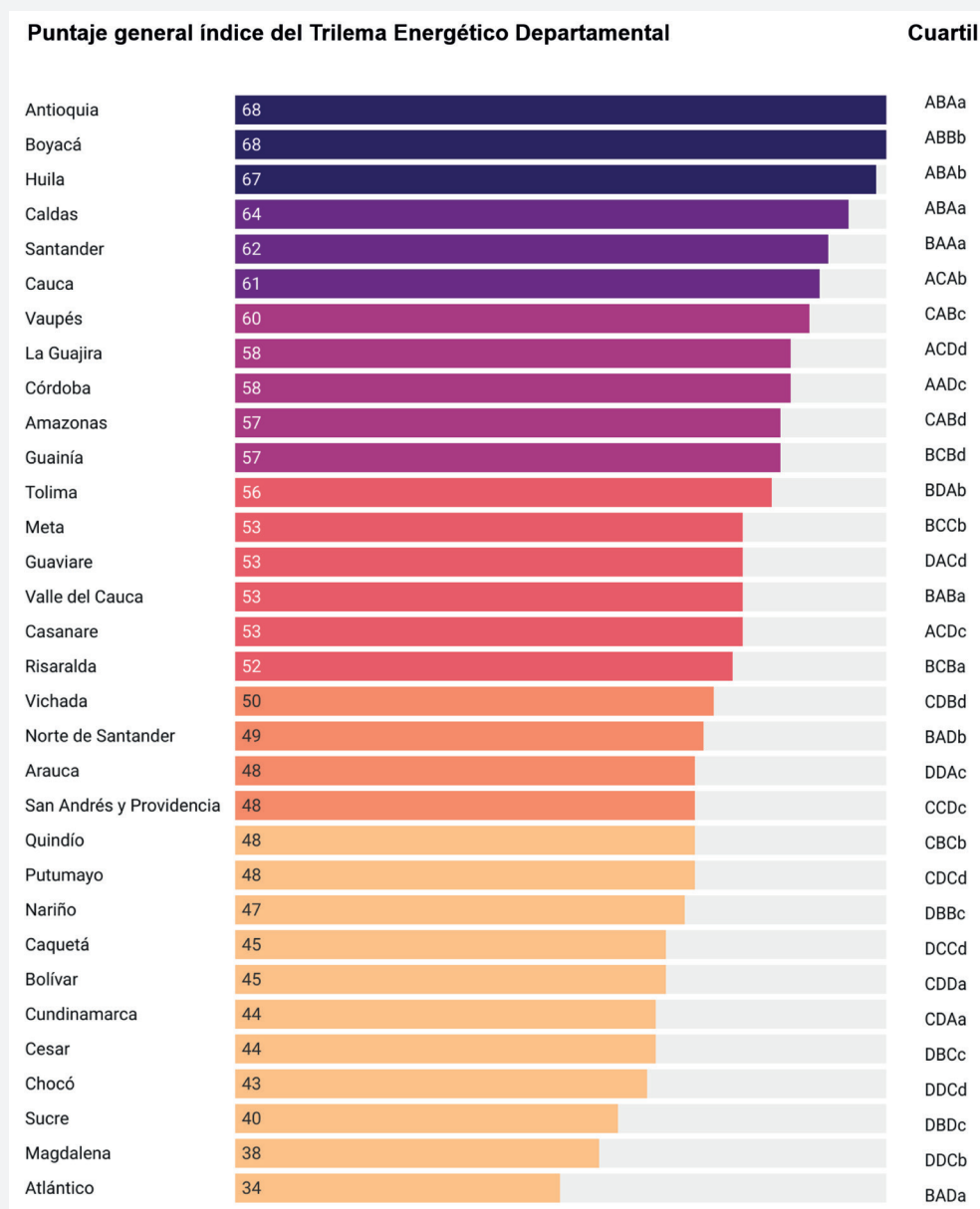
# RESULTADOS DEL ÍNDICE

2020



TRANSFORMA

# » 4. Ranking Departamental

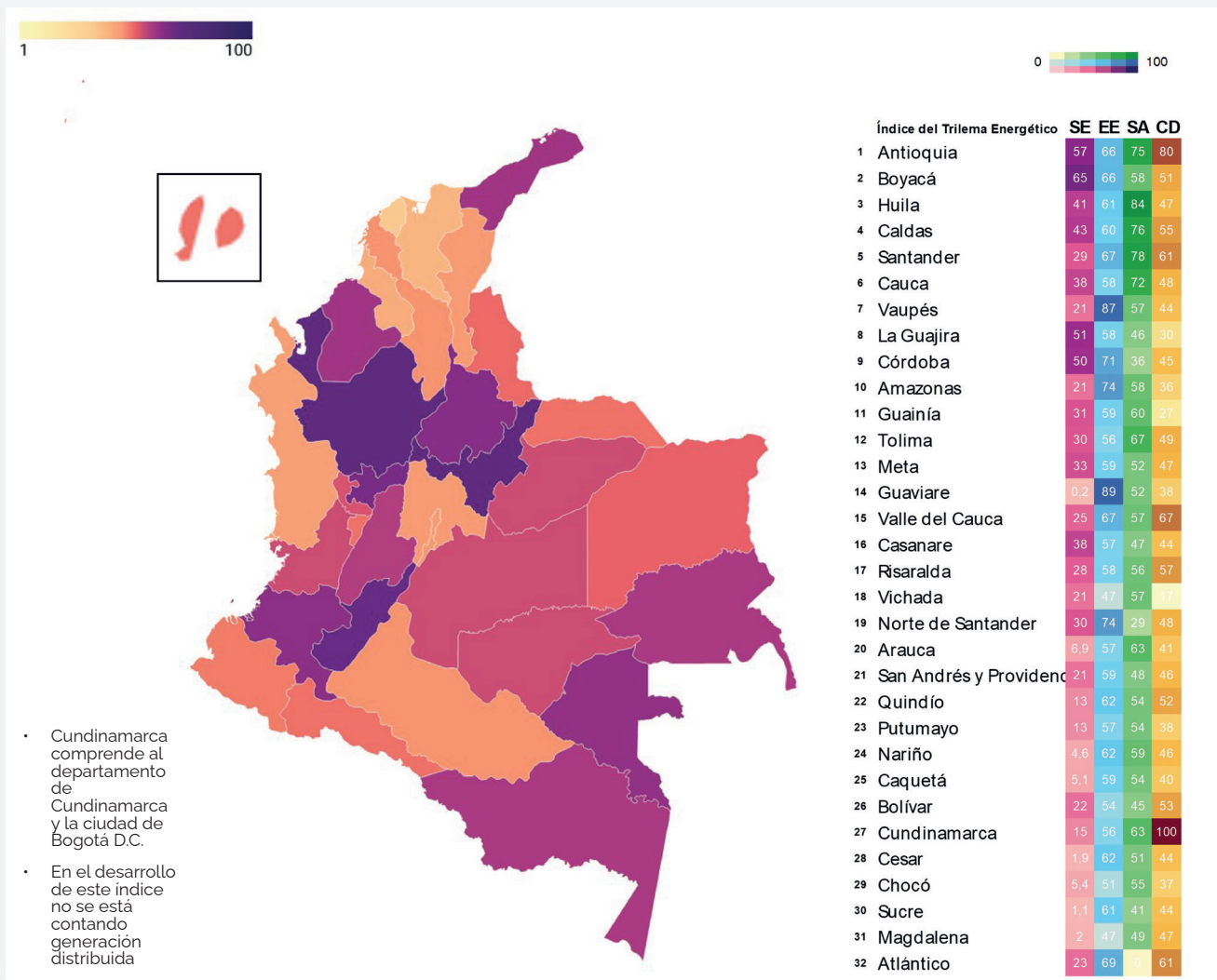


# 4.1 Puntaje General ITE

Boyacá, Antioquia y La Guajira son los tres departamentos con mayores puntajes en seguridad energética (SE) por la especialización en el uso de sus recursos (fuentes hídricas y carbón) y la relación oferta demanda, que les permite, en especial a La Guajira, tener excedentes de energía eléctrica. La diversidad de empresas y tecnologías son los otros componentes analizados, resaltando a Huila, el cual al depender básicamente de una generadora le ocasiona una baja calificación en este índice.

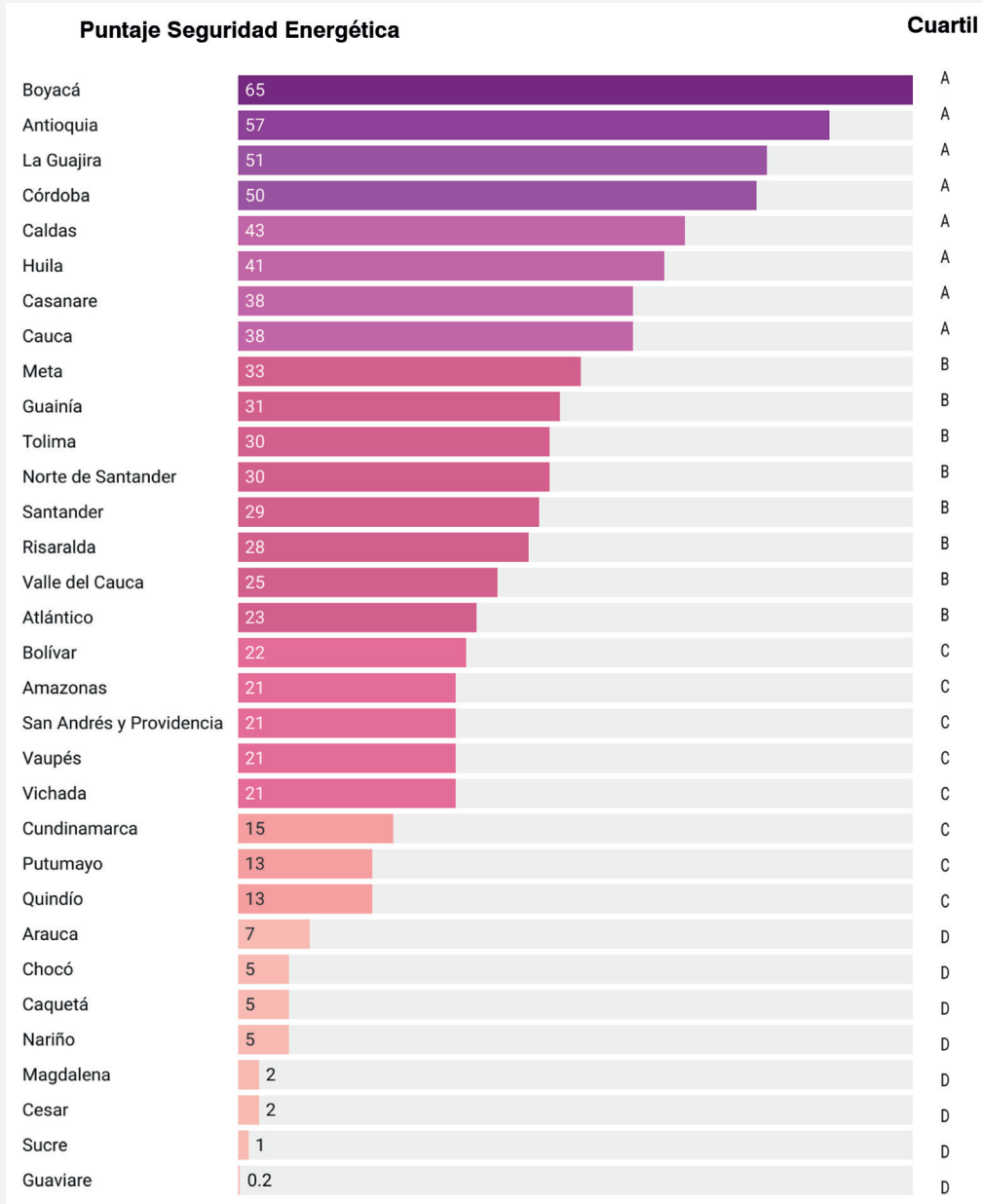
En términos de Equidad Energética (EE) se encuentra una brecha muy marcada entre departamentos de la zona andina y zona caribe y los que están cercanos a las fronteras, con diferencias de 10 horas por día de acceso a electricidad entre las zonas del SIN con respecto a las del ZNI.

Finalmente, la Sostenibilidad Ambiental (SA) se relaciona con el tipo de recurso empleado en la generación de la electricidad. Los departamentos que usan más y carbón y gas obtienen los puntajes más bajos.



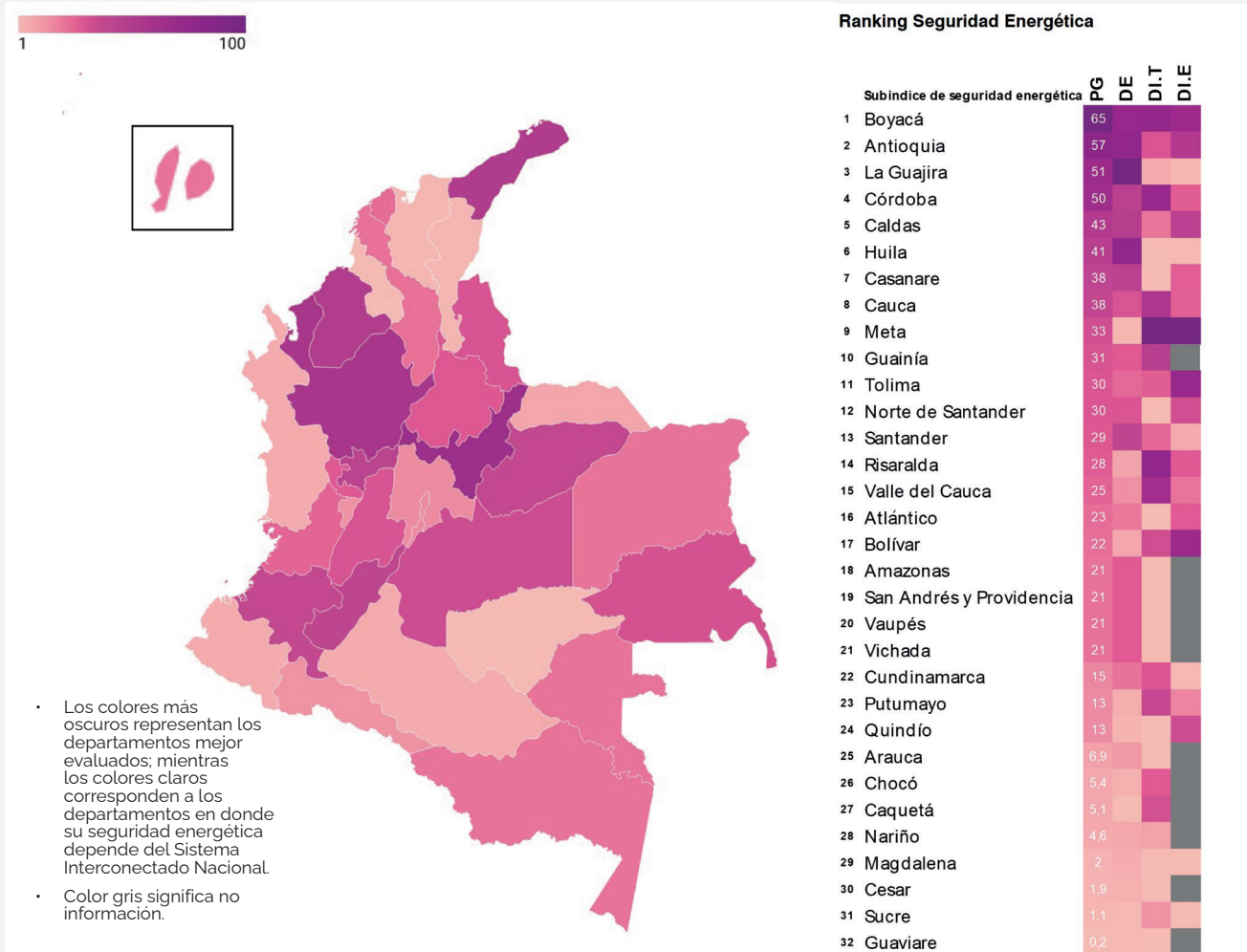
**SE** Seguridad Energética  
**EE** Equidad Energética  
**SA** Sostenibilidad Ambiental  
**CD** Condiciones Departamentales

# » 4.2. Ranking de Seguridad Energética



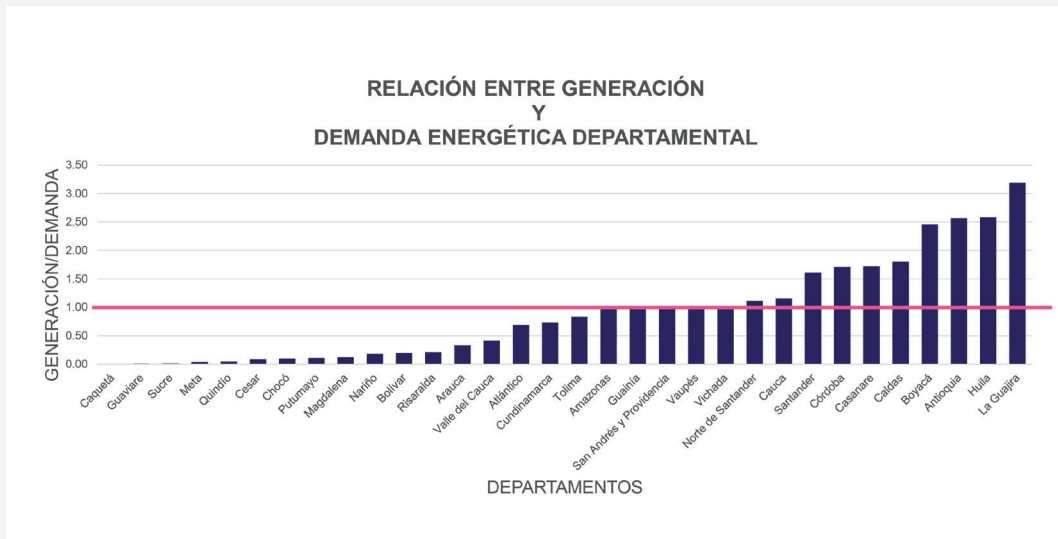
- Los puntajes cercanos al 0 significan una gran dependencia en la generación de energía eléctrica, así como falta de diversificación en las empresas y las tecnologías generadoras de electricidad.
- La diversidad de empresas solo se evaluó en los departamentos que pertenecen al SIN. Los porcentajes para calcular el puntaje final de esta categoría fueron redistribuidos entre las otras dos categorías.

# ➤ 4.2. Ranking de Seguridad Energética



**PG** Puntaje Global  
**DE** Dependencia Energética  
**DI.E** Diversidad de Empresas  
**DI.T** Diversidad de Tecnologías

## ➤ 4.2.1. Dependencia Energética



La dependencia energética corresponde a la relación existente entre la oferta y la demanda de electricidad en el departamento. Cuando la generación de un departamento es superior a su demanda, se considera autónomo eléctricamente, en el caso opuesto es dependiente eléctricamente.

La generación de electricidad en un departamento depende de la disponibilidad de los recursos naturales usados como fuente de producción, por lo que las regiones Andina y Caribe han aprovechado desde hace varias décadas, tanto los recursos hídricos, como térmicos. En virtud de lo anterior, se ha desarrollado una ventaja comparativa de ciertos departamentos en la especialización del mercado, resaltando tres casos: Antioquia, en donde se ha concentrado el desarrollo de energía a partir de hidroeléctricas; Caldas, que cuenta una gran cantidad de Pequeñas Centrales (PCHs) y La Guajira, con un alto aprovechamiento en carbón.

Los departamentos que se ubican por debajo de 1 en la relación generación/demanda (en la figura) corresponden a aquellos en donde la generación de energía eléctrica no satisface la demanda, es decir que cerca del 30% de los departamentos del país son autónomos eléctricamente, es decir su nivel de producción eléctrica podría cubrir sus necesidades.

\* Algunos departamentos pertenecientes a las Zonas No Interconectadas se encuentran parcialmente conectados al Sistema Interconectado Nacional por lo que es posible que su generación sea muy inferior a su demanda.

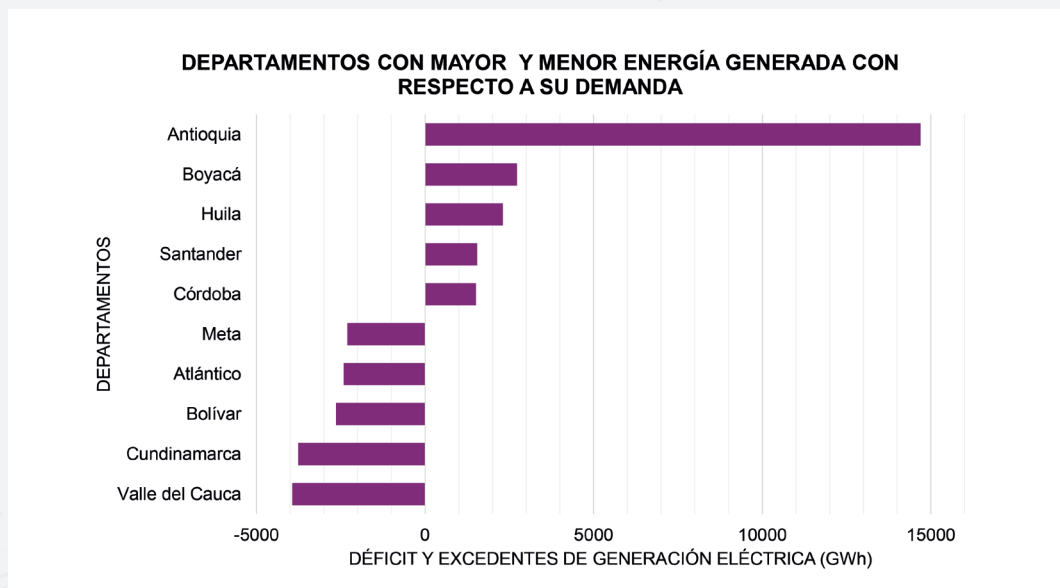
## ➤ 4.2.1. Dependencia Energética

A partir del cálculo de excedentes y déficits departamentales (diferencia entre generación y demanda), Antioquia tiene excedentes de energía (14.696 GWh), como se ha señalado previamente, la mayor parte proveniente de fuentes hídricas; esto lo ubica en el primer lugar en la figura. Boyacá combina tecnologías de hidroeléctricas y termoeléctricas, lo que le permite cubrir su demanda y contar con excedentes. Por su parte, Huila se caracteriza por generar electricidad a partir de grandes centrales hidroeléctricas como el Quimbo y Betania, que generaron para el año 2020 3,767 GW/h.

Santander tiene una de las centrales hidroeléctricas más grandes del país, limítrofe con el departamento de Boyacá, la hidroeléctrica de Sogamoso. Finalmente Córdoba, es una de las zonas carboníferas del país, además cuenta con la hidroeléctrica de Urra, lo que le permite estar entre los cinco departamentos con mayores excedentes de energía eléctrica.

El factor *densidad poblacional* es el más influyente en este índice, pues se traduce en una alta demanda energética. De esta manera, si bien el Valle del Cauca es un departamento generador de electricidad a partir de distintas tecnologías, como termoeléctricas, hidroeléctricas e incluye una interesante apuesta de generación de energía a partir de biomasa, no logra suplir sus demandas.

Interesante señalar el caso de Cundinamarca, departamento que aunque tiene una gran generación de energía, siendo el segundo departamento con mayor producción, para efectos de este índice, al considerar conjuntamente a Bogotá y Cundinamarca, cuenta con una alta demanda energética. Lo mismo ocurre con Bolívar y Atlántico, departamentos que generan a partir de termoeléctricas, pero dada su alta demanda presentan déficit de energía. Finalmente la generación de electricidad en el Meta no es muy alta frente a su demanda, por lo que cierra el grupo de los departamentos con mayores déficits de energía.



# 4.2.1. Dependencia Energética

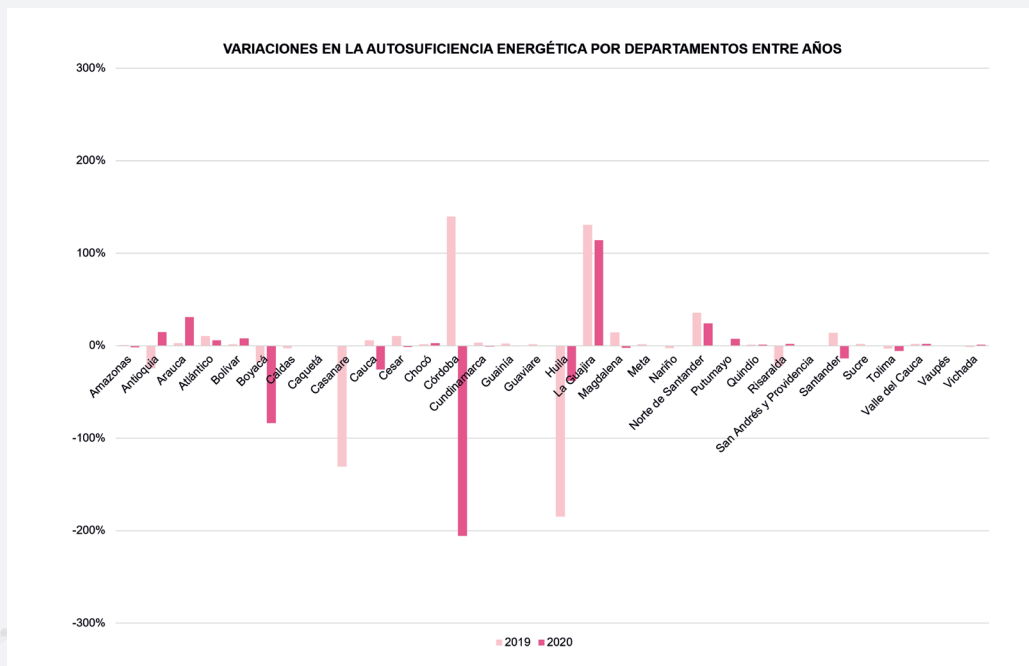
La generación de energía a partir del recurso hídrico es más económica que la proveniente de combustibles fósiles. Sin embargo, debido al cambio en las dinámicas de las precipitaciones como consecuencia de la variabilidad climática, la generación de electricidad se ve afectada. Es decir, los incrementos en los niveles de los embalses pueden beneficiar la producción de energía hidráulica, pero durante las sequías las hidroeléctricas que no logran satisfacer la demanda y el sistema debe acudir a las termoeléctricas.

Puesto que el ENFICC de las plantas térmicas es superior al de las demás tecnologías, hasta la fecha se recurre a estas para respaldar la generación energética del SIN. El balance de autosuficiencia energética en un departamento varía de acuerdo con la disponibilidad de sus recursos energéticos. Las grandes variaciones en la autosuficiencia energética se dan principalmente en aquellos departamentos en donde existe generación de electricidad a partir de recursos fósiles, como Córdoba, Casanare y Boyacá.

La relación de oferta demanda del departamento de La Guajira se resalta dado que la demanda es positiva, con una generación de 1,469GWh y una demanda de 461GWh, por lo tanto este departamento suple sus necesidades y contribuye con la satisfacción energética de departamentos adyacentes, en donde la logística requerida para la transmisión de la energía obtenida de otras fuentes, como la hídrica, sería más costosa. Es decir, dada la cercanía y los costos asociados a la transmisión de la energía, es más costo-efectivo suplir la energía de los departamentos vecinos con las fuentes fósiles que hacer uso de una fuente más limpia, como podría ser las hidroeléctricas del centro del país.

Con esto se evidencia el precio de la energía depende altamente del comportamiento meteorológico, el tipo de energéticos usados y de la logística de distribución.

• **ENFICC:** máxima energía eléctrica que es capaz de entregar una planta de generación continuamente, en condiciones de baja hidrología, en un periodo de un año.



## ➤ 4.2.2. Diversidad de empresas

El índice de concentración de mercado utiliza la metodología Hirschmann-Herfindhal (HHI), relacionando la energía eléctrica generada, el número de operadoras y su respectiva participación en el mercado. Se mide en un rango de 0 a 10.000, en donde los valores más altos corresponden a una mayor concentración del mercado de energía.

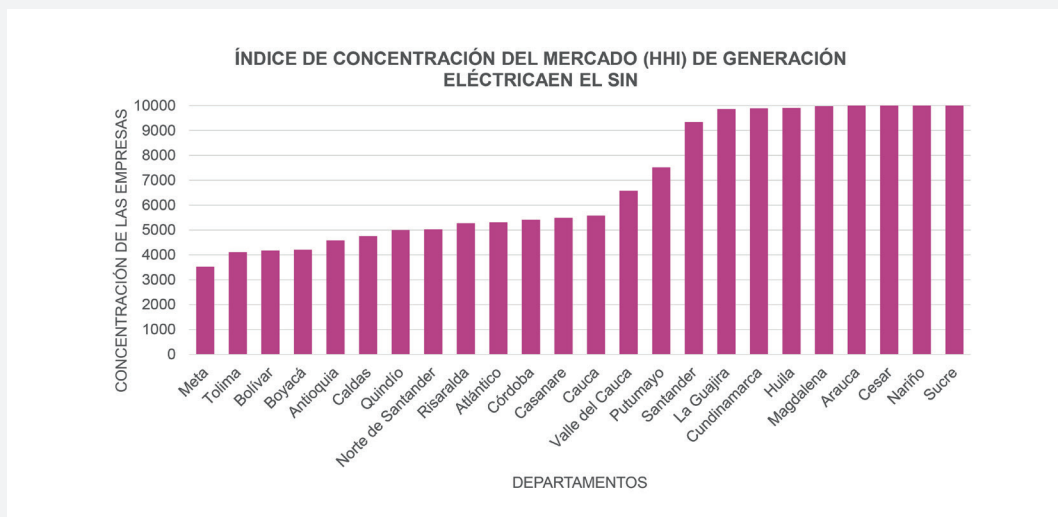
Dos factores influenciaron el índice: (i) la diversificación de actores en el territorio y (ii) condicionantes del desarrollo de proyectos, como la alta inversión de capital y cumplir condiciones comerciales del mercado: mayor disponibilidad de financiación y mayor cantidad de desarrollo de la cadena de valor (proveedores, inversores, etc).

Las directrices políticas locales, por ejemplo plasmadas en los planes de desarrollo departamentales, también constituyeron un factor relevante en la diversificación de las empresas al brindar señales claves para los empresarios.

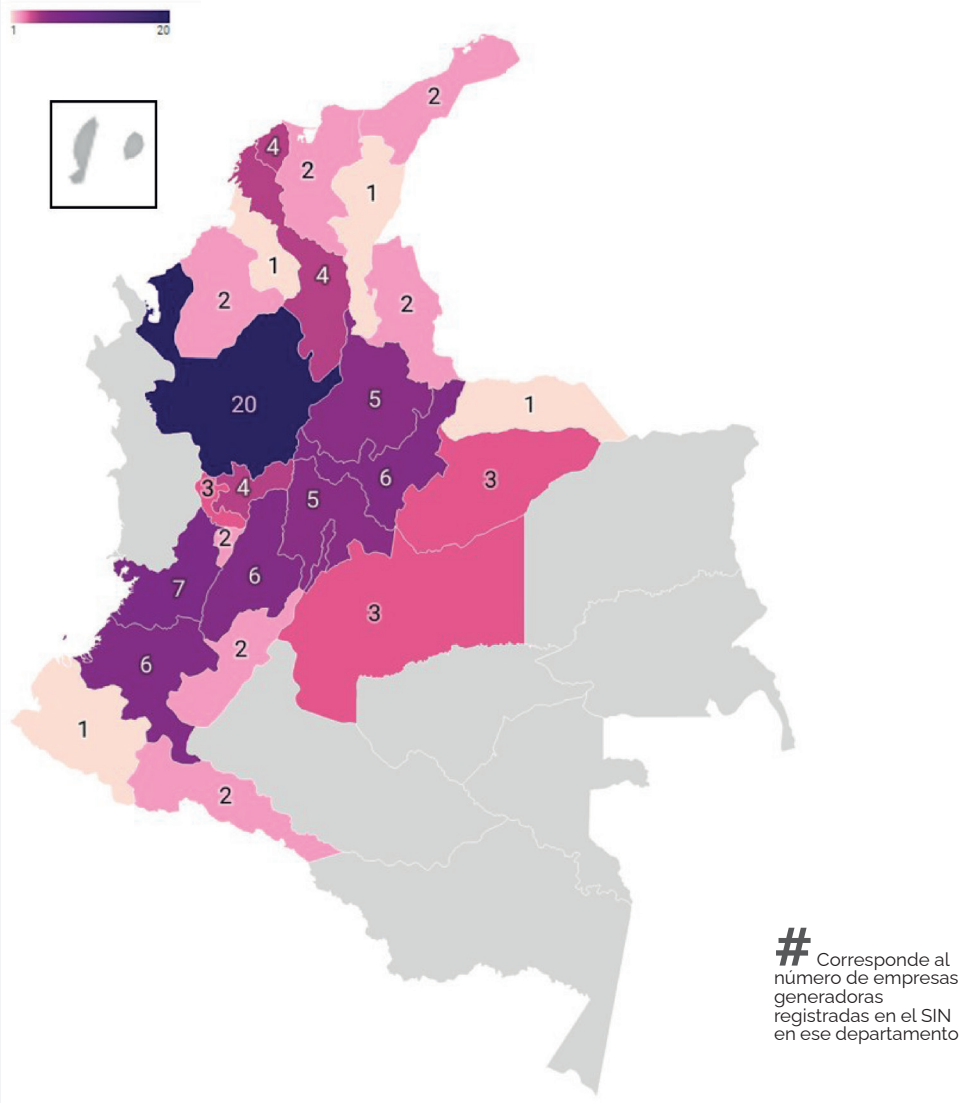
También se valoró la cantidad de empresas, no la cantidad de energía que generan; esta condición clasificó a Huila como un departamento poco diversificado, ya que solo cuenta con dos empresas generadoras y una de ellas comprende casi la totalidad de la generación. En este sentido, su seguridad energética se vería comprometida en caso de que dicha empresa no pueda operar.

De esta manera, apostarle a la generación de energía a partir de FNCER, incrementará la diversificación del mercado, dando apertura a la generación de nuevos negocios.

- Para el cálculo de este indicador solo fueron tenidas en cuenta las empresas generadoras de energía eléctrica pertenecientes al SIN.



## Número de Empresas Generadoras en el SIN



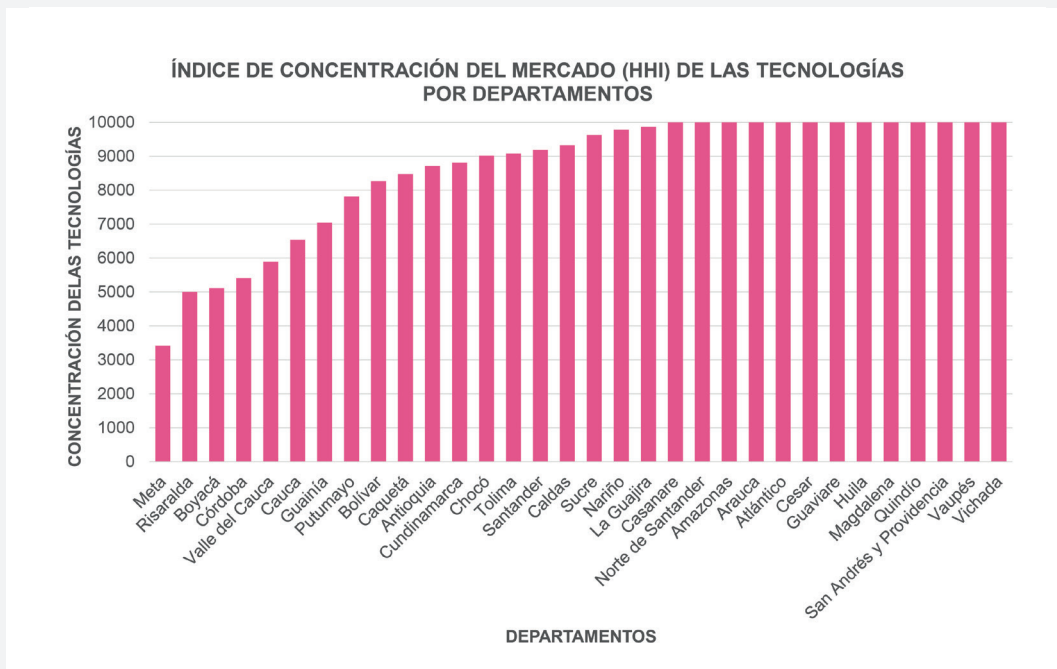
Los departamentos en gris pertenecen a las ZNI, debido a que los datos obtenidos para estas zonas no es anualizado y el funcionamiento de las generadoras es distinto al de las SIN, no se incluyen en el análisis.

## » 4.2.3. Diversidad de tecnologías

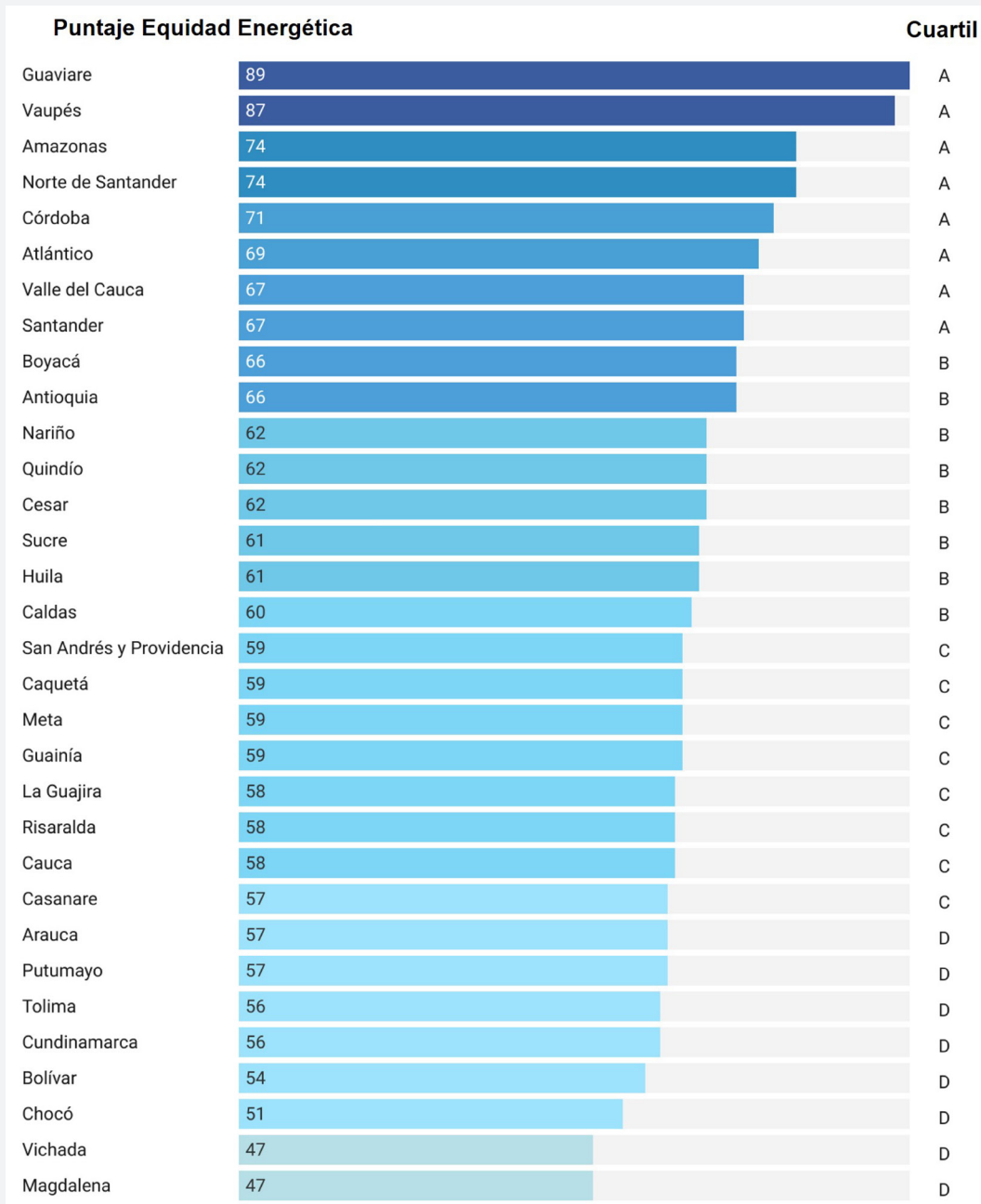
Las tecnologías evaluadas para el desarrollo de este subíndice fueron: hidroeléctricas, termoelectricas, biomasa, solares, eólicas, carbón, gas, ACPM y combustóleo. La diversificación de la generación depende no solo del tipo de recurso o energético que se emplee en el departamento, sino de la capacidad que existe para poder acceder a este. Para los combustibles fósiles debe contarse con líneas o medios de transmisión entre los departamentos para que sea viable el acceso a estos combustibles. Esto refleja una gran dependencia en la logística de comercialización para poder diversificar el mercado de las tecnologías.

En el Caribe predominan las térmicas, carbón y gas por la disponibilidad del recurso y la facilidad logística que brindan los gasoductos y puertos internacionales. En la región central la riqueza del recurso hídrico hace que predominen las hidroeléctricas. Por otro lado, la concentración de la industria de caña, palma y la importante actividad agropecuaria asociada a la generación de electricidad en Valle del Cauca, Cauca y Meta ha favorecido el desarrollo de la Biomasa en estas regiones.

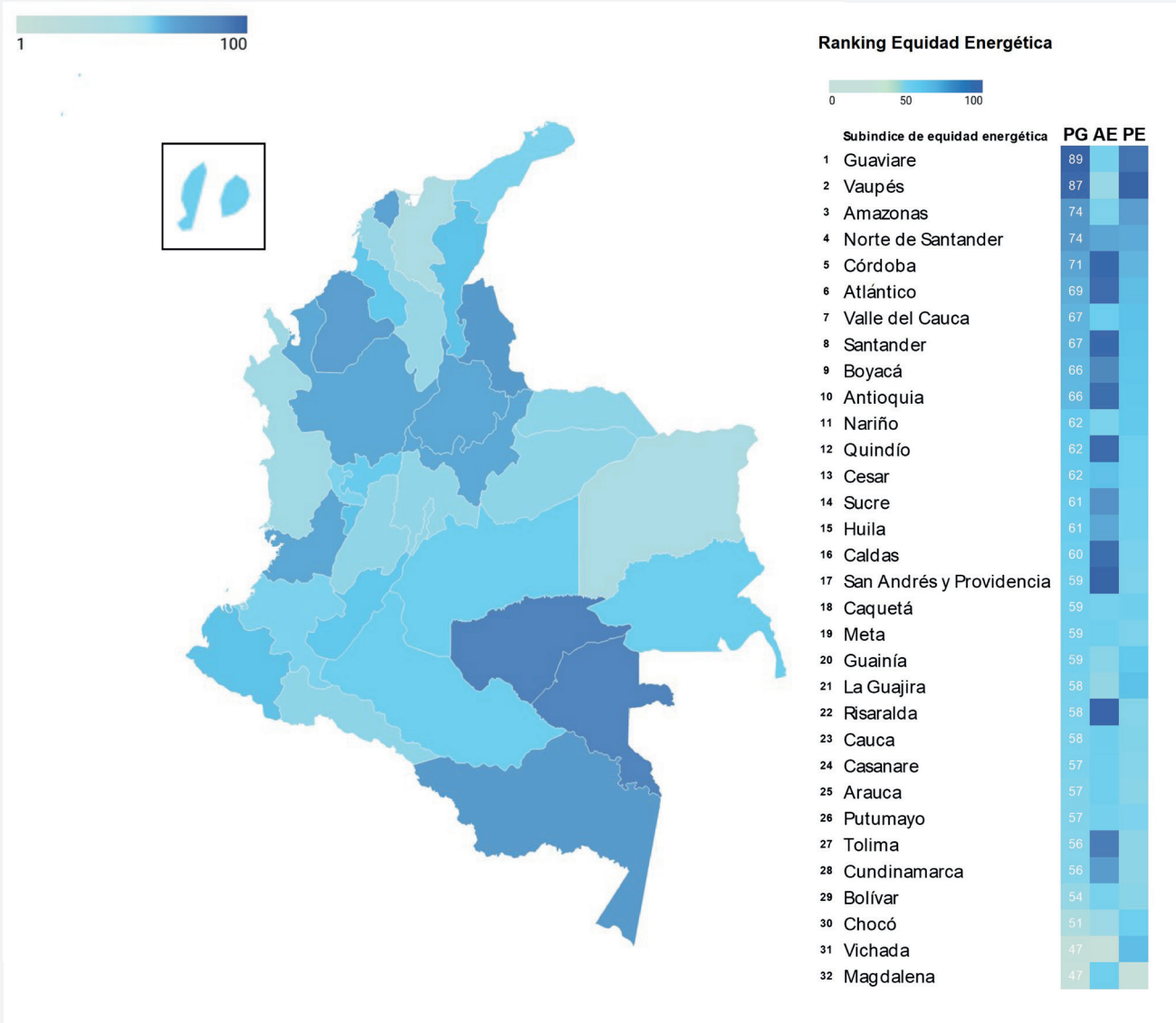
Cesar se caracteriza por el desarrollo de energías solares por su potencial de irradiancia, así como en varias partes del país, en la región central y del Caribe en energía Eólica por los altos valores de velocidad promedio del viento, y de biomasa en ciertas regiones con alta productividad agropecuaria.



## » 4.3. Ranking Equidad Energética



# ➤ 4.3. Ranking Equidad Energética



**PG** Puntaje Global  
**AE** Acceso a la Electricidad  
**PE** Precios de la Electricidad

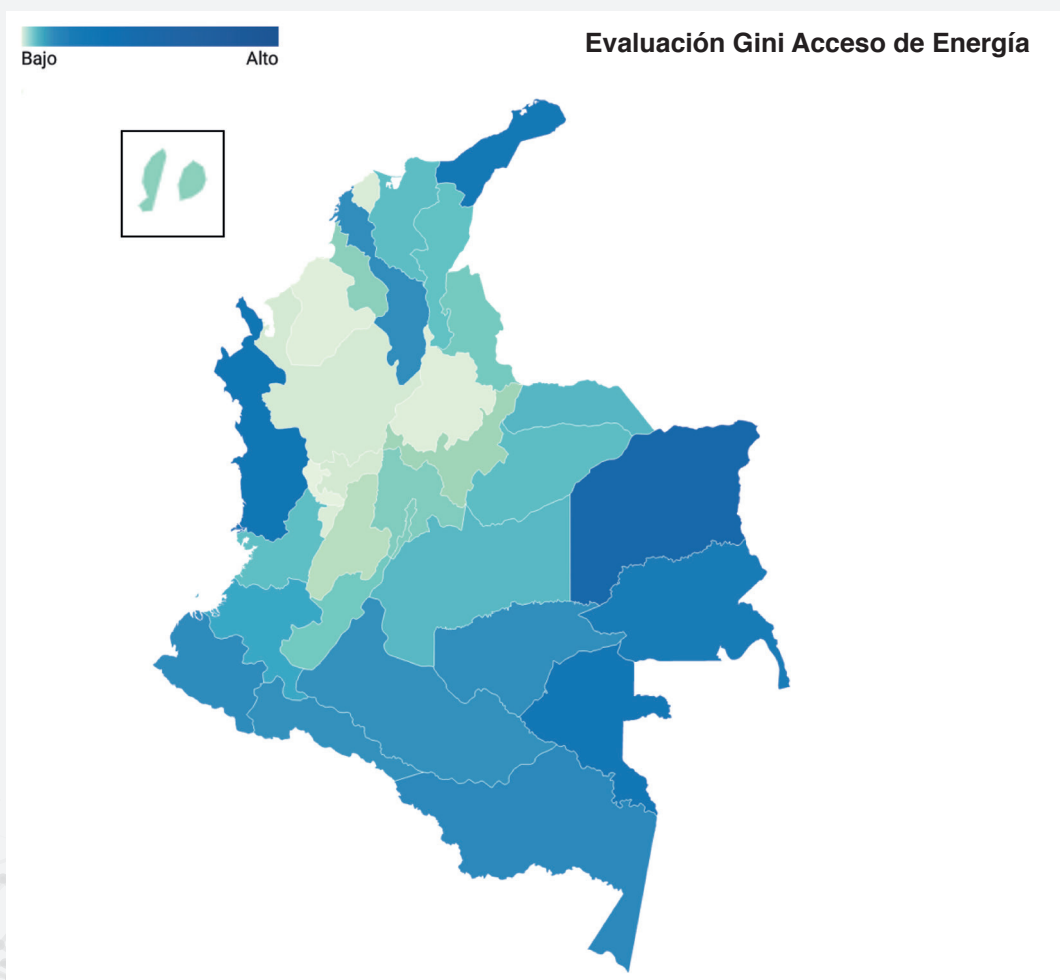
## ➤➤ 4.3.1. Acceso energético

De acuerdo con la caracterización del IPSE (2021) las ZNI ascienden al 53% del área nacional, agregando 76 municipios. Sin embargo, corresponden a una porción de la población colombiana de cerca del 4% (aproximadamente 2 millones de personas). Comúnmente, estas zonas tienen una baja densidad poblacional, y están ubicadas de manera dispersa en el territorio, lo que dificulta la instalación de infraestructura eléctrica en muchos casos.

Estas características propias de la región y las dificultades para instalar infraestructura eléctrica, hace que en estas zonas se desarrollen soluciones individuales a partir de sustitutos, como leña, carbón, o combustibles fósiles como el diesel que permitan cubrir las necesidades de actividades económicas. Existen casos como los departamentos de San Andrés y Providencia logra más de 20 horas de electricidad, a pesar de estar ubicados en ZNI.

La calidad del servicio en las ZNI es menor al de las zonas que cuentan con capacidad instalada en el SIN y en la figura se muestran las horas de acceso en aquellos territorios que hacen parte de las ZNI.

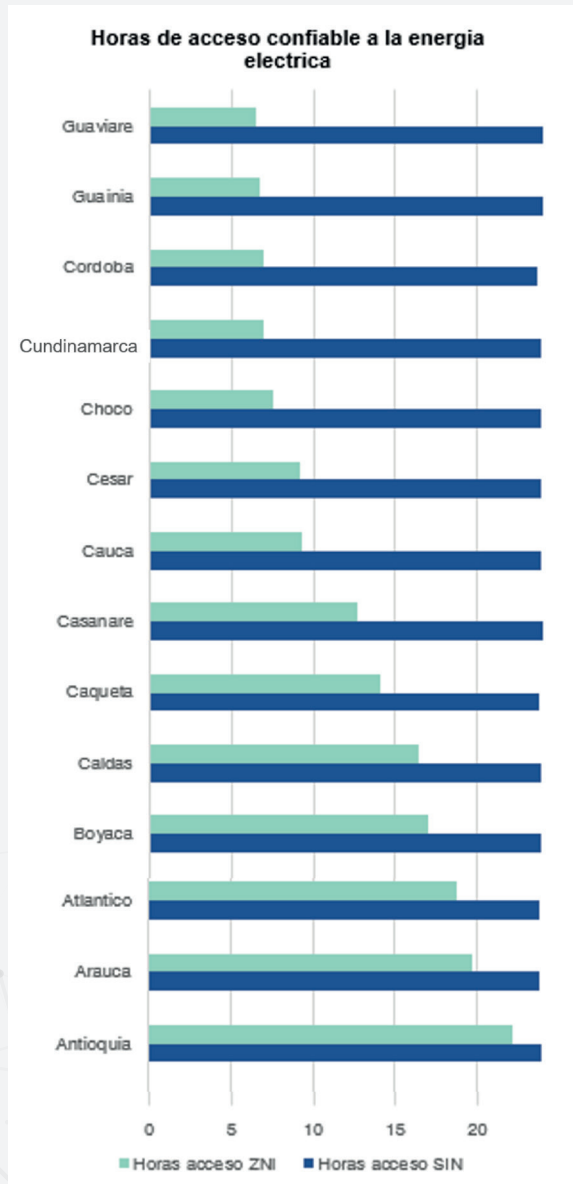
Se prevé que la implementación de proyectos en energía renovable podría mejorar estos indicadores de acceso energético, sobre todo en las zonas en donde el servicio se ha caracterizado por tener una baja calidad.



## ➤ 4.3.1. Acceso energético

Aunque en Colombia el servicio de energía eléctrica es un servicio público fundamental, su acceso es limitado para una porción de la población. Según la UPME a partir del cálculo del índice de cobertura de energía eléctrica (ICEE) en el año 2018 un total de 495,988 viviendas se encontraban sin servicios de energía eléctrica (aproximadamente 2 millones de habitantes) (UPME, 2019).

Según el estudio de caracterización del IPSE y el informe de la superintendencia de servicios públicos, se evidenció que la brecha entre lo urbano y lo rural es notoria, las áreas urbanas del país tienen una cobertura promedio del 98% y el acceso en los departamentos del centro del país supera las 23 horas de acceso efectivo per cápita, mientras que aquellos pertenecientes a regiones más apartadas, como el Pacífico, la Orinoquía y el alto Caribe, cuentan con un promedio de 13 horas de acceso efectivo por habitante (IPSE, 2021).



\* Se muestran los departamentos con datos para ambos tipos de interconexión (SIN o ZNI)

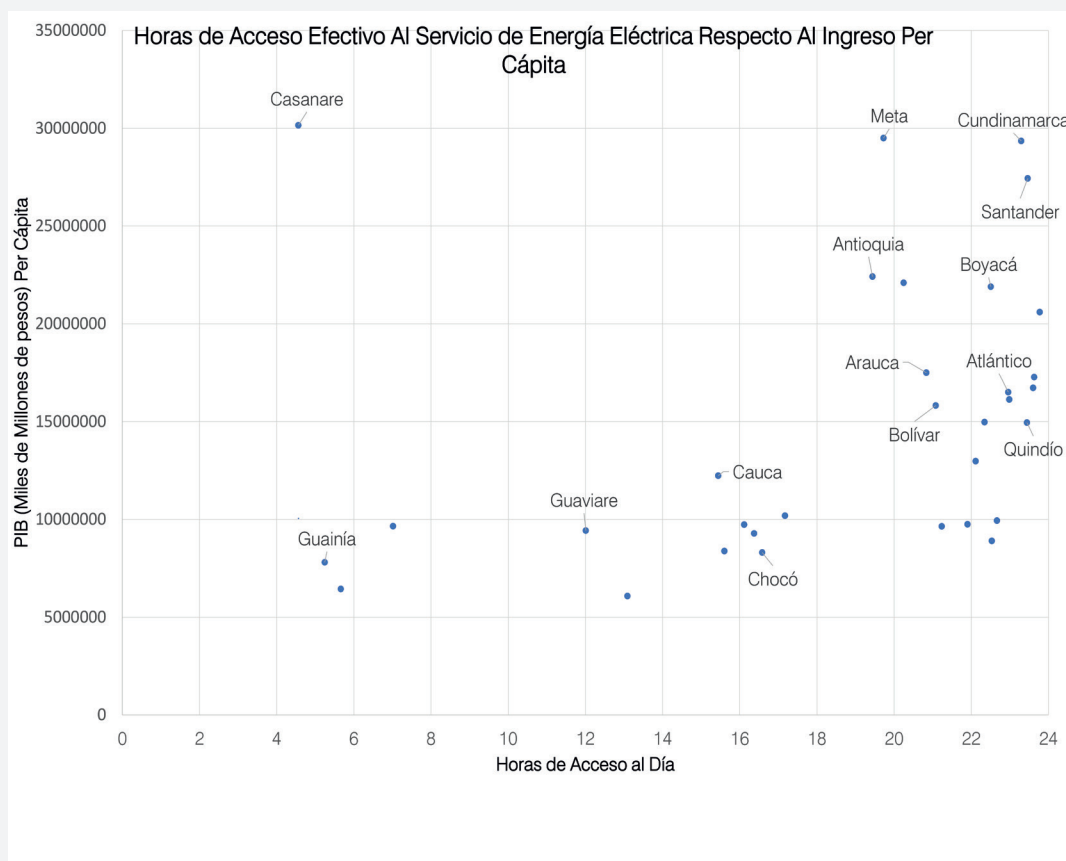
## » 4.3.1. Acceso energético

El indicador de acceso efectivo tiene dos determinantes significativas: (i) la densidad poblacional y (ii) la riqueza productiva del departamento.

**Densidad poblacional:** Relaciona la dificultad de aprovisionamiento del servicio de energía eléctrica por parte de territorios con poca población o una población muy dispersa. Esto se explica por la ausencia de una demanda suficientemente concentrada que posibilite los altos costos de inversión de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica en el territorio. Estas inversiones deben cubrirse con los precios de las tarifas a usuarios, y si esto no es posible los territorios por lo general no contarán con un acceso efectivo.

**Riqueza productiva:** La relación de la riqueza de un departamento y sus principales actividades económicas es decisiva para la provisión del servicio de electricidad. No obstante, algunos departamentos a pesar de tener unos niveles de productividad altos, no proveen un acceso efectivo proporcional a todos sus habitantes.

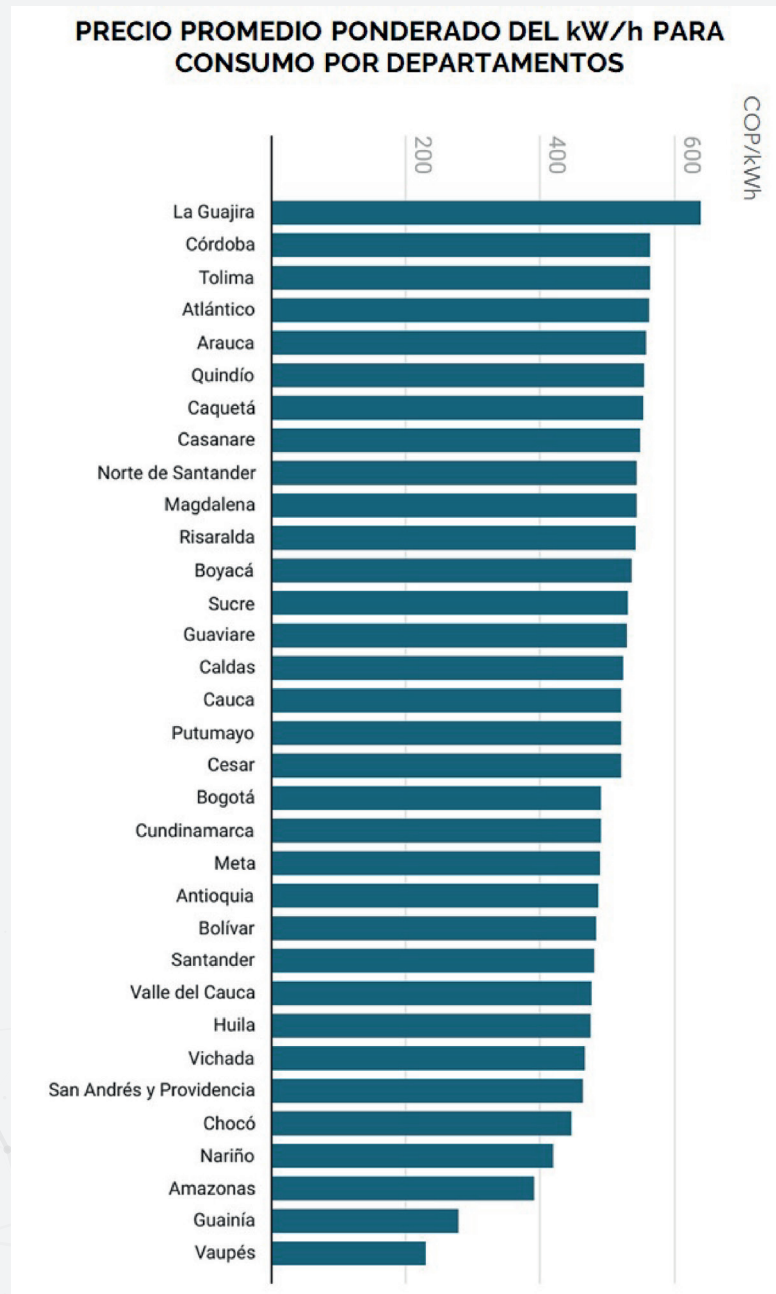
\* El gráfico describe la relación positiva entre el mayor número horas de acceso efectivo al servicio de energía eléctrica respecto al ingreso per cápita de cada departamento. La línea de tendencia separa a los departamentos que tienen un peor desempeño en el indicador dado su nivel de ingreso (arriba de la línea), de los departamentos que tienen mejor acceso dado su riqueza per cápita (debajo de la línea).



## ➤ 4.3.2. Precios de Energía Eléctrica

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) es la entidad que establece la fórmula para determinar el precio de la energía por kWh consumido por los clientes regulados del SIN. A partir de Resolución 119 de 2007, se estableció que el costo de la energía se asocia a la inversión en sus etapas de producción, transmisión, comercialización y administración.

- Los datos que se usaron para el estudio del costo de la energía, fueron obtenidos del Sistema Único de Información SUI, en su plataforma Web O3. Por otro lado, se realizaron una serie de ajustes en el valor por kWh consumido, ya que se presentaba algunas inconsistencias en los datos arrojados de la fuente de información del SUI, con lo cual como segunda fuente de información se usaron las tarifas publicadas por algunas empresas comercializadoras de los departamentos ajustados.



Para la etapa de producción energética, el costo depende del tipo de tecnología usada para la generación de energía, así como los costos de operación de la planta. Las termoeléctricas son las tecnologías con mayor costo de generación ya que dependen del precio de combustibles fósiles como carbón gas o diesel, dicho costo está relacionado con la necesidad de una infraestructura robusta y costosa para su extracción. En segundo lugar se encuentran las hidroeléctricas, con un alto costo asociado al valor de inversión de la infraestructura para el uso del recurso hidráulico. Existen distintas tecnologías que permiten obtener electricidad a partir de FNCER, debido al potencial de recursos disponibles en el territorio nacional tanto en radiación solar, en la velocidad media del viento y el gran potencial energético a partir de residuos de biomasa, hacen de Colombia un país atractivo para la implementación de estas fuentes de energía (UPME, 2015).

La etapa de transmisión depende de la infraestructura para suministrar la energía que demanda la población, o cubrir la distancia en líneas de distribución de energía desde las plantas generadoras hasta las subestaciones y por clientes. Usualmente esto hace que el costo de la energía se eleve.

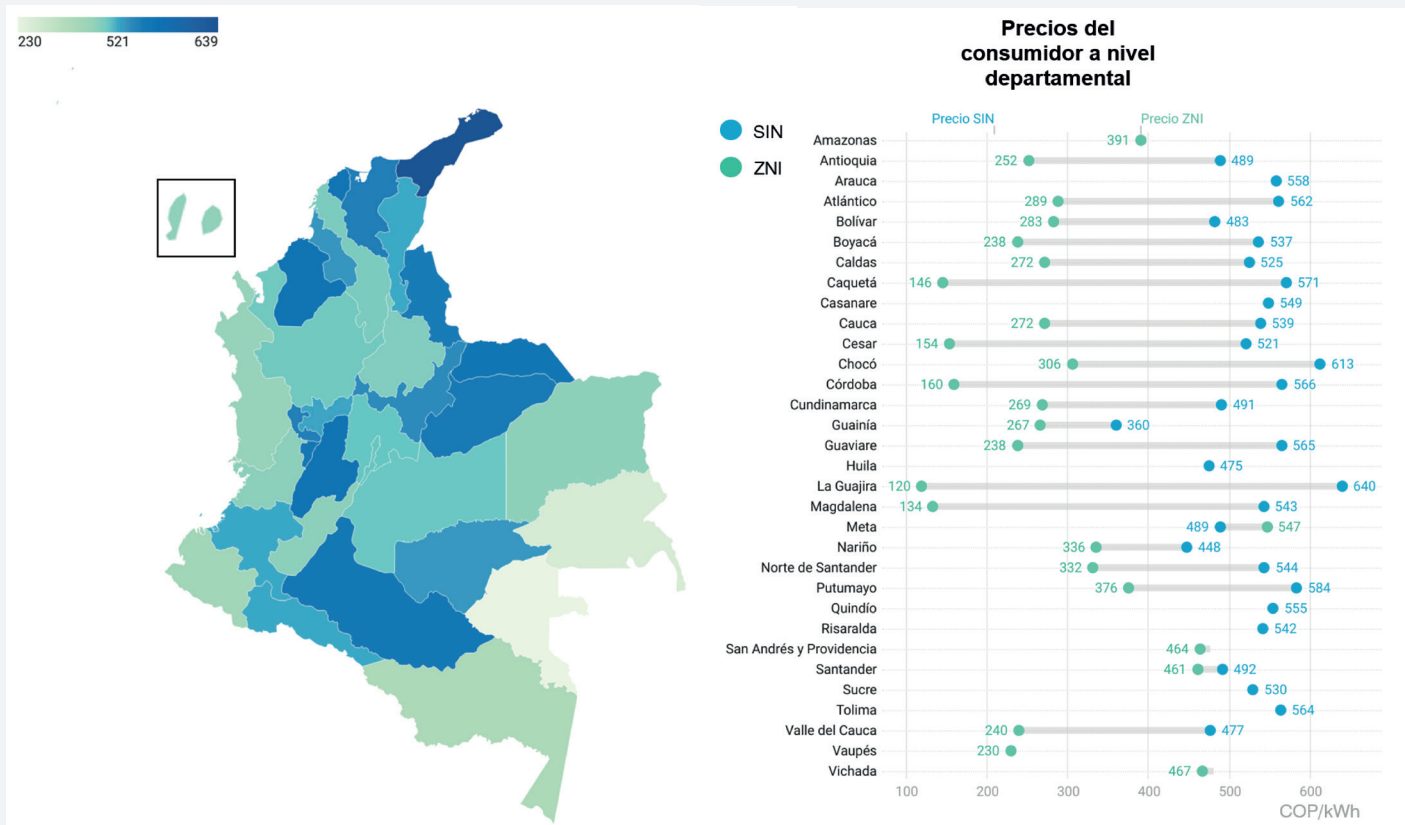
En este orden de ideas los departamentos del SIN con bajo potencial de generación y que requieren una larga infraestructura de distribución, poseen un costo más elevado, en comparación con los departamentos que presentan mejor desempeño energético, en especial en su capacidad de generación.



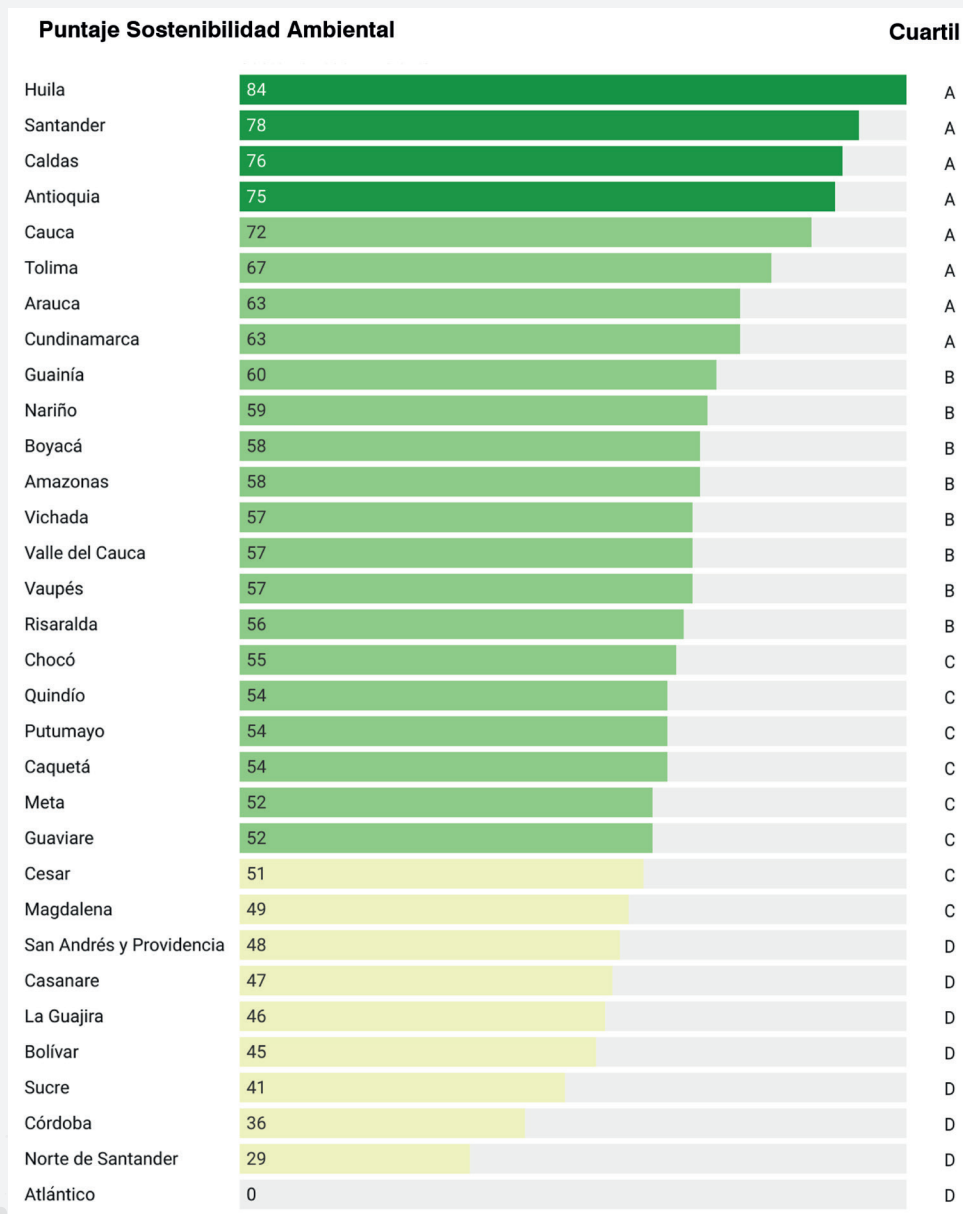
## 4.3.2. Precios de Energía Eléctrica

Un patrón que ocurre a lo largo del país es el bajo precio de la energía para los consumidores finales en los departamentos con poblaciones atendidas en la categoría de ZNI. Casi todos los departamentos incluidos en el top 10 de los precios más bajos, tienen municipios y localidades que son atendidas en esta categoría. Esta tendencia se explica por los subsidios que el gobierno brinda a los operadores del servicio en estas zonas, en dónde se presenta una mayor vulnerabilidad socioeconómica, que a su vez implica una limitación para promover soluciones energéticas que garanticen su sostenibilidad.

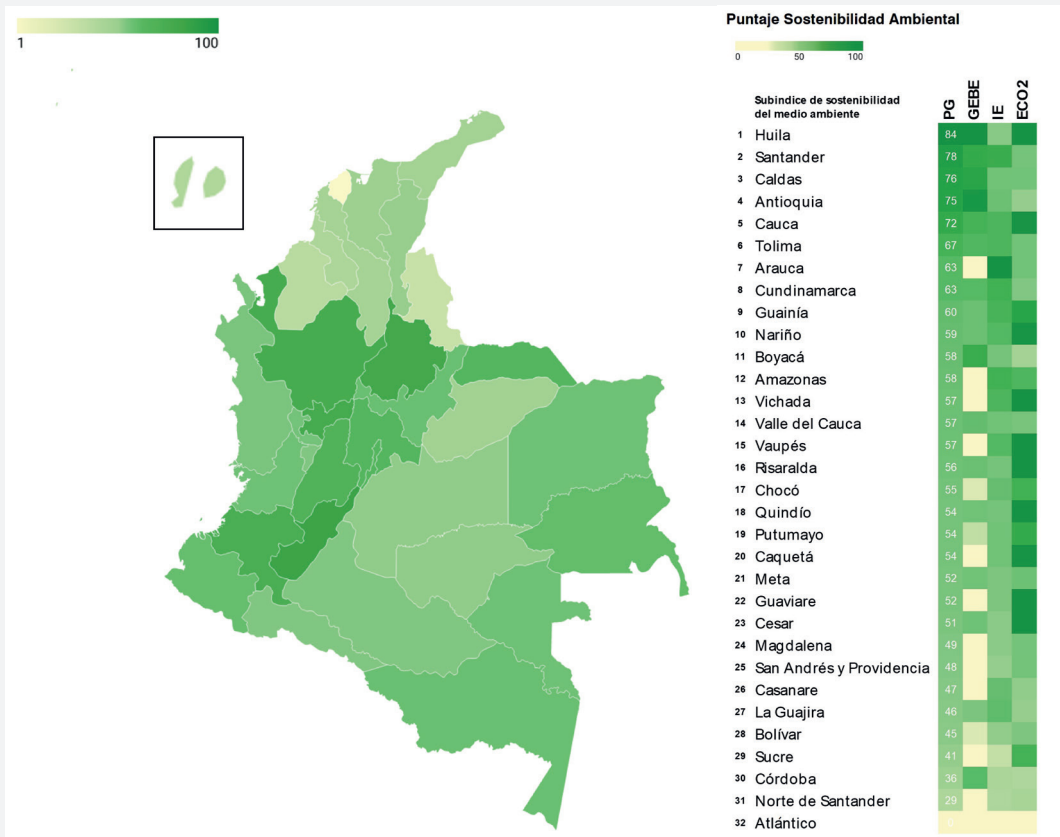
La comercialización y administración depende de la competencia en el mercado; para los departamentos con mayor desarrollo económico y gran cantidad de clientes residenciales y no residenciales, el costo de la energía es menor que en aquellos donde hay una baja competitividad en el suministro del servicio. Para el ZNI el costo es menor tanto en los sectores residenciales como no residenciales, dado que la generación de energía se realiza con pequeñas centrales eléctricas, presentan una intensidad baja que responde a una demanda menor y tienen un sistema centralizado que hace más económica su distribución.



## 4.4. Ranking Sostenibilidad Ambiental



# ➤ 4.4. Sostenibilidad Ambiental



**PG** Puntaje Global  
**GEBE** Generación de Electricidad Bajas Emisiones  
**IE** Intensidad Energética  
**ECO2** Emisiones de CO2



## 4.4.1. Intensidad energética

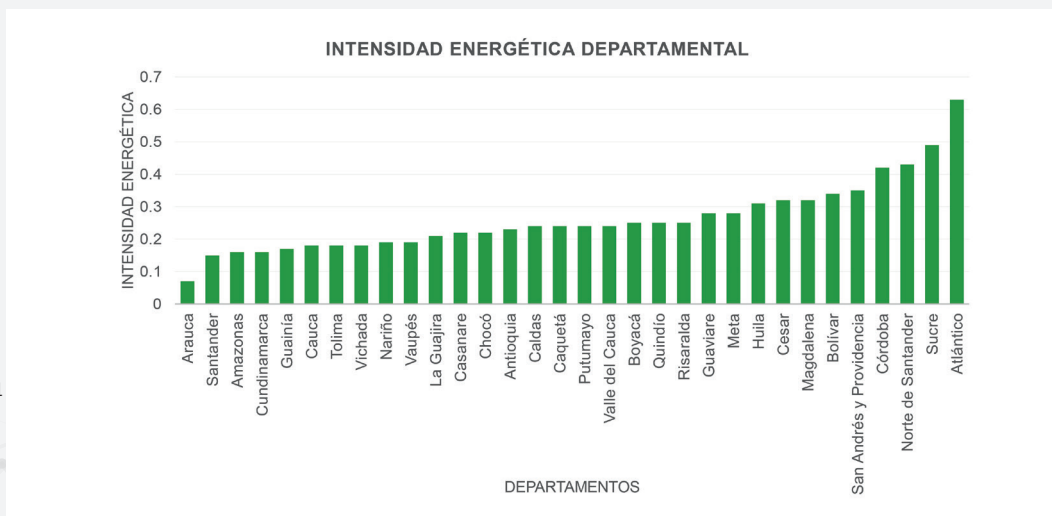
El indicador de intensidad energética de la economía (cantidad de energía utilizada para generar una unidad de PIB) se utiliza principalmente porque a nivel agregado es una medida indirecta de la energía necesaria para satisfacer la demanda de servicios. El desempeño de los departamentos depende de diversas variables, entre ellas: el tipo de actividades productivas que desarrolla y su rentabilidad, la facilidad para generar valor económico agregado, y la eficiencia del consumo energético.

El indicador provee información sobre las actividades energéticamente intensivas en un territorio, y de manera comparada, del nivel de desarrollo tecnológico de los medios de producción usados para las actividades económicas. Los departamentos que ocupan los últimos puestos de la tabla, con indicadores más altos, están caracterizados por un uso intensivo de refrigeración y aire acondicionado para fines residencial y comercial; y en algunos departamentos se suma el alto uso de energía para el sector industrial o minero.

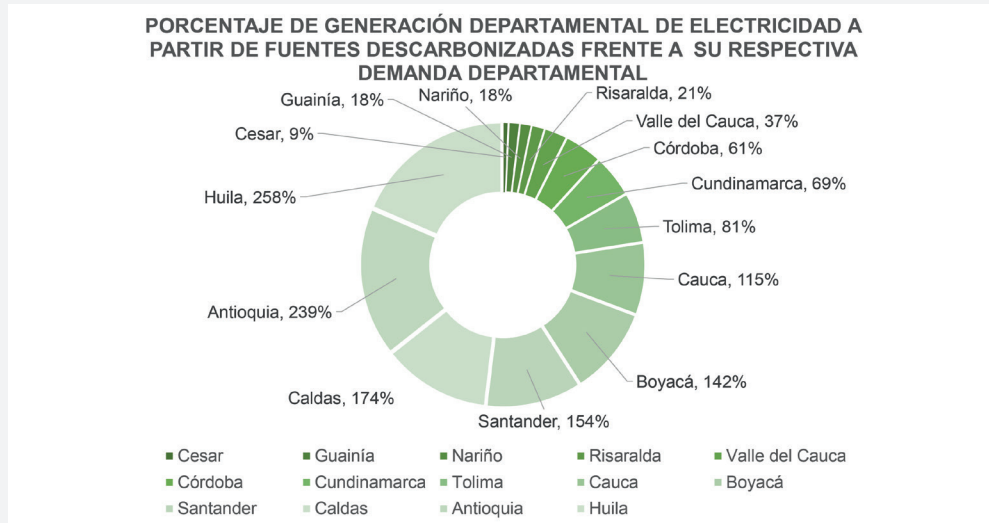
En general el consumo eléctrico para los sectores industrial y residencial tiende a ser muy similar a nivel departamental. En Atlántico la alta demanda de sistemas de acondicionamiento de aire, así como las actividades portuarias e industriales, hacen que sea el departamento con mayor intensidad energética, a pesar de que se genere el 4.48% del PIB nacional (DANE, 2021). En Córdoba el gran consumo energético para la minería de Níquel (uno de los mayores consumidores del país), en contraste con la generación de PIB, hace que el indicador de intensidad sea alto. En San Andrés y Providencia las actividades de comercio y turismo provocan un alto consumo de energía eléctrica, siendo un departamento de baja producción de PIB, por tanto su valor también es alto.

Por otra parte, los departamentos con baja intensidad energética presentan un uso eficiente de su energía para generar valor económico. Santander, Cundinamarca y Antioquia son departamentos en los cuales el PIB se relaciona directamente con las actividades de servicios, cuyos consumos energéticos son bajos (Cámara de Comercio, 2021). En Arauca se genera un alto PIB gracias a su actividad petrolera y bajo consumo energético total, mientras que en otros departamentos los indicadores son bajos gracias a su demanda mínima de energía como en Guainía y Vichada.

- Intensidad Energética: Unidad de medición que relaciona el consumo energético con el Producto Interno Bruto (PIB). Para el caso de este estudio Terajulios/Miles de millones de COP.
- Intensidad Energética de Chile se obtiene de la página de la Comisión Nacional de Energía y el PIB de la página del Banco Central de Chile

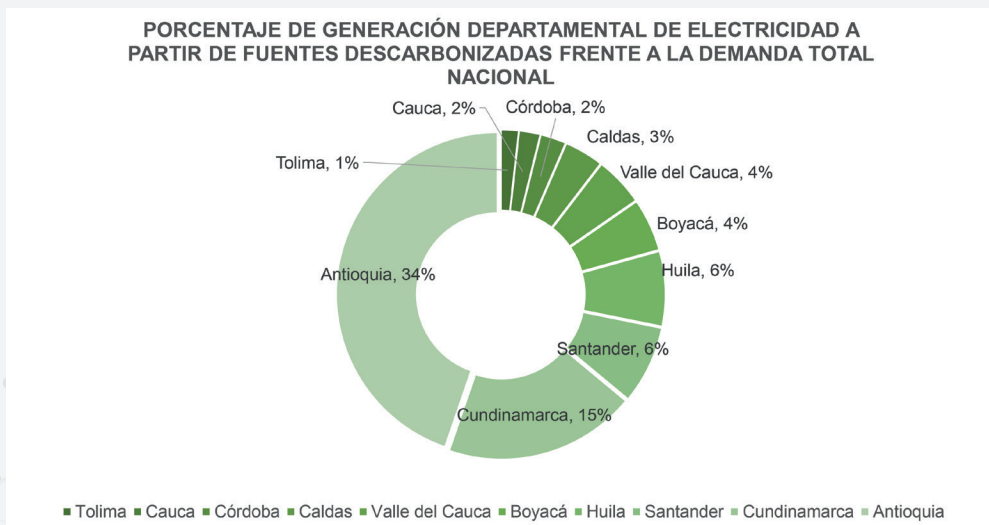


## ➤ 4.4.2. Generación de Electricidad a Partir de Fuentes Descarbonizadas



La mayor tecnología de generación renovable es la hidráulica por las centrales de San Carlos, Porce III, Guatron, Guatape, Porce II, Playas y La Tasajera ubicadas en el departamento de Antioquia; las centrales de Guavio y Pagua en Cundinamarca; la hidroeléctrica de Sogamoso en Santander, las centrales de EL Quimbo y Betania en el Huila; y Chivor en Boyacá.

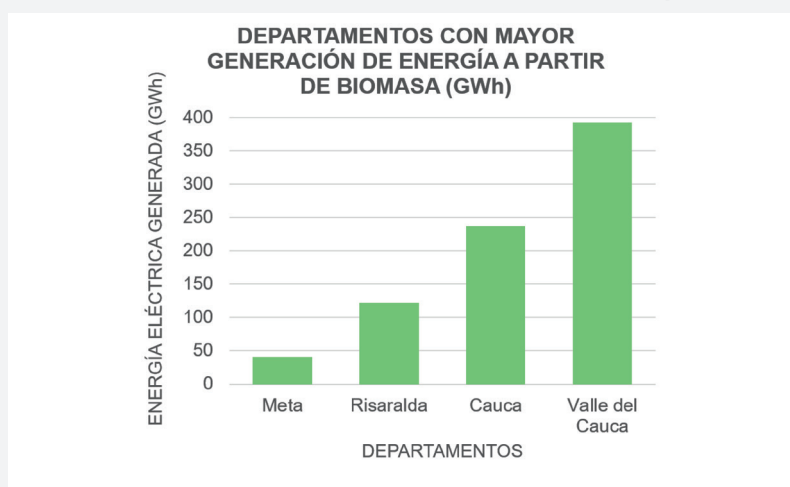
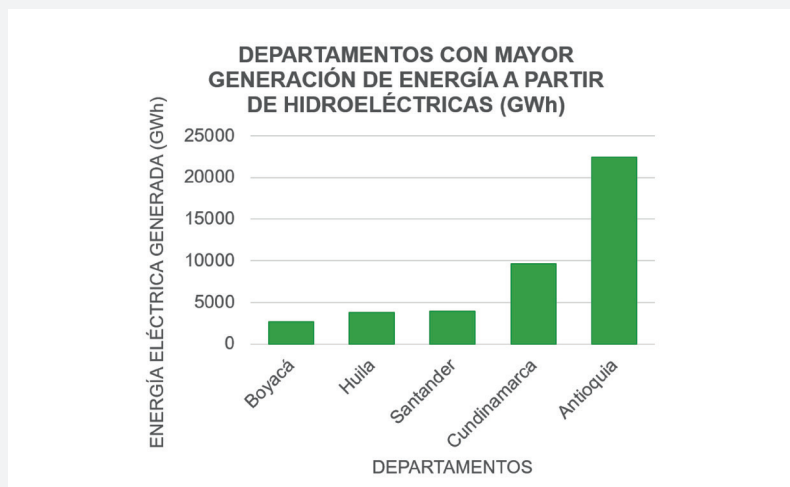
Los departamentos de Huila, Antioquia, Caldas, Santander y Boyacá, generan más energía de la que consumen a partir de fuentes renovables principalmente a partir de hidroeléctricas.



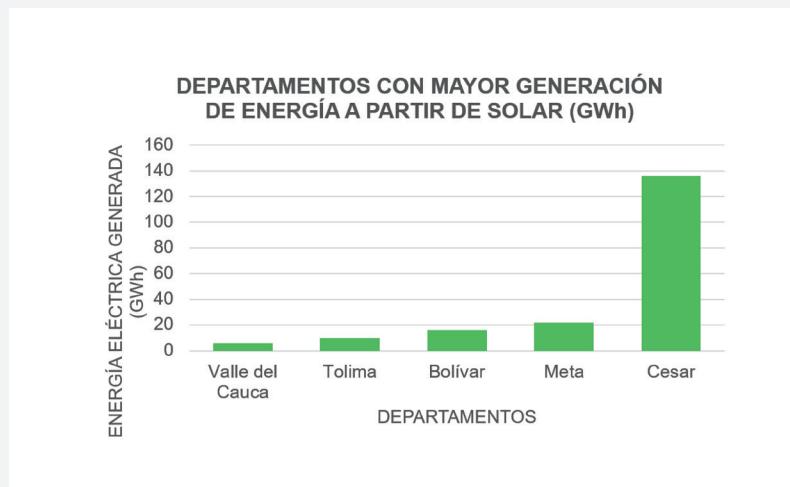
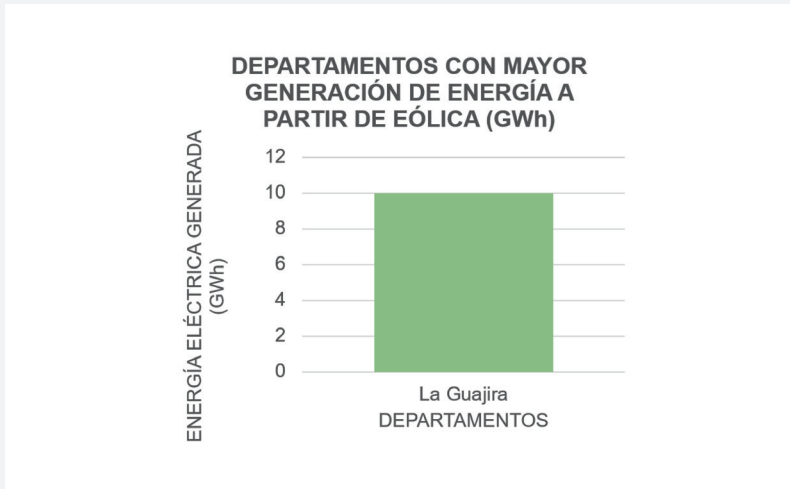
## ➤ 4.4.2. Generación de Electricidad a Partir de Fuentes Descarbonizadas

La energía hidráulica generó en el año 2020 49,836 GWh y contó con una capacidad instalada de 12,091 MW. Debido a las características topográficas del país es el recurso energético más aprovechable, sobretodo en la región Andina debido al gran número de afluentes hídricos. Empresas Públicas de Medellín, EMGESA e ISAGEN son los principales actores de la generación de estas tecnologías.

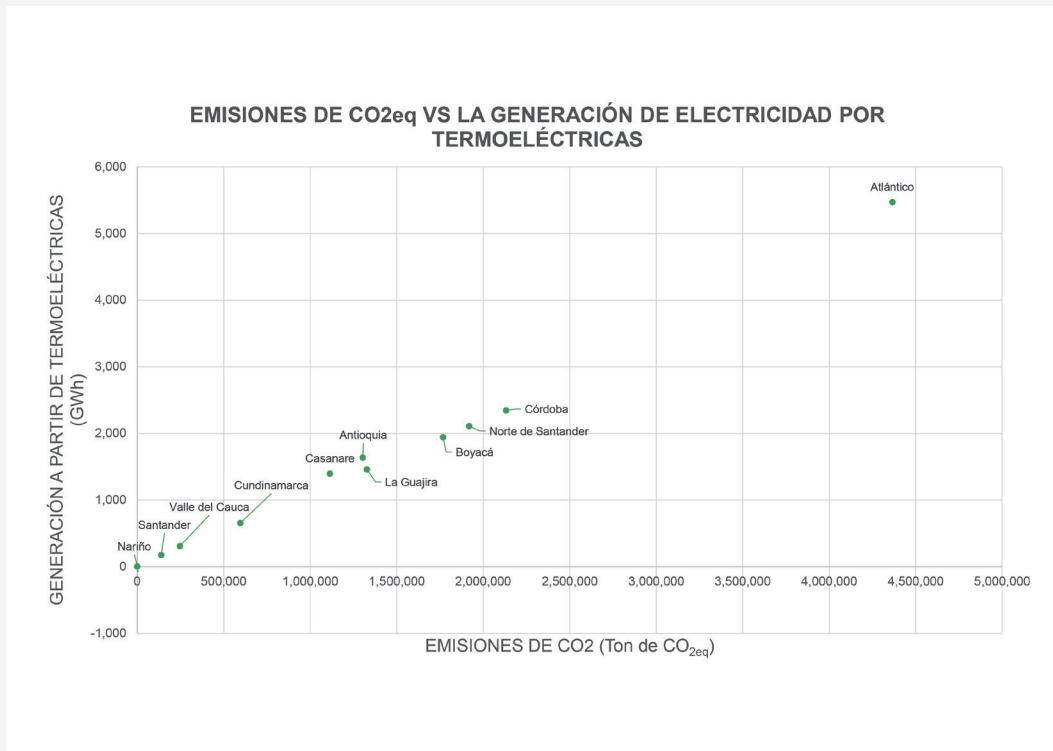
La segunda tecnología más usada es la biomasa, con una generación de 792 GWh, siendo los ingenios azucareros los principales responsables de esta producción, mediante el bagazo de caña de azúcar utilizado principalmente en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Risaralda.



En el año 2020 la energía solar y eólica no representaron un aporte significativo a la matriz energética de la nación, con una participación efectiva neta cercana a los 41 y 18 MW respectivamente. A la fecha no se ha aprovechado aún el potencial energético que existe para estas dos tecnologías, la radiación solar solo fue empleada por unos cuantos departamentos, siendo el departamento del Cesar el líder en generación a partir de este recurso. En el año 2019 entró en operación El Paso Solar, el proyecto de generación fotovoltaica más grande en el país. El Cesar está aprovechando sus promedios mensuales de radiación solar entre 4.5 y 5.5 kWh/m<sup>2</sup>, superiores al promedio mundial de 3.9 kWh/m<sup>2</sup>. Las regiones del Caribe, la Orinoquia y la Andina tienen un gran potencial en energía solar fotovoltaica. El aporte de las renovables a la matriz nacional se espera que cambie radicalmente a medida que los proyectos beneficiados por las subastas públicas del 2019 y las subastas privadas del 2020 inicien su operación en los siguientes años.



## » 4.4.3. Total de Emisiones de CO<sub>2</sub>

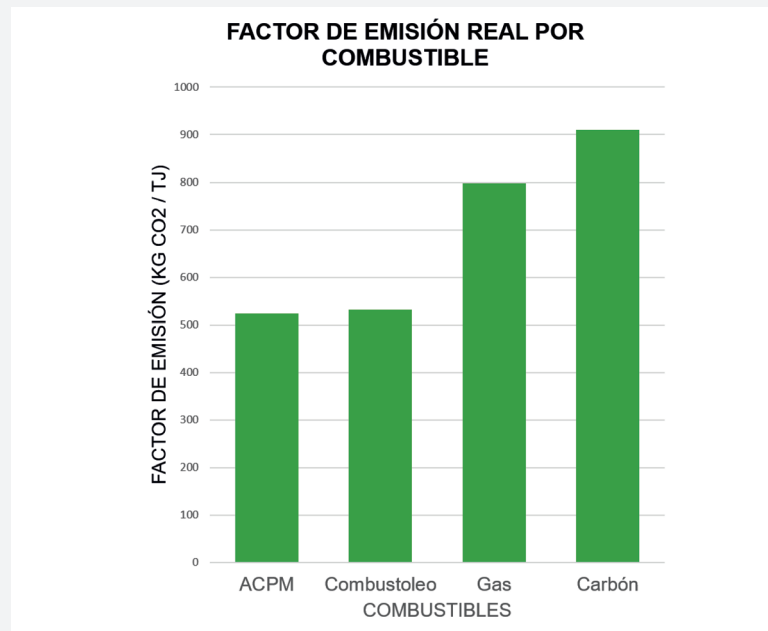


Existe una relación lineal entre la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles y las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, es decir, que a pesar de las diferentes tecnologías existentes en el mercado, Colombia cuenta con tecnologías que reportan la misma cantidad de gases de efecto invernadero.

Atlántico es el departamento con mayor generación de electricidad a partir de gas, adicionalmente, en Córdoba, Norte de Santander y Boyacá predomina el uso del carbón en las termoeléctricas.

Por su parte, La Guajira, al abastecerse de carbón es el siguiente departamento en emisiones de CO<sub>2</sub>eq, mientras que Antioquia combina las hidroeléctricas con combustibles como ACPM, gas y combustóleo, lo que finalmente lo ubica en el sexto lugar, como se muestra en la gráfica.

## ➤ 4.4.3. Total de Emisiones de CO<sub>2</sub>

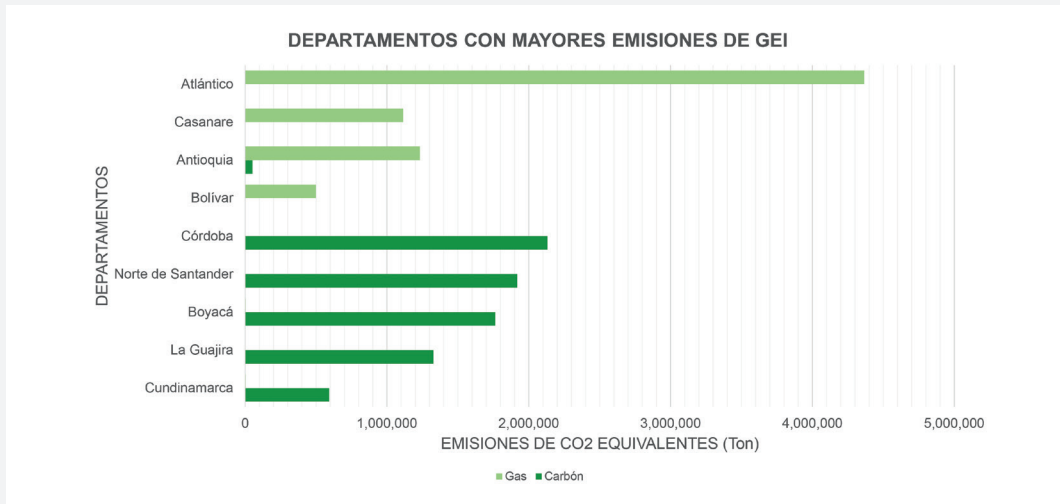


En Colombia para el año 2020, el combustible fósil más utilizado fue el gas, con un consumo de 84,426 GBTU-día, seguido por el carbón, cuyo uso correspondió a 84,008 GBTU-día.

Una razón que puede explicar este uso eficiencia superior que tiene en gas sobre el carbón (gas: 9,839 GWh de energía eléctrica, carbón: 8,586 GWh).

El factor de emisión encontrado a partir de estos combustibles y la generación de electricidad por tecnología demuestran que las centrales de gas en Colombia reportan bajo niveles de eficiencia y un alto volumen de emisiones.

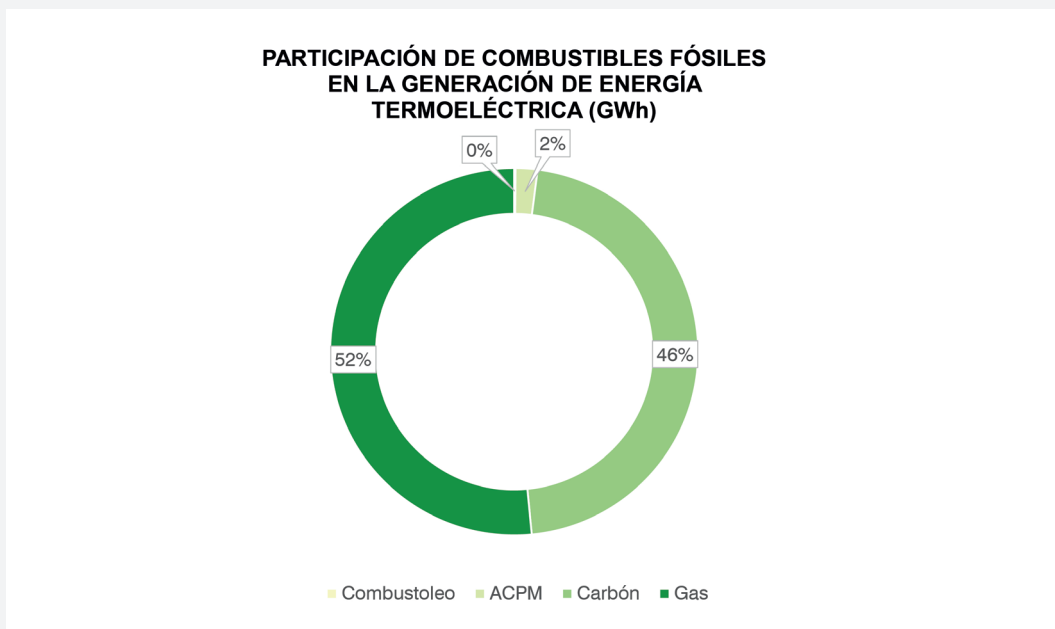
Pese a que el factor de emisión del Carbón es superior, al del gas, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> equivalentes del gas fueron superiores a aquellas emitidas por el carbón debido a la intensidad de su uso.



- El factor de emisiones por combustible para el año 2020 se determinó a partir del consumo de combustible en el SIN por tecnología, la energía generada en GWh a partir del uso de ese combustible y el valor reportado por la UPME de los distintos factores de emisión por tecnologías. Al multiplicar el factor de emisión de cada combustible por el consumo de combustible y dividirlo por la energía generada a partir de cada combustible se obtuvo el factor de emisión para el año 2020.

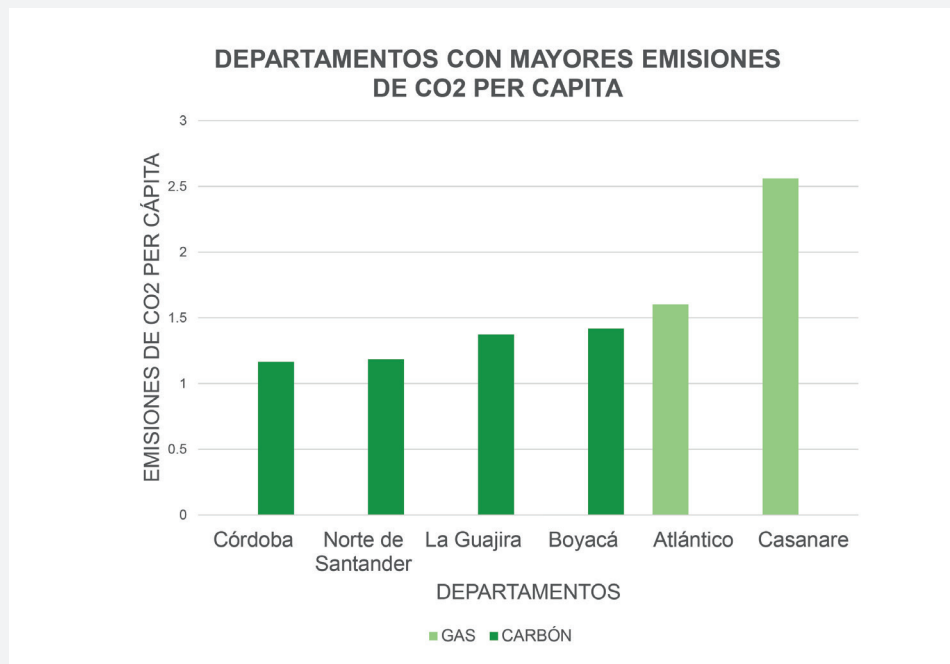


## » 4.4.3. Total de Emisiones de CO<sub>2</sub>



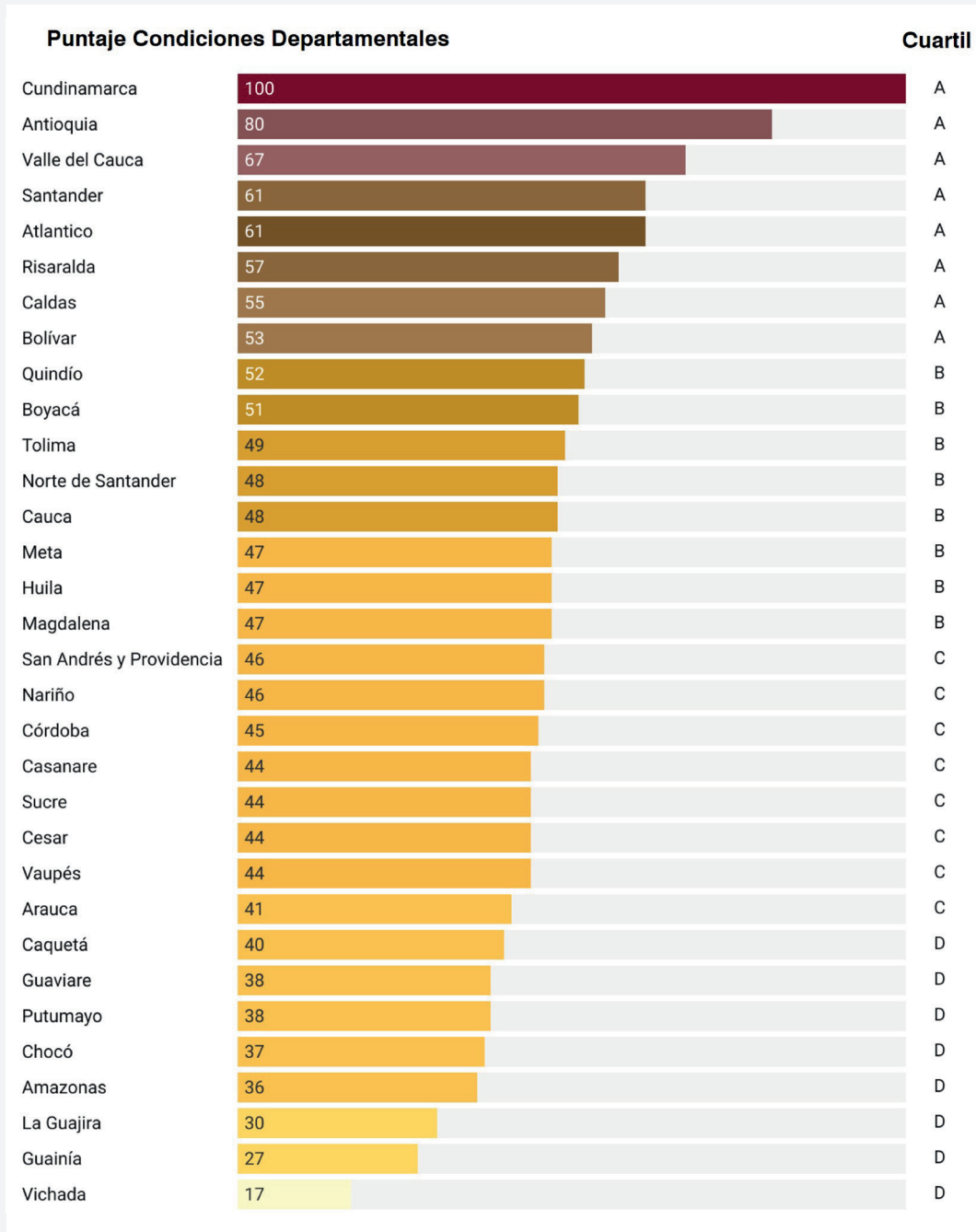
El uso de combustibles fósiles para generar energía eléctrica sobresale en los departamentos que históricamente han explotado tales recursos, como La Guajira, que hace uso del carbón, o Atlántico que realiza aprovechamiento de gas natural. Dadas las facilidades en transporte y logística, los departamentos cercanos también se benefician de este tipo de energía.

Un caso interesante es el que se observa en el departamento de Casanare, en donde se ubican dos de los mayores campos de explotación de gas, Cusiana y Cupiagua; así como una planta de gas importante de generación de energía y de emisiones de CO<sub>2</sub> para ubicar al Casanare con las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita del país, seguido por Atlántico. Por otra parte, vemos a Córdoba ubicado en la sexta casilla de los departamentos con mayores emisores per cápita pese a ser el segundo mayor contaminante por su generación a partir de carbón, pero su población es superior a la de Casanare, La Guajira lo cual permite que el indicador de emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita esté por debajo de estos departamentos.

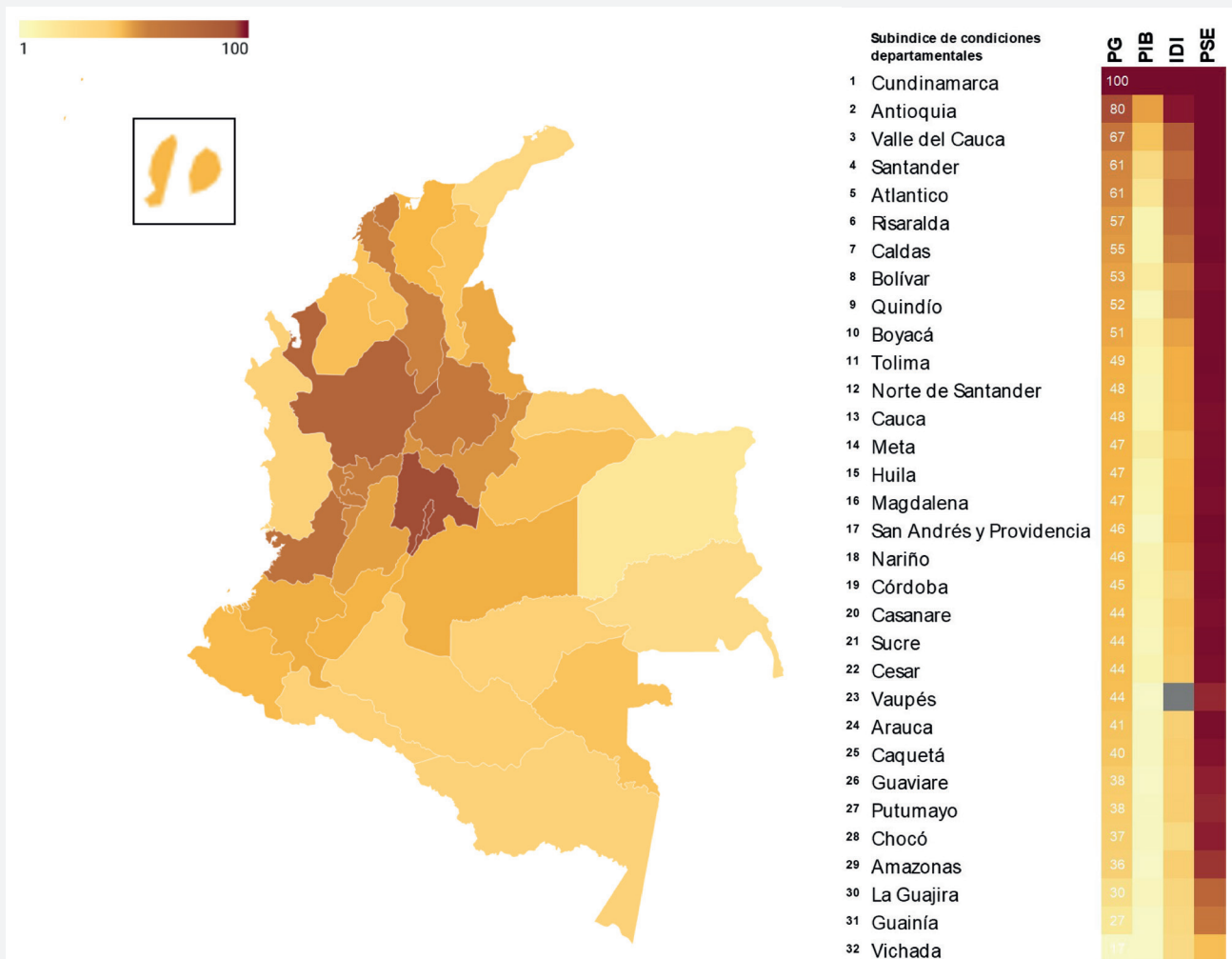


- El tipo de combustible utilizado para la generación de electricidad en el SIN para el año 2020 se obtuvo de una página de datos de la UPME.
- Se asume que todo el combustible utilizado para la generación de electricidad en las ZNI es ACPM.

# Ranking Condiciones Departamentales



# ➤ Circunstancias Departamentales



**PG** Puntaje Global  
**PIB** Producto Interno Bruto  
**IDI** Índice Departamental de Innovación  
**PSE** Percepción Servicios de Energía



# ➤ Circunstancias Departamentales

Colombia es un país diverso en regiones, ecosistemas y culturas. Esta distribución aleatoria de dotaciones inherentes al territorio, así como la marcada desigualdad por la que se caracteriza el país y sus regiones; son ambas condiciones que a pesar de afectar las oportunidades para un mejor desempeño energético no están estrictamente relacionados con las iniciativas y políticas para promover mejor desempeño energético.

Por ello, este índice que usa tres indicadores como riqueza, innovación y tecnología, y percepción de los servicios públicos, procurando con ello corregir la inercia en la que los territorios con más oportunidades mencionadas, destacan impulsado por estas mismas condiciones privilegiadas.



# Fichas Departamentales



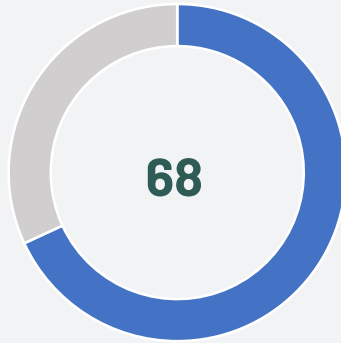
TRANSFORMA

# » Antioquia

ABAA

1/32

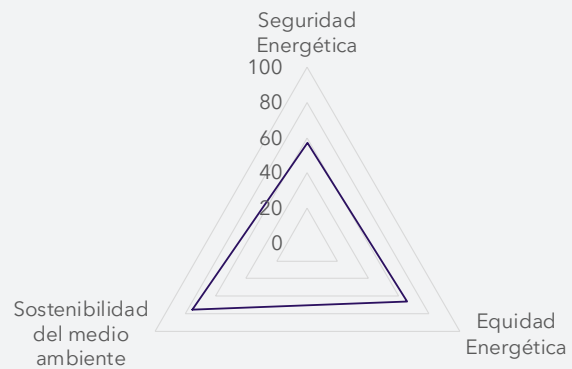
## » Puntaje Departamental



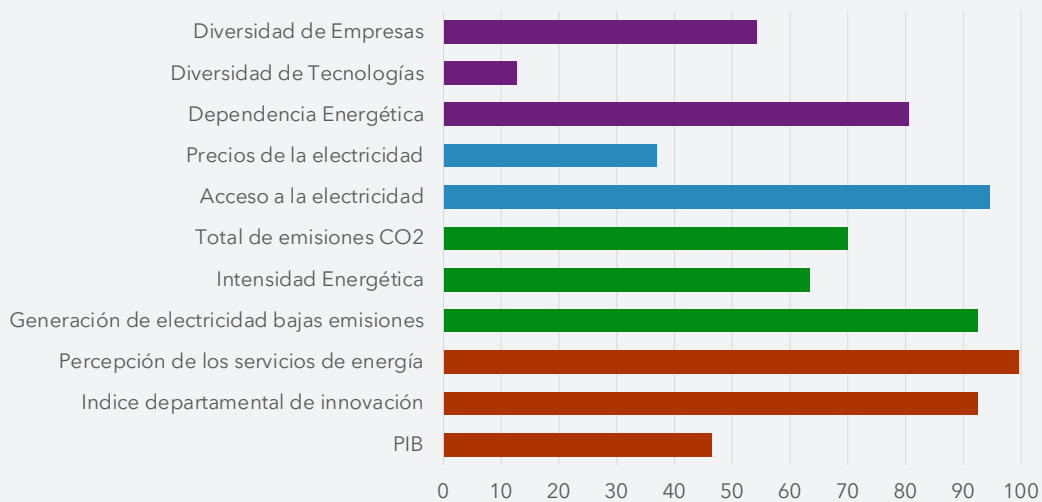
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	6'677.930
PIB	149.666 Miles de Millones COP
Total Emisiones	1'303.606 ton CO2 eq
Generación	24.075 GWh
Demanda de energía	9.380 GWh

## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético

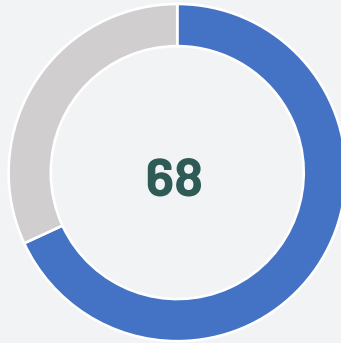


# » Boyacá

# ABBb

# 2/32

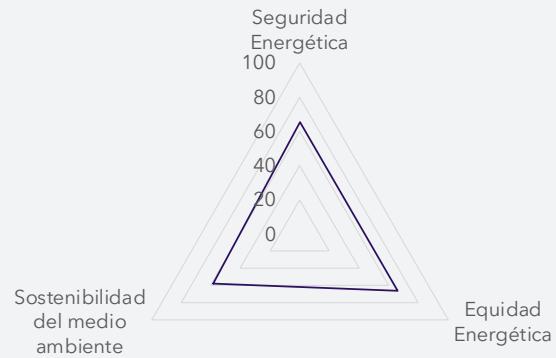
## » Puntaje Departamental



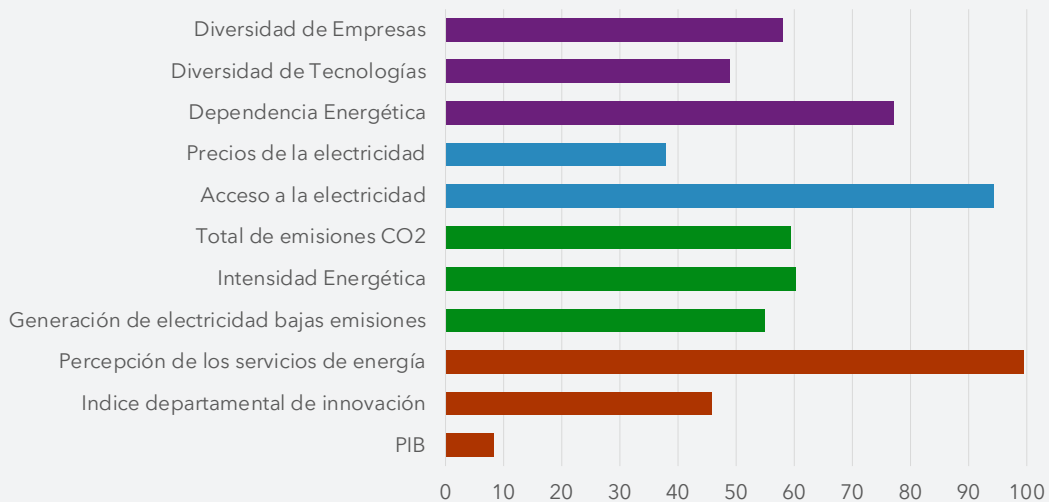
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'242.741
PIB	27.214 Miles de Millones COP
Total Emisiones	1'768.321 ton CO2 eq
Generación	4.599 GWh
Demanda de energía	1.872 GWh

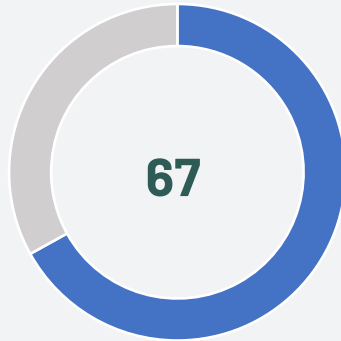
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



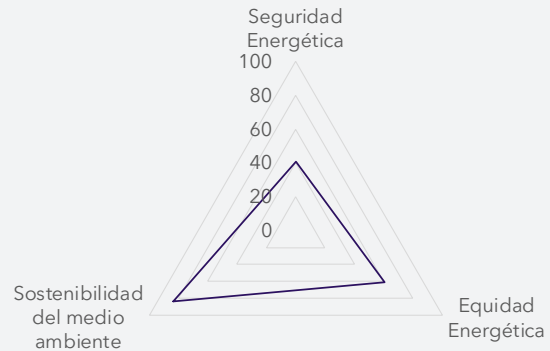
## » Puntaje Departamental



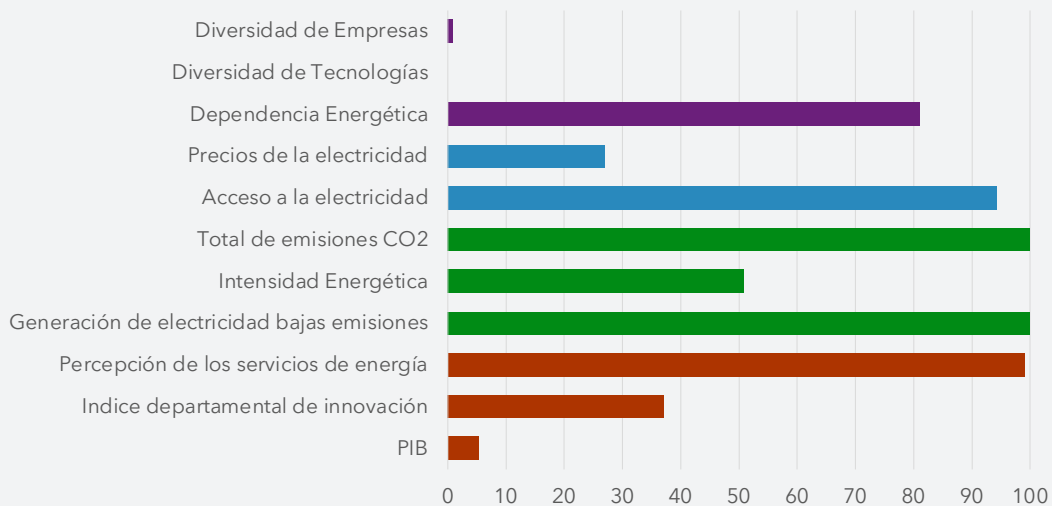
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'122.622
PIB	16.810 Miles de Millones COP
Total Emisiones	0
Generación	3.767 GWh
Demanda de energía	1.458 GWh

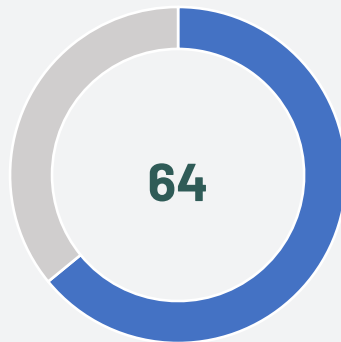
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



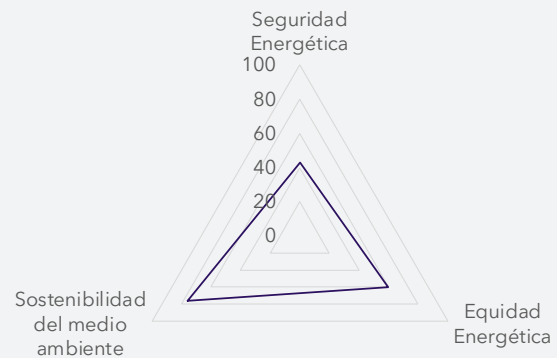
## » Puntaje Departamental



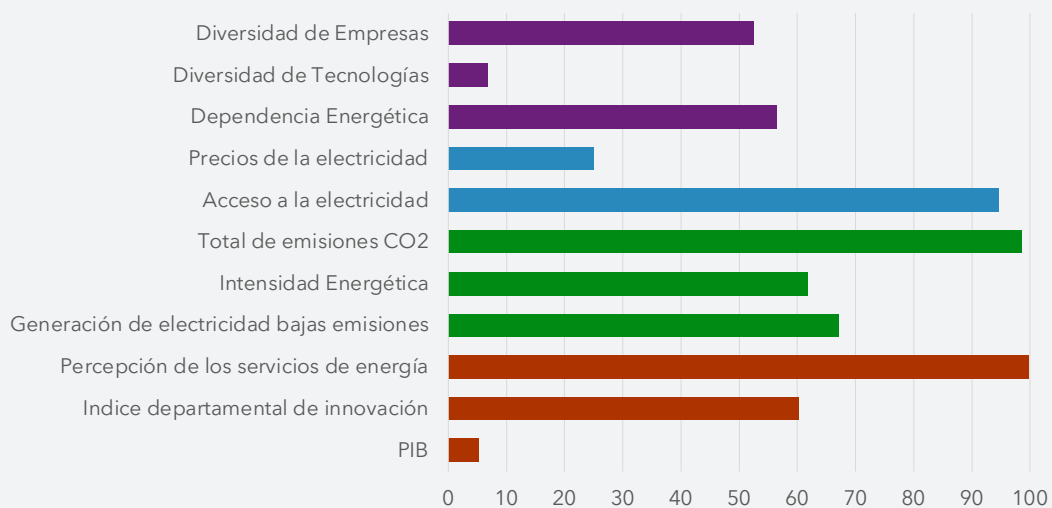
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'018.453
PIB	17.034 Miles de Millones COP
Total Emisiones	57.710 ton CO2 eq
Generación	2.050 GWh
Demanda de energía	1.139 GWh

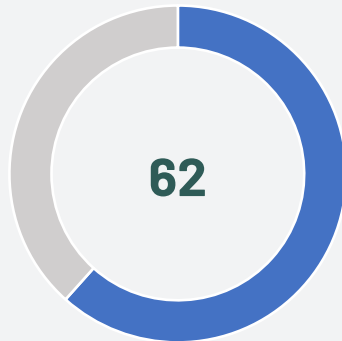
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



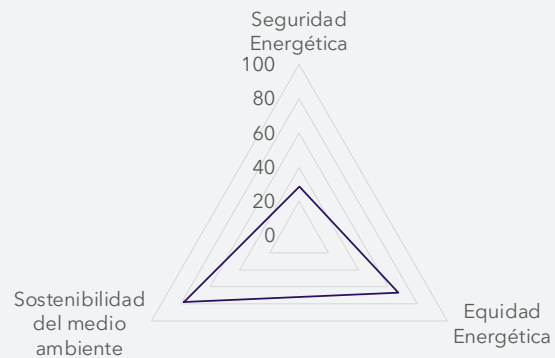
## » Puntaje Departamental



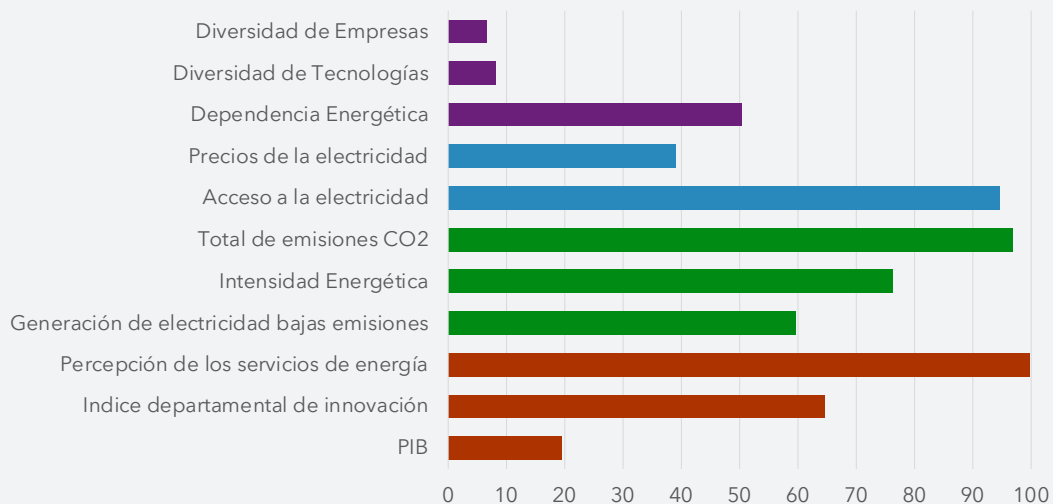
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	2'280.908
PIB	62.570 Miles de Millones COP
Total Emisiones	138.839 ton CO2 eq
Generación	4.100 GWh
Demanda de energía	2.551 GWh

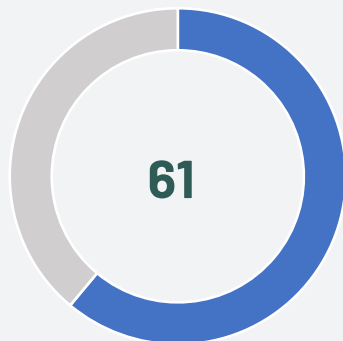
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



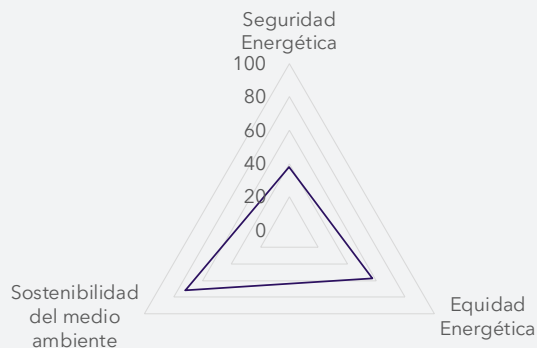
## » Puntaje Departamental



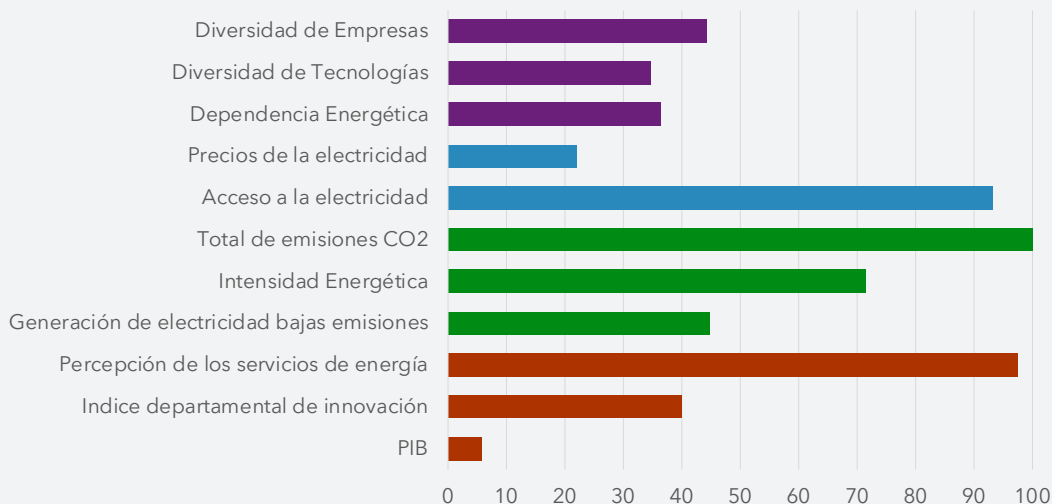
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'491.937
PIB	18.245 Miles de Millones COP
Total Emisiones	577 ton CO2 eq
Generación	1.069 GWh
Demanda de energía	925 GWh

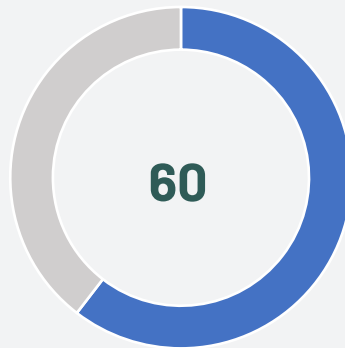
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



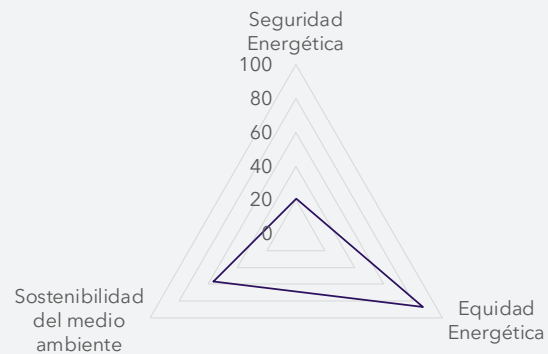
## ...> Puntaje Departamental



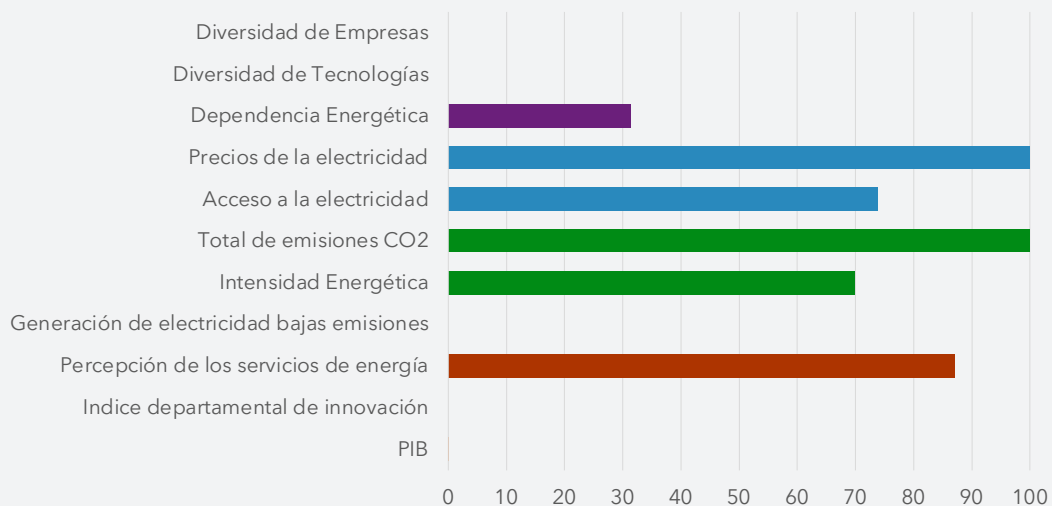
## ...>>> Indicadores de Contexto

Habitantes	44.712
PIB	288 Miles de Millones COP
Total Emisiones	7.918 ton CO2 eq
Generación	15 GWh
Demanda de energía	15 GWh

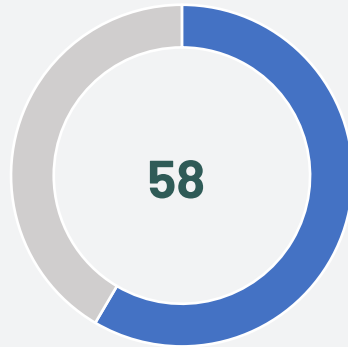
## >> Puntaje Trilema Energético



## >>> Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



## » Puntaje Departamental



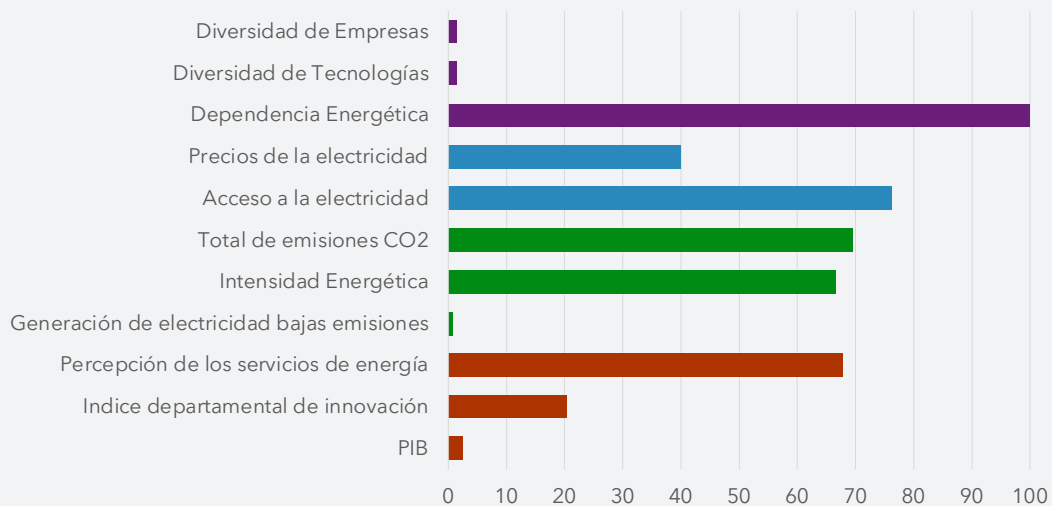
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	965.718
PIB	8.093 Miles de Millones COP
Total Emisiones	1'327.534 ton CO2 eq
Generación	1.469 GWh
Demanda de energía	461 GWh

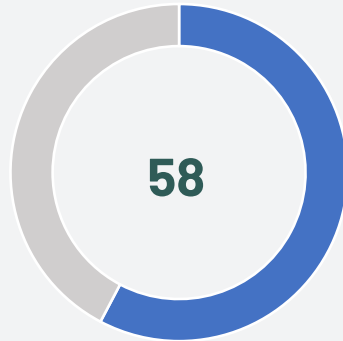
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



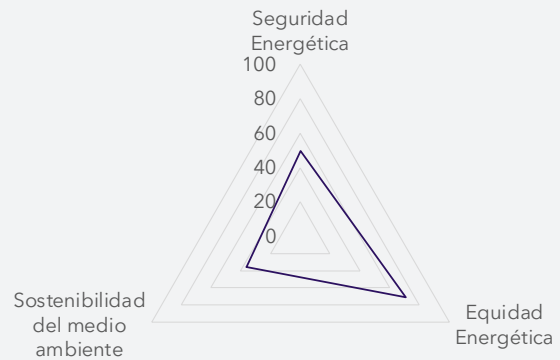
## » Puntaje Departamental



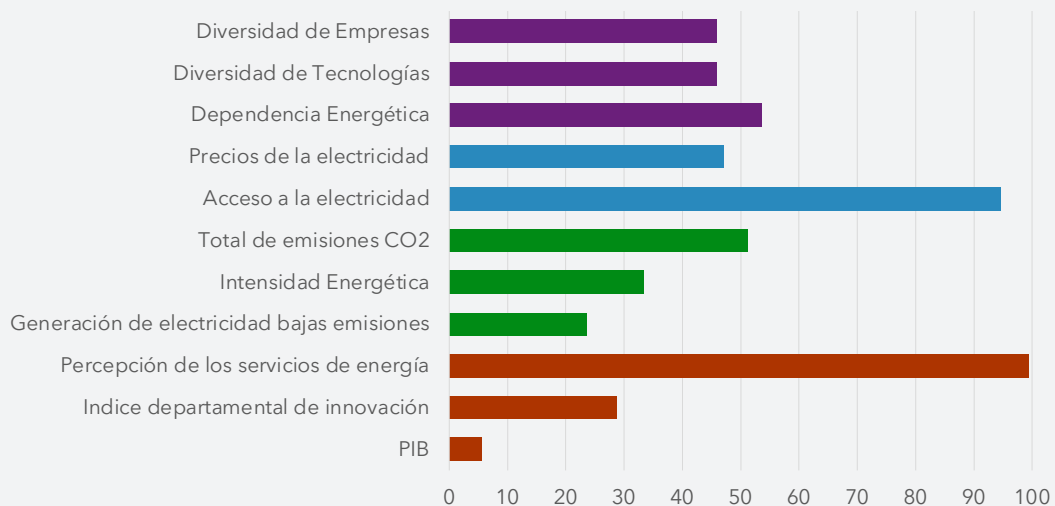
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'828.947
PIB	18.167 Miles de Millones COP
Total Emisiones	2'132.225 ton CO2 eq
Generación	3643 GWh
Demanda de energía	2.133 GWh

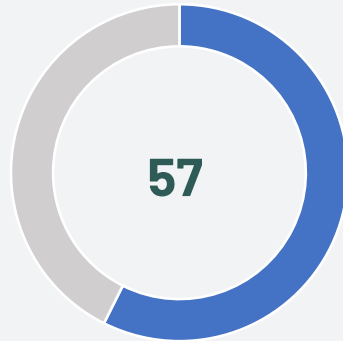
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



## » Puntaje Departamental



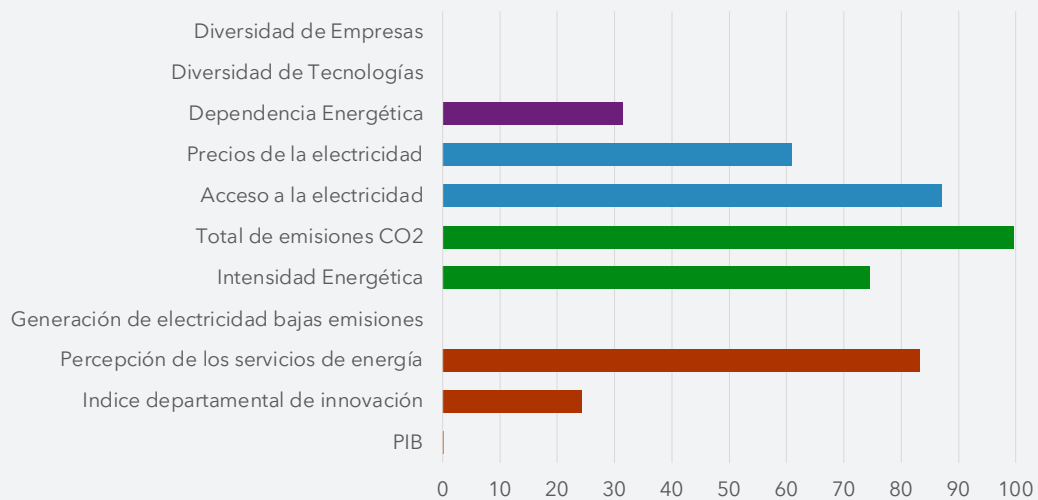
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	79.020
PIB	763 Miles de Millones COP
Total Emisiones	33 ton CO2 eq
Generación	33 GWh
Demanda de energía	33 GWh

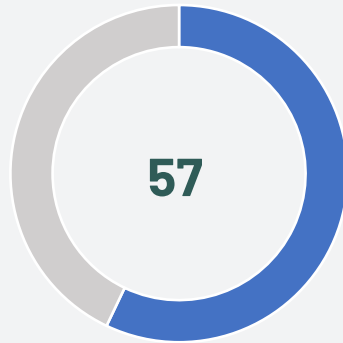
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



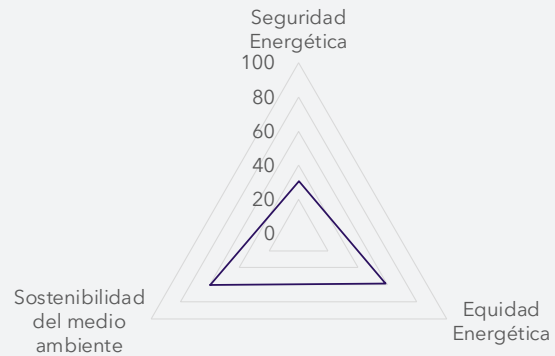
## » Puntaje Departamental



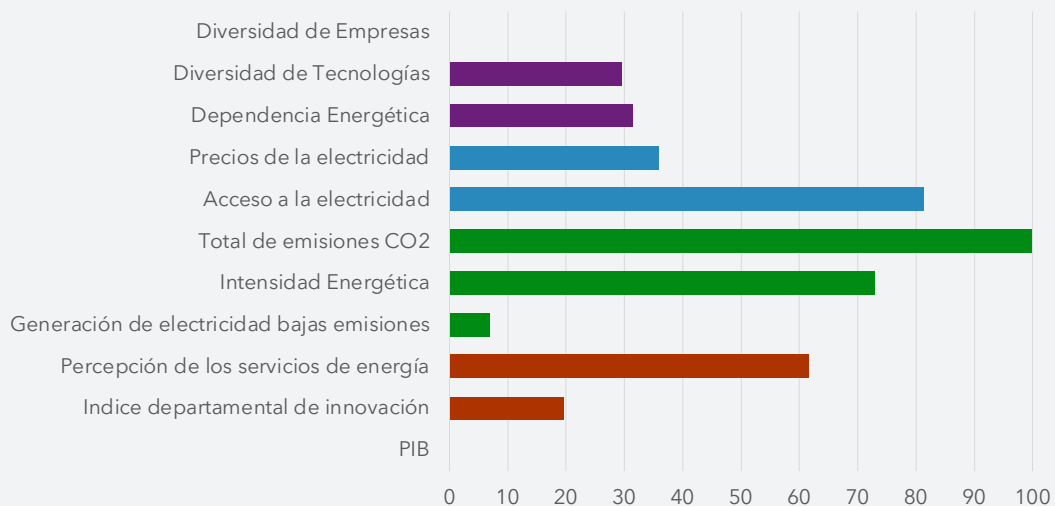
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	50.636
PIB	395 Miles de Millones COP
Total Emisiones	8.038 ton CO2 eq
Generación	19 GWh
Demanda de energía	19 GWh

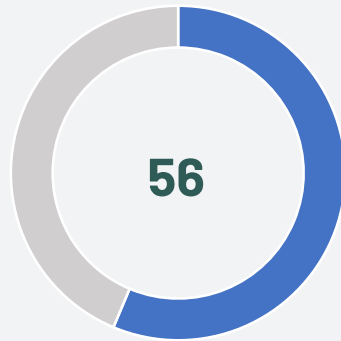
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



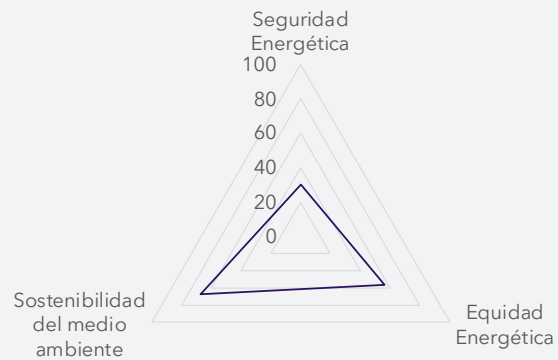
## » Puntaje Departamental



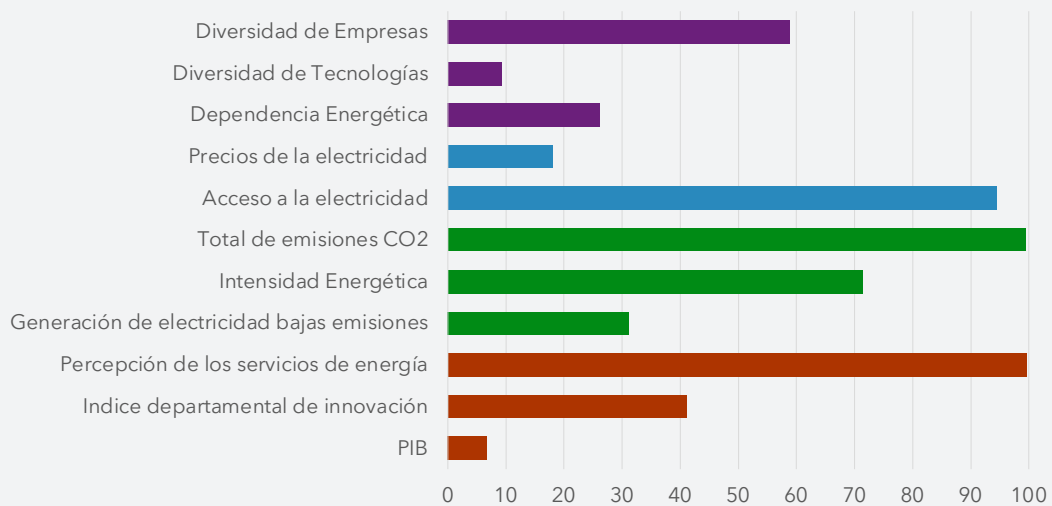
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'339.998
PIB	21.621 Miles de Millones COP
Total Emisiones	27.016 ton CO2 eq
Generación	919 GWh
Demanda de energía	1.099 GWh

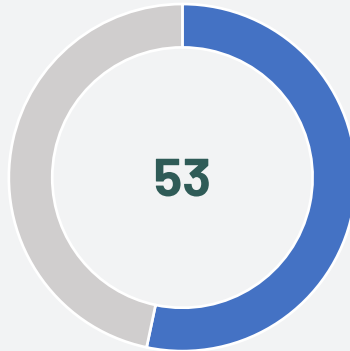
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



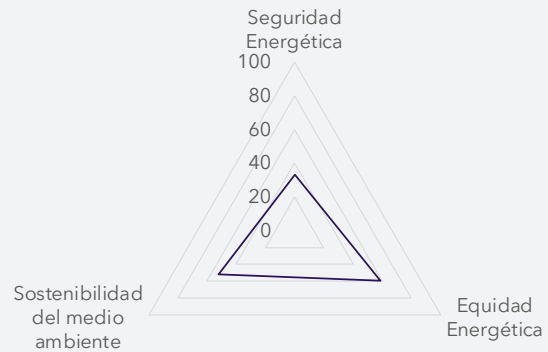
## » Puntaje Departamental



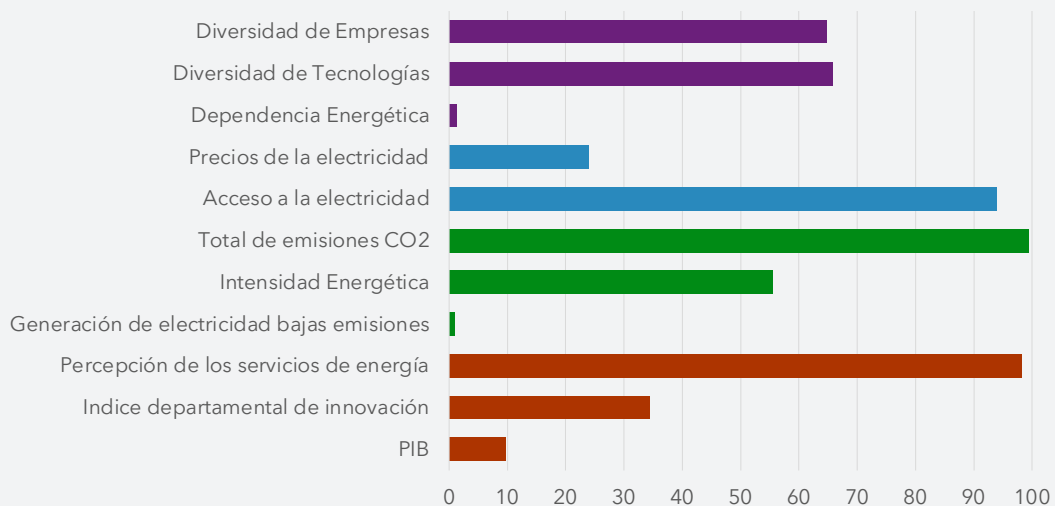
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'063.454
PIB	31.363 Miles de Millones COP
Total Emisiones	25.091 ton CO2 eq
Generación	95 GWh
Demanda de energía	2.396 GWh

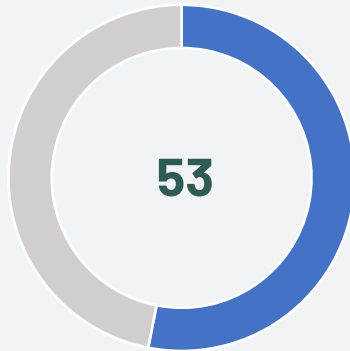
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



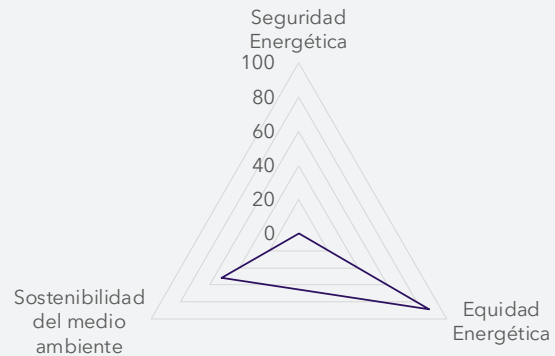
## » Puntaje Departamental



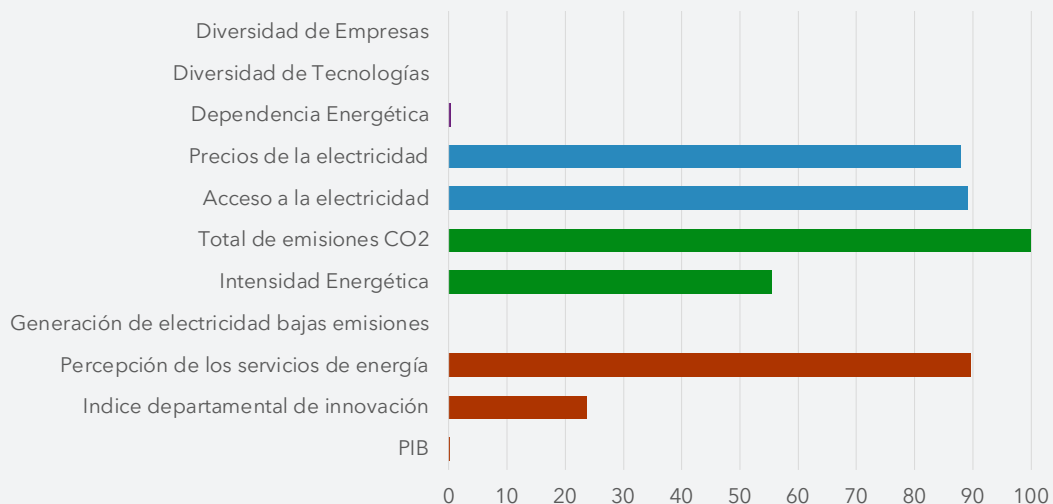
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	86.657
PIB	817 Miles de Millones COP
Total Emisiones	367 ton CO2 eq
Generación	1 GWh
Demanda de energía	64 GWh

## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético

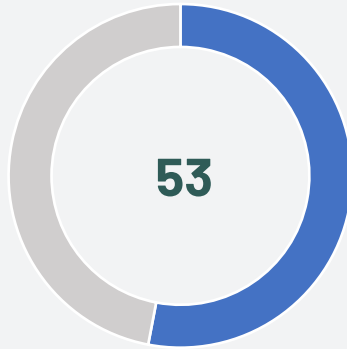


# Valle del Cauca

BABa

15/32

## Puntaje Departamental



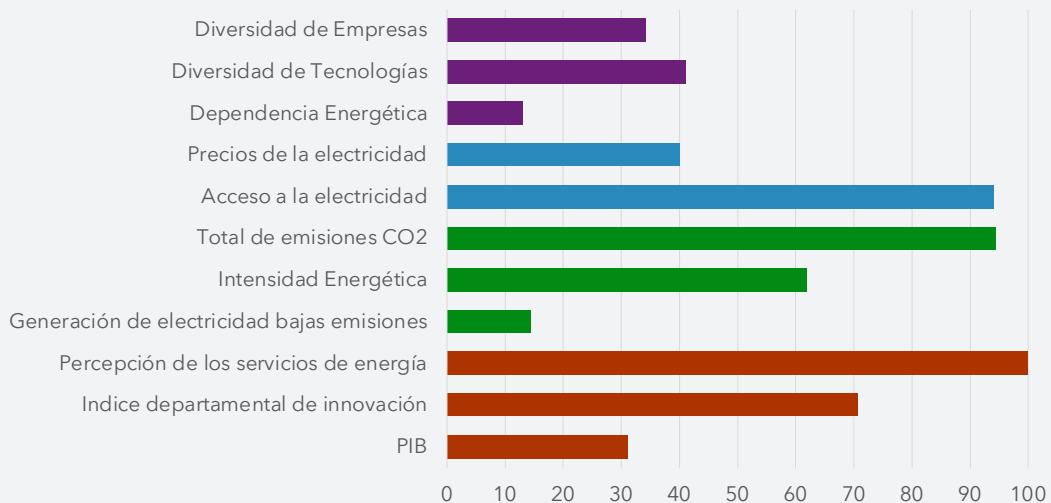
## Indicadores de Contexto

Habitantes	1'491.937
PIB	18.245 Miles de Millones COP
Total Emisiones	577 ton CO2 eq
Generación	2.797 GWh
Demanda de energía	6.736 GWh

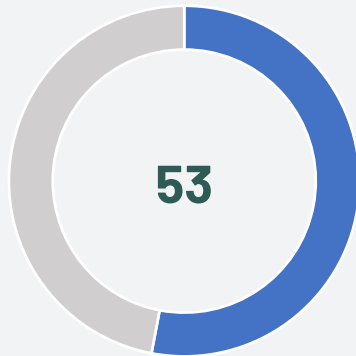
## Puntaje Trilema Energético



## Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



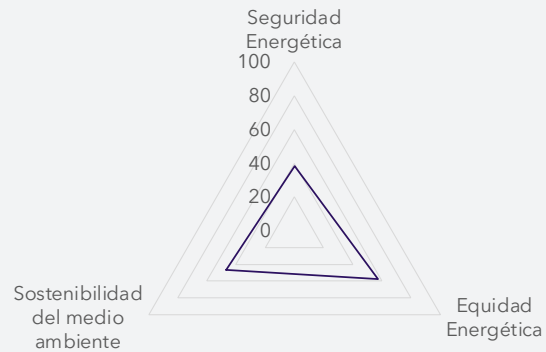
## » Puntaje Departamental



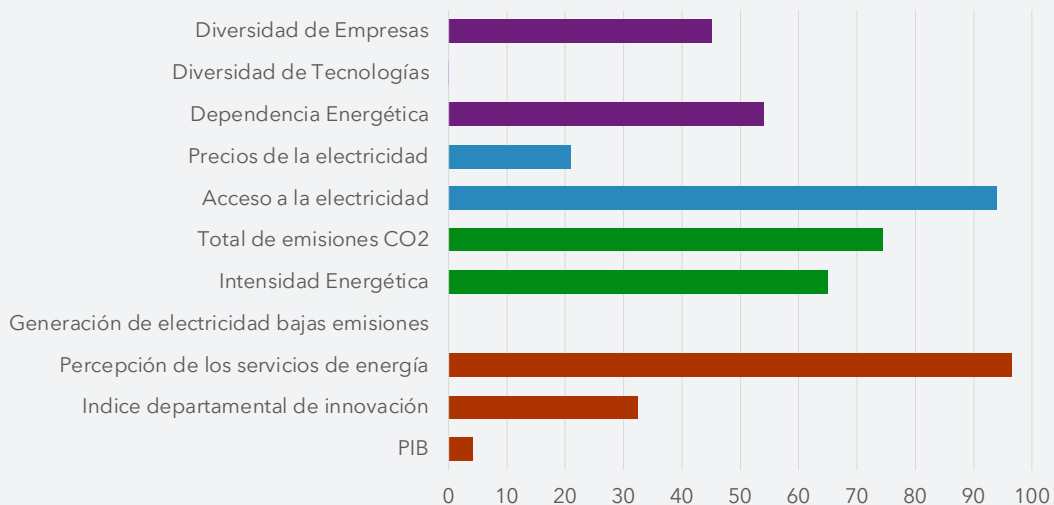
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	435.195
PIB	13.121 Miles de Millones COP
Total Emisiones	1'114.451 ton CO2 eq
Generación	1.397 GWh
Demanda de energía	811 GWh

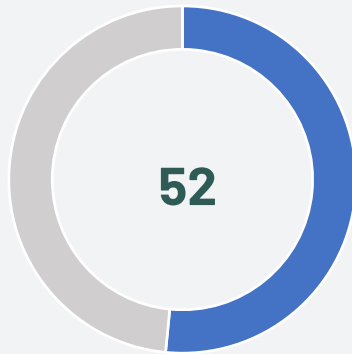
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



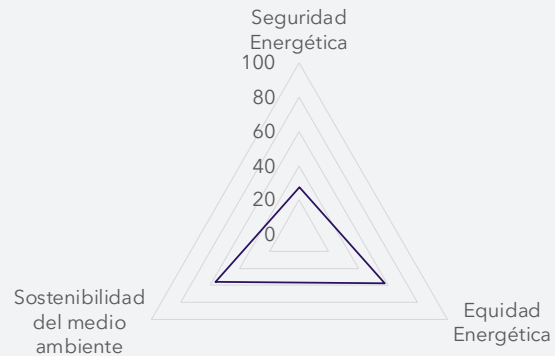
## » Puntaje Departamental



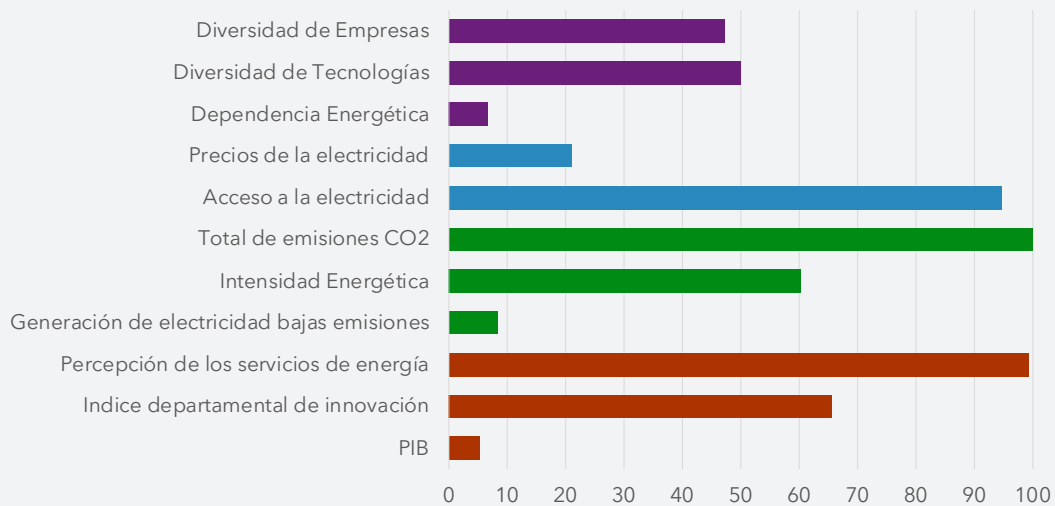
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	961.055
PIB	16.605 Miles de Millones COP
Total Emisiones	0
Generación	249 GWh
Demanda de energía	1.168 GWh

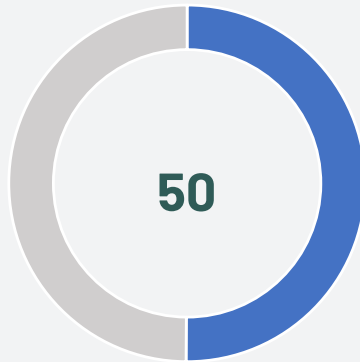
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



## » Puntaje Departamental



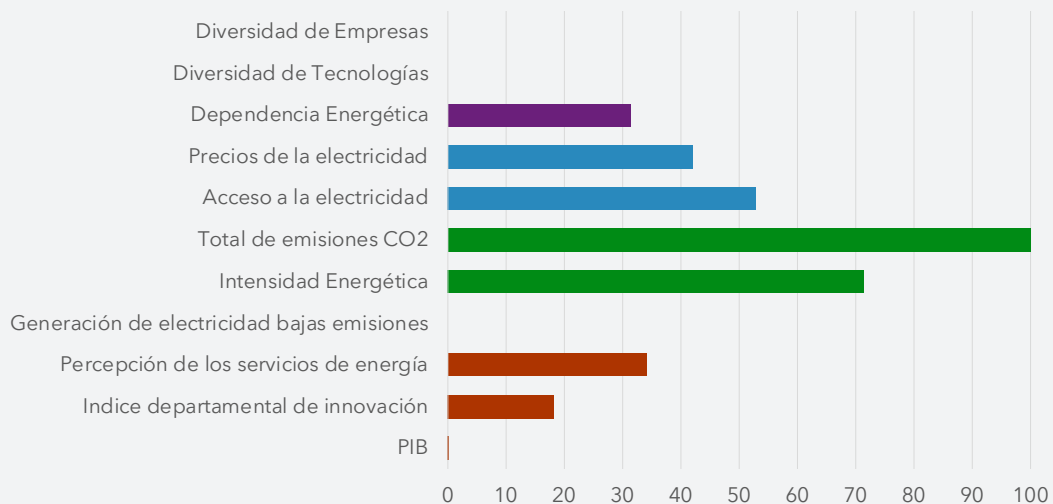
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	112.958
PIB	686 Miles de Millones COP
Total Emisiones	18.406 ton CO2 eq
Generación	35 GWh
Demanda de energía	35 GWh

## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético

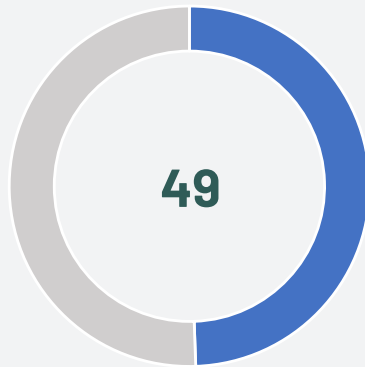


# Norte de Santander

BADb

19/32

►► Puntaje Departamental



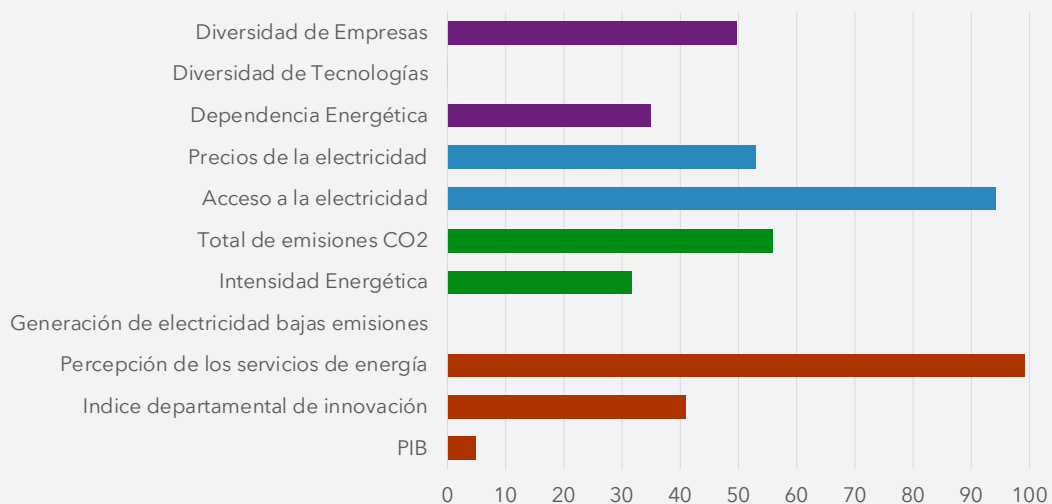
## ►►► Indicadores de Contexto

Habitantes	1'620.318
PIB	15.798 Miles de Millones COP
Total Emisiones	1'919.679 ton CO2 eq
Generación	2.210 GWh
Demanda de energía	1.891 GWh

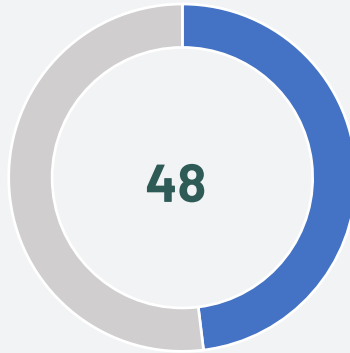
## ►► Puntaje Trilema Energético



## ►► Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



## » Puntaje Departamental



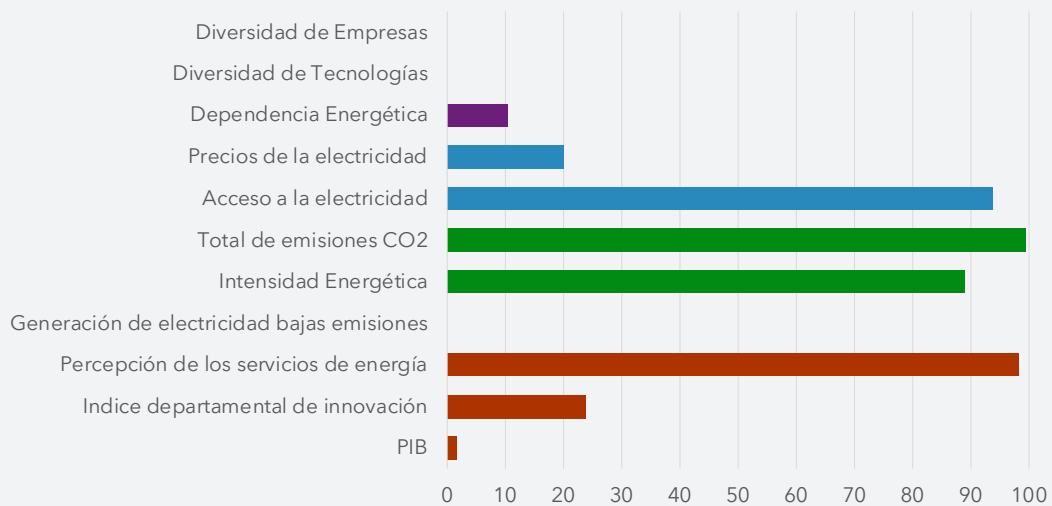
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	294.206
PIB	5.148 Miles de Millones COP
Total Emisiones	28.357 ton CO2 eq
Generación	36 GWh
Demanda de energía	107 GWh

## » Puntaje Trilema Energético



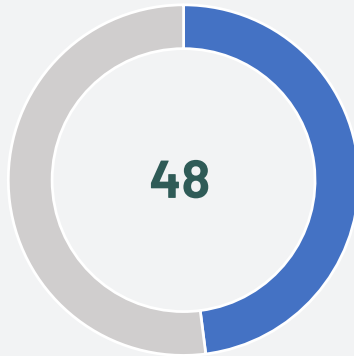
## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



# San Andrés y Providencia

CCDc 21/32

► Puntaje Departamental



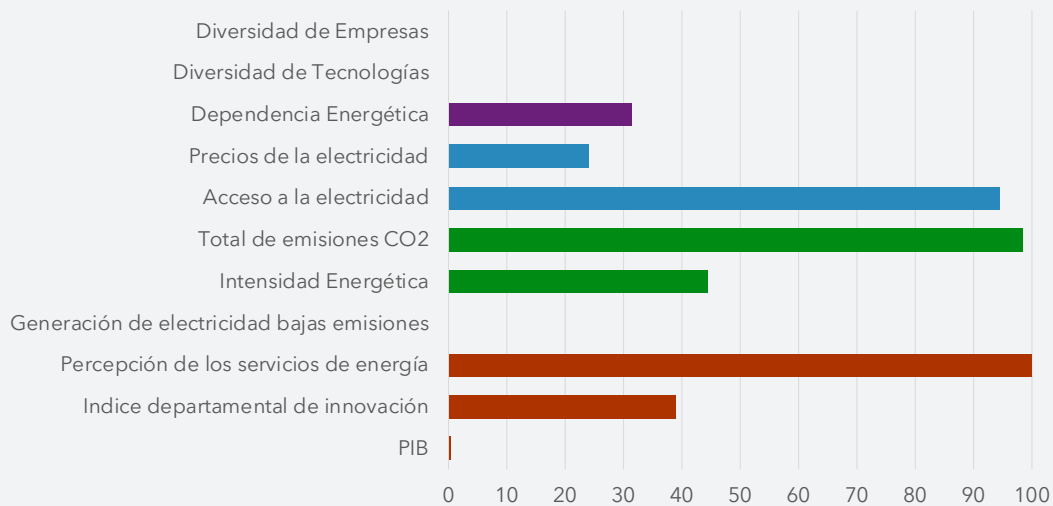
## ►►► Indicadores de Contexto

Habitantes	63.692
PIB	1.312 Miles de Millones COP
Total Emisiones	66.439 ton CO2 eq
Generación	127 GWh
Demanda de energía	127 GWh

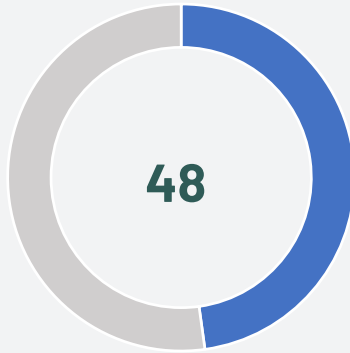
## ►► Puntaje Trilema Energético



## ►► Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



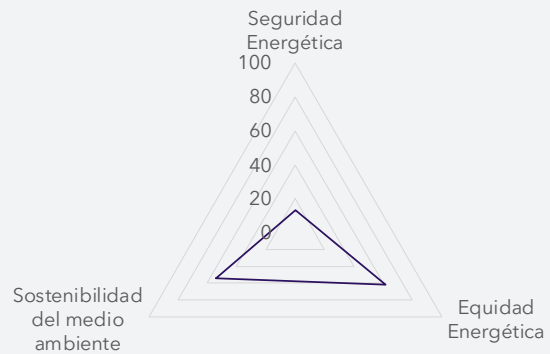
## Puntaje Departamental



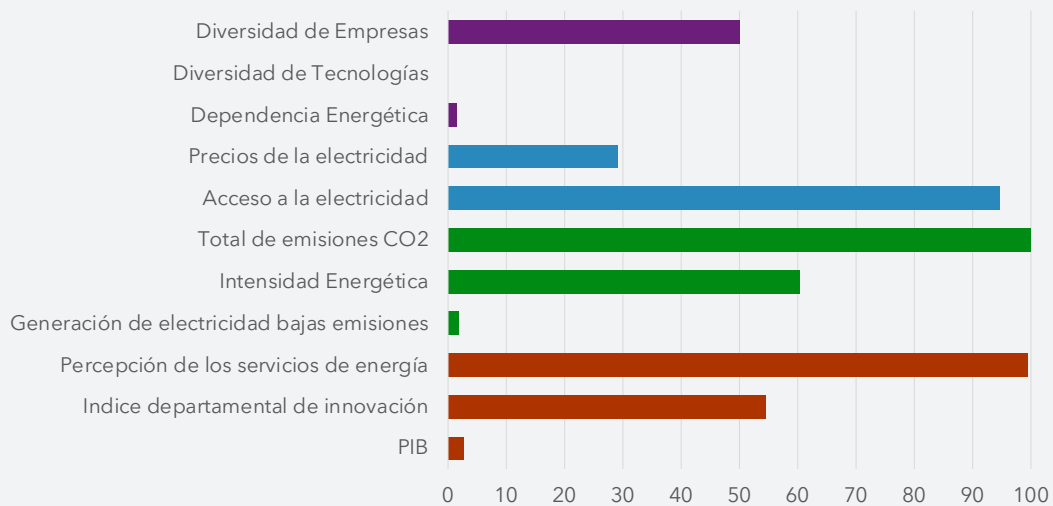
## Indicadores de Contexto

Habitantes	555.401
PIB	8.303 Miles de Millones COP
Total Emisiones	0
Generación	27 GWh
Demanda de energía	566 GWh

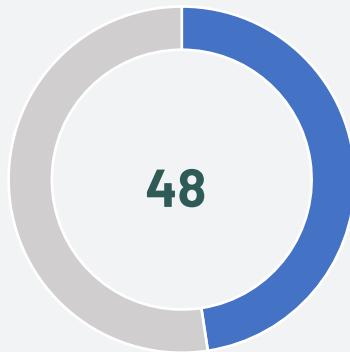
## Puntaje Trilema Energético



## Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



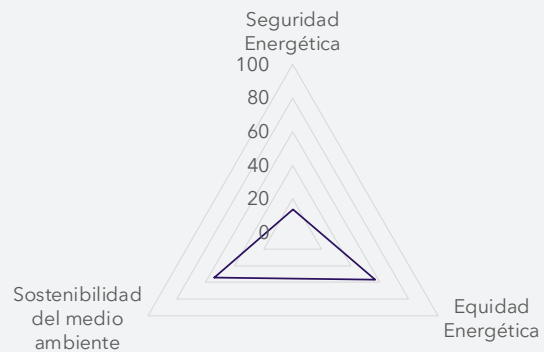
## ►► Puntaje Departamental



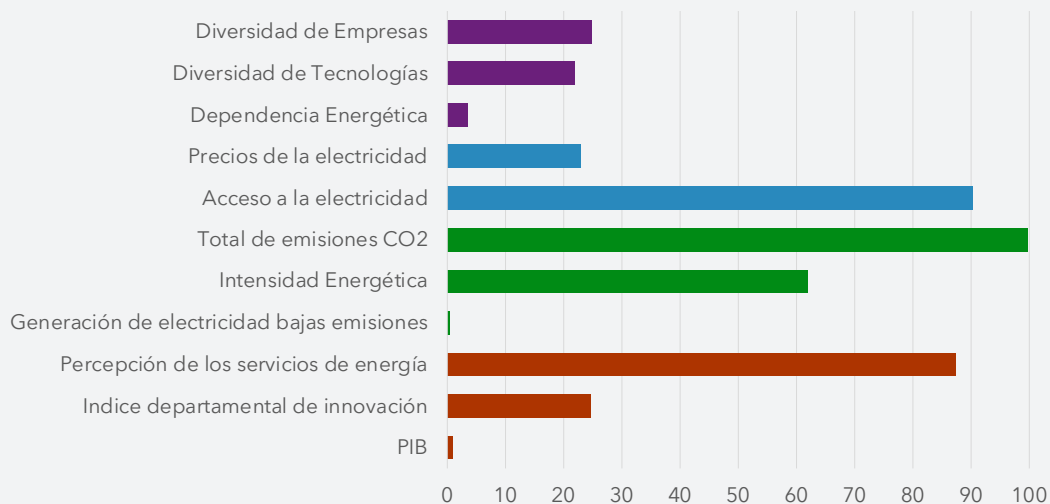
## ►►► Indicadores de Contexto

Habitantes	359.127
PIB	3.331 Miles de Millones COP
Total Emisiones	11.075 ton CO2 eq
Generación	16 GWh
Demanda de energía	218 GWh

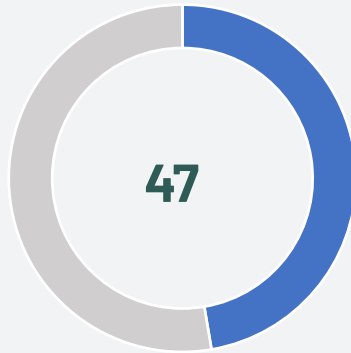
## ►► Puntaje Trilema Energético



## ►► Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



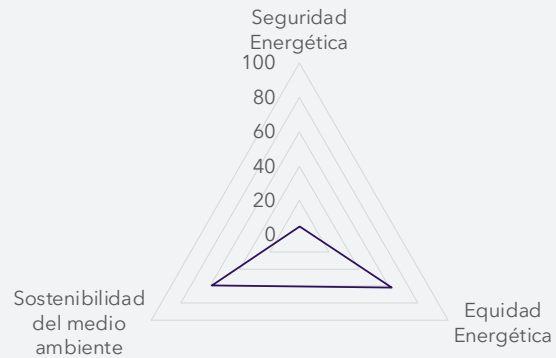
## » Puntaje Departamental



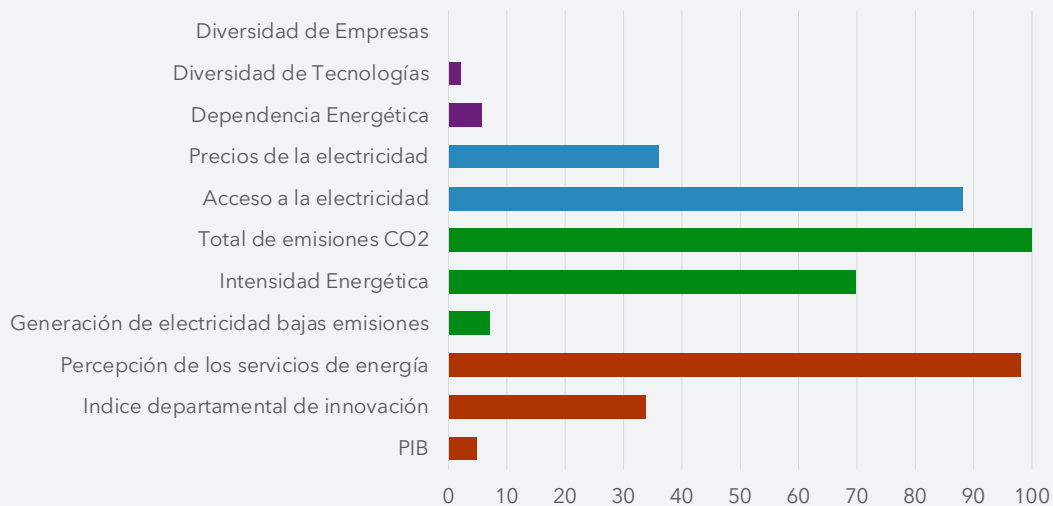
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'627.589
PIB	15.838 Miles de Millones COP
Total Emisiones	944 ton CO2 eq
Generación	159 GWh
Demanda de energía	856 GWh

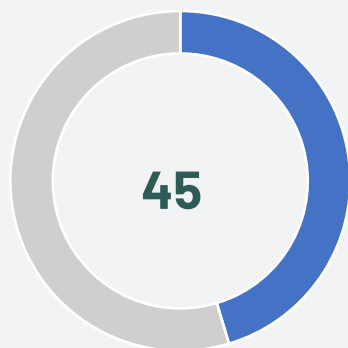
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



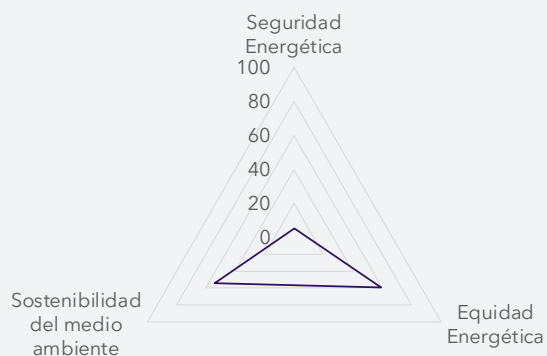
## » Puntaje Departamental



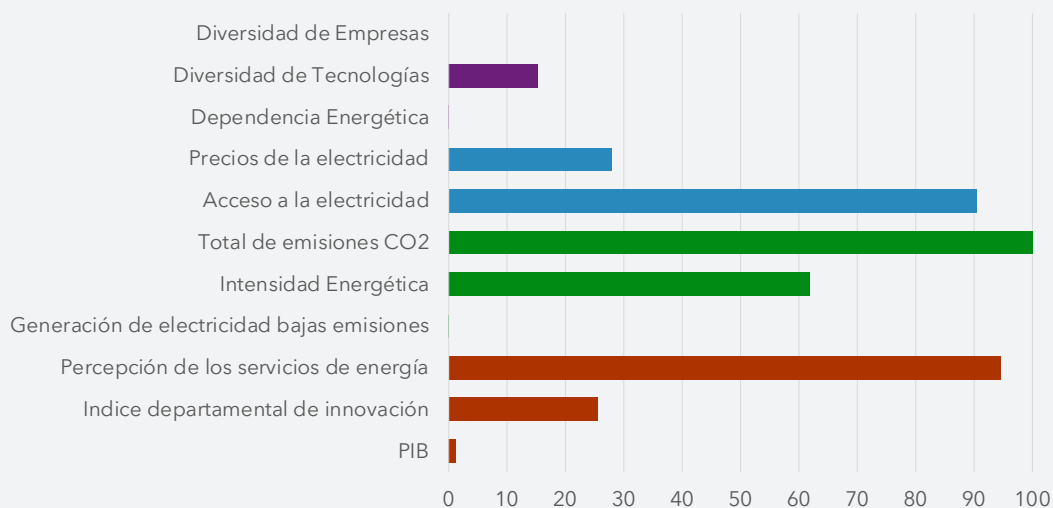
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	410.521
PIB	4.181 Miles de Millones COP
Total Emisiones	0
Generación	0.4 GWh
Demanda de energía	275 GWh

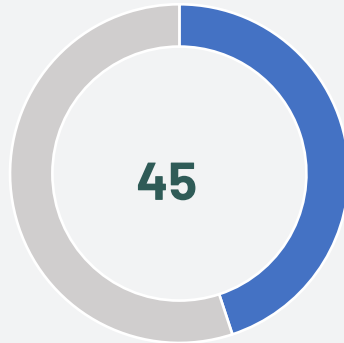
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



## » Puntaje Departamental



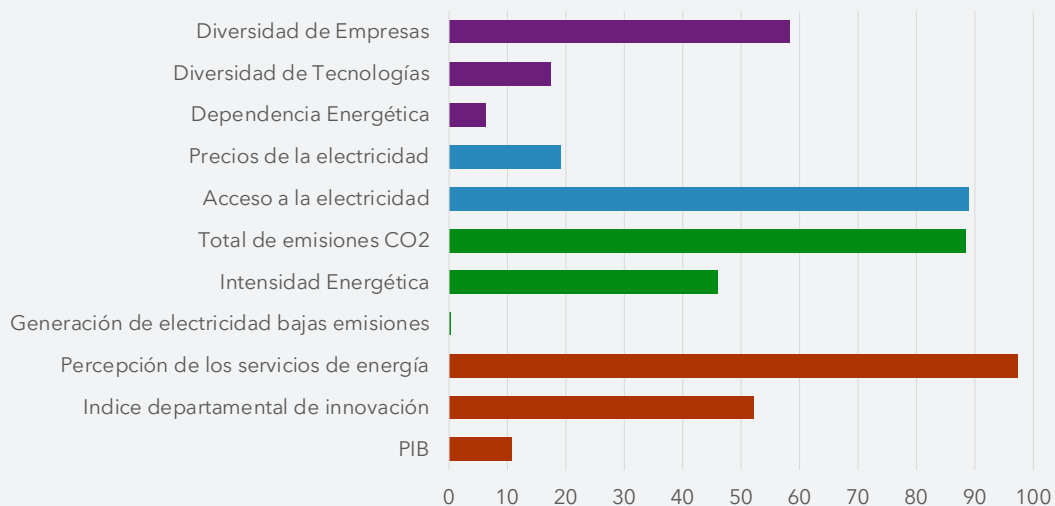
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	2'180.976
PIB	34.501 Miles de Millones COP
Total Emisiones	506.509 ton CO2 eq
Generación	655 GWh
Demanda de energía	3295 GWh

## » Puntaje Trilema Energético

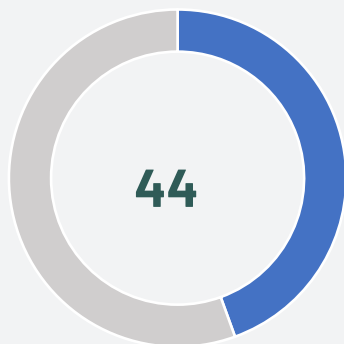


## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



# » Cundinamarca CDAa 27/32

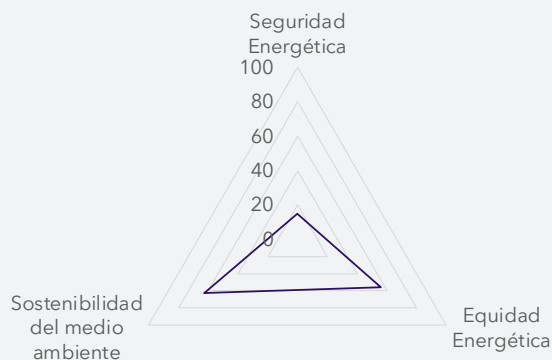
## » Puntaje Departamental



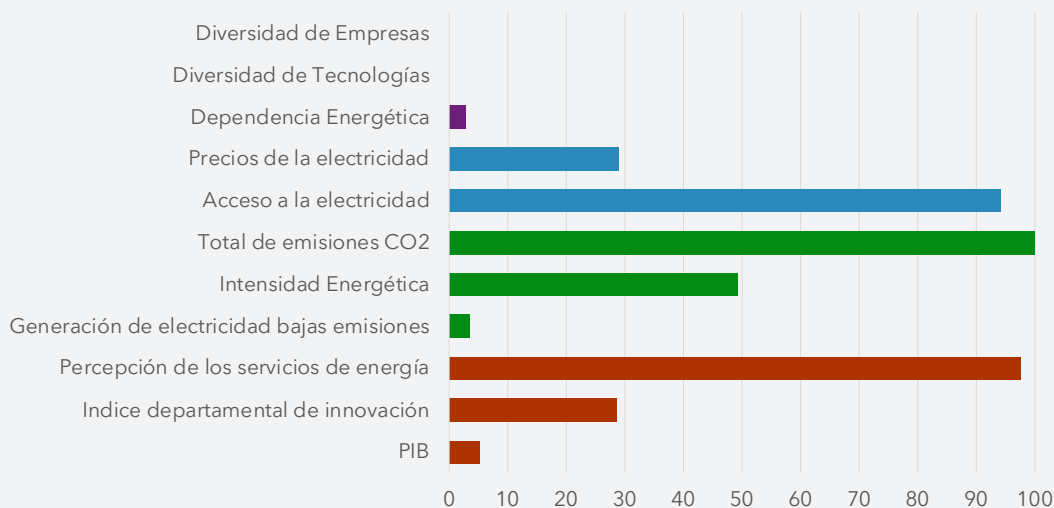
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	10'986.954
PIB	322.419 Miles de Millones COP
Total Emisiones	595.620 ton CO2 eq
Generación	10319 GWh
Demanda de energía	14084 GWh

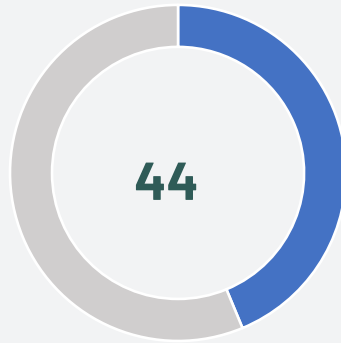
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



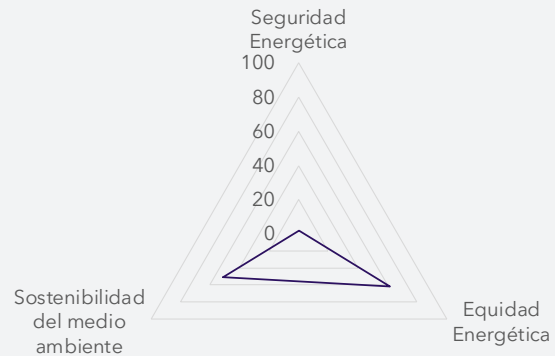
## ►► Puntaje Departamental



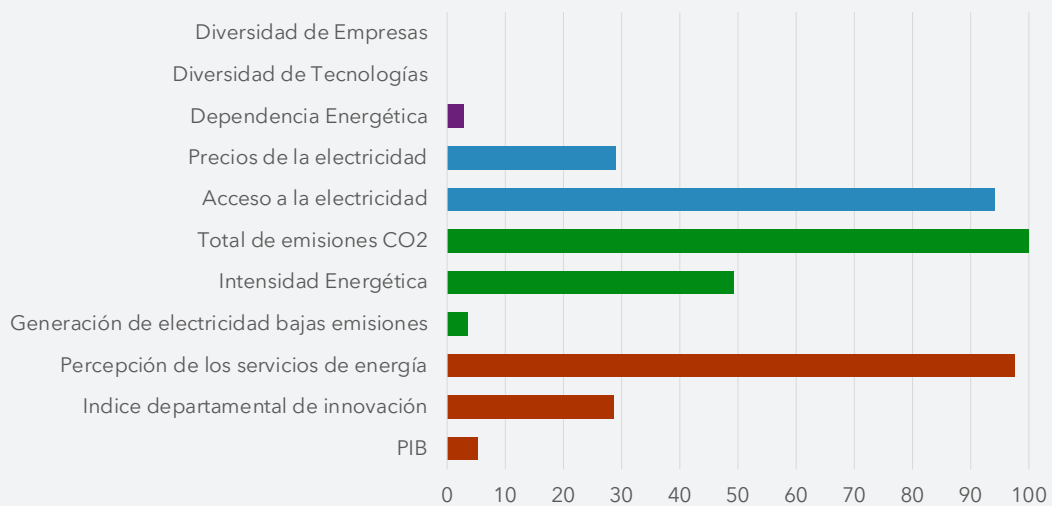
## ►►► Indicadores de Contexto

Habitantes	1'295.387
PIB	16.812 Miles de Millones COP
Total Emisiones	0
Generación	136 GWh
Demanda de energía	1503 GWh

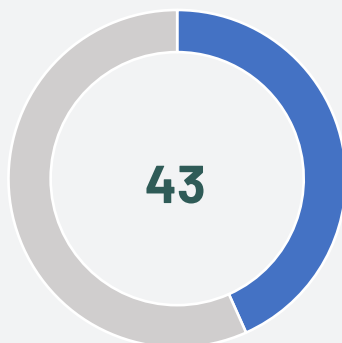
## ►► Puntaje Trilema Energético



## ►► Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



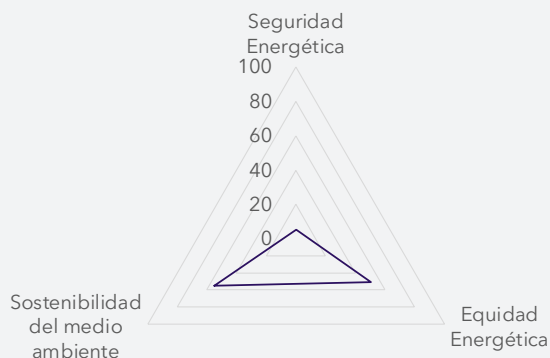
## » Puntaje Departamental



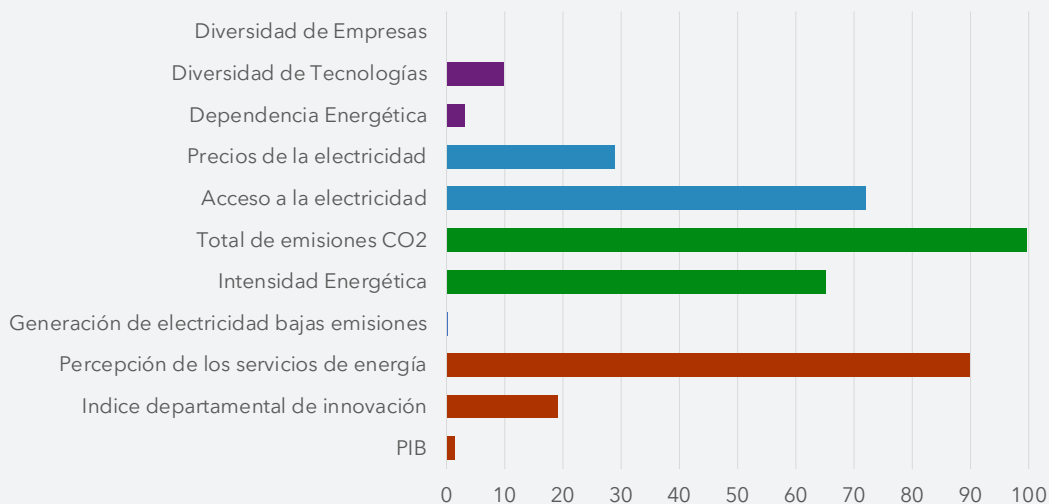
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	544.764
PIB	4.526 Miles de Millones COP
Total Emisiones	13.872 ton CO2 eq
Generación	28 GWh
Demanda de energía	276 GWh

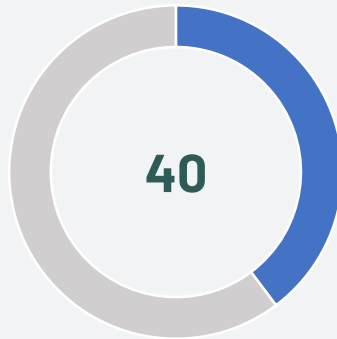
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



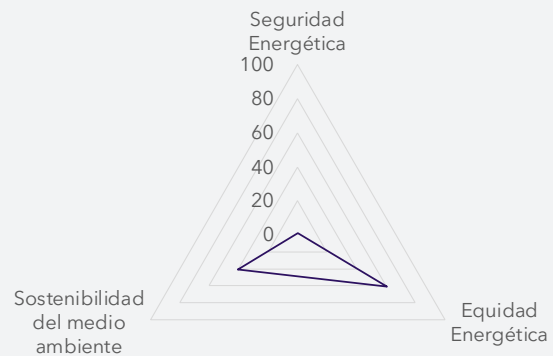
## → Puntaje Departamental



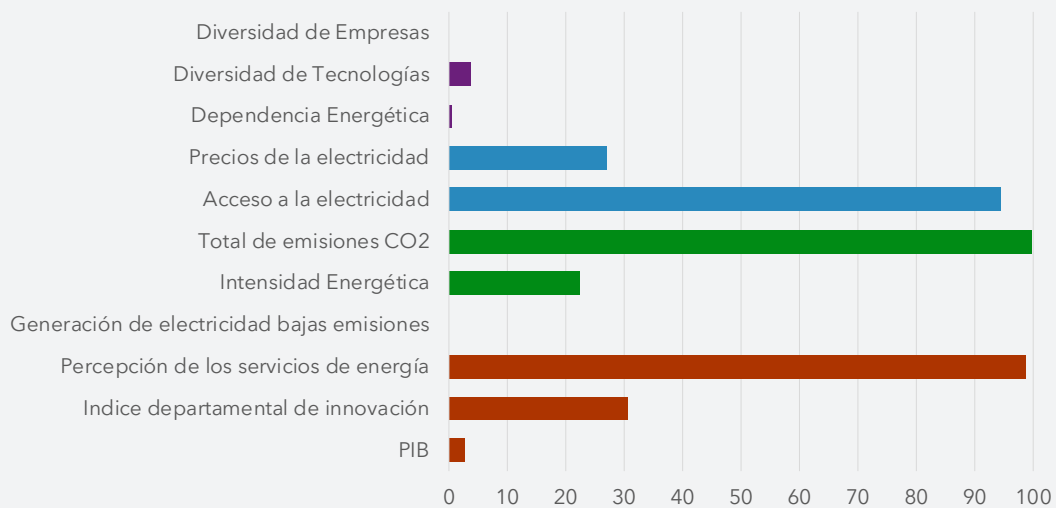
## → Indicadores de Contexto

Habitantes	949.252
PIB	8.444 Miles de Millones COP
Total Emisiones	14.321 ton CO2 eq
Generación	16 GWh
Demanda de energía	1155 GWh

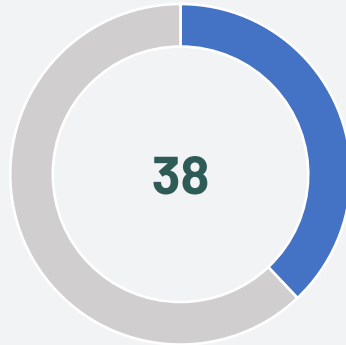
## >> Puntaje Trilema Energético



## >> Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



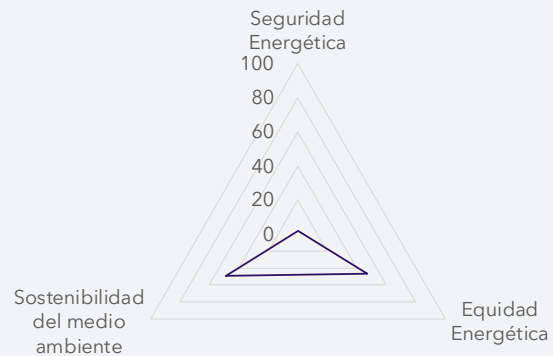
## » Puntaje Departamental



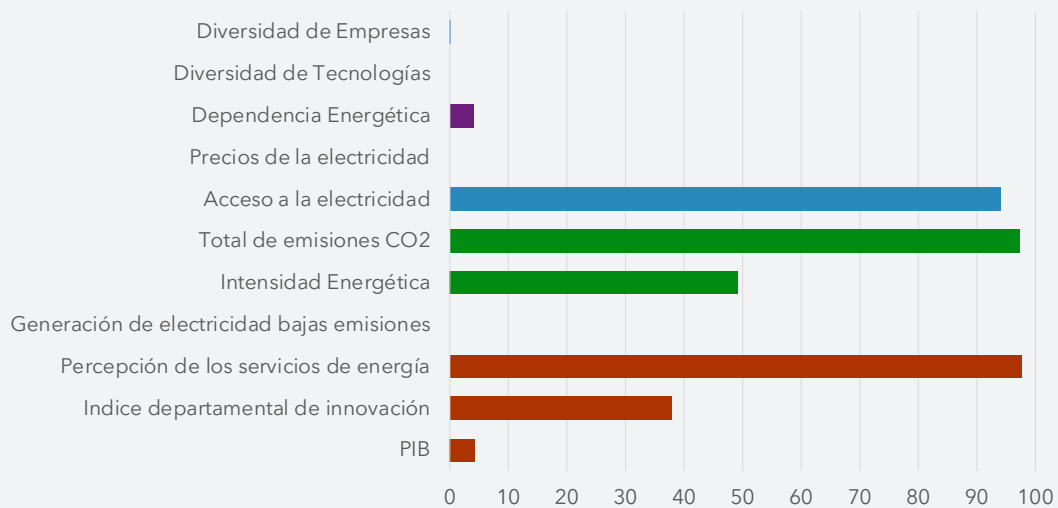
## » Indicadores de Contexto

Habitantes	1'427.026
PIB	13.760 Miles de Millones COP
Total Emisiones	3.294 ton CO2 eq
Generación	152 GWh
Demanda de energía	1221 GWh

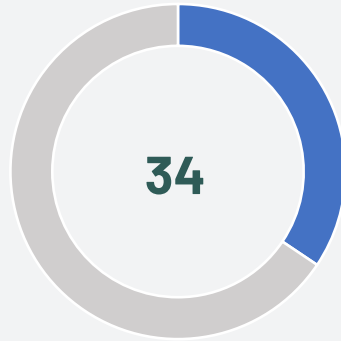
## » Puntaje Trilema Energético



## » Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



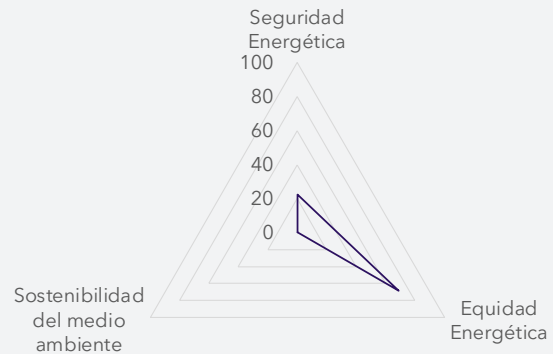
## ►► Puntaje Departamental



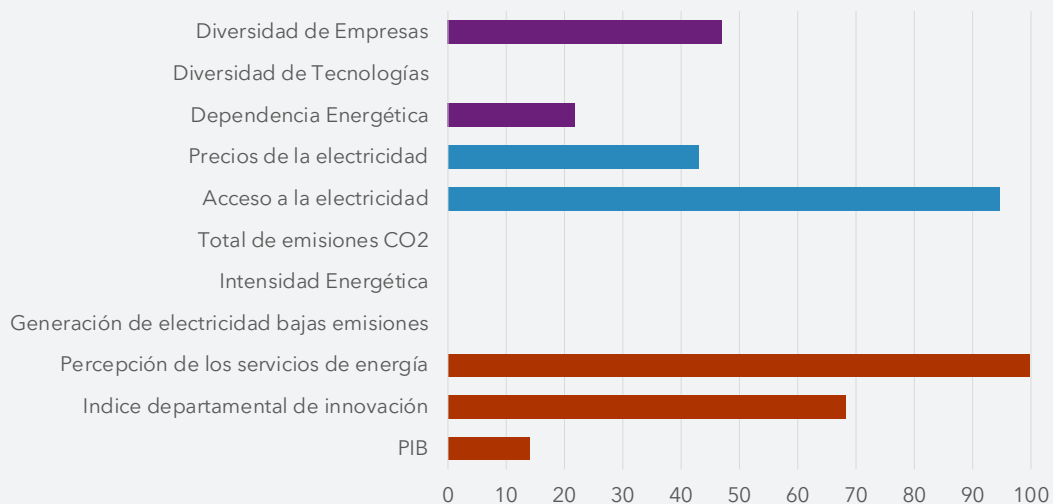
## ►►► Indicadores de Contexto

Habitantes	2'722.128
PIB	44.923 Miles de Millones COP
Total Emisiones	4'365.131 ton CO2 eq
Generación	249 GWh
Demanda de energía	5471 GWh

## ►► Puntaje Trilema Energético



## ►► Valores Indicadores de los Índices del Trilema Energético



# Metodología del Estudio

La realización de este índice fue el producto de la recopilación de información base necesaria para el desarrollo de los índices del trilema energético departamental, para esto se hizo un trabajo de búsqueda e investigación en donde se encontró información de generación de energía, demanda de energía, tipos de tecnologías, empresas generadoras, emisiones de GEI por tecnología, entre otros, esta información se organizó por departamentos para el año 2020. A partir de la información obtenida de los informes correspondientes, cuyas fuentes provienen únicamente de páginas oficiales y de acceso público del gobierno colombiano, fue posible construir el índice del trilema energético departamental, en donde se definieron los cuatro índices sobre los que se trabajó (Seguridad Energética, Equidad Energética, Sostenibilidad Ambiental y Condiciones Departamentales) a partir del desarrollo y la deconstrucción de estos, buscando mantener la esencia y la coherencia propuesta en el World Energy Trilemma Index aterrizando este a escala nacional en donde se les otorgó un peso a los subindicadores desarrollados como se puede ver a continuación.

	<b>Dependencia energética</b>	<b>Diversidad de proveedores</b>		<b>Contexto departamental</b>
<b>Seguridad energética</b>	Diferencia de Generación de energía eléctrica vs demanda de energía eléctrica 15%	Diversidad de tecnologías de generación de energía y su aporte departamental 7.5%		
		Diversidad de empresas proveedoras por departamento 7.5%		
<b>Equidad energética</b>	<b>Acceso a la electricidad</b>	<b>Precios de la electricidad</b>		Producto Interno Bruto 3,33%
	Población con acceso a la electricidad por número de horas (número de horas de habitante) 15%	Precio ponderado departamental de la electricidad por kilovatio/hora 15%		
<b>Sostenibilidad del medio ambiente</b>	<b>Intensidad energética final</b>	<b>Generación de electricidad con bajas emisiones de carbono</b>	<b>Emisiones totales de CO2</b>	Percepción de los servicios de energía 3,33%
	Relación entre el consumo de energía (eléctrica) y el PIB departamental 10%	Generación de electricidad a partir de fuentes descarbonizadas con respecto a la demanda departamental 10%	Emisiones de CO2 por combustión de los combustibles 10%	
				Nivel de innovación departamental 3,33%

# Fuentes

El equipo de energía de Transforma reunió datos para la ejecución del índice principalmente de las siguientes fuentes:

- Reporte Integral de Sostenibilidad 2020 de XM
- Informes de la Unidad de Planeación Minero Energética UPME
- Superintendencia de Servicios Público Domiciliarios en su plataforma Sistema Único de Información de Servicios (SUI)
- Informes del Departamento de Administrativo Nacional de Estadística (DANE)
- Informes del Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE)
- Informes del Departamento Nacional de Planeación (DNP)

La metodología usada para el desarrollo del trilema energético departamental se basó en el cálculo del World Energy Trilemma Index hecho por el World Energy Council.

## Cálculo del índice Puntuación

Los 4 indicadores que se trabajaron están divididos en sub indicadores a los que se les asignó un valor porcentual de acuerdo a su relevancia e incidencia sobre los índices con los que se desarrolló el ranking de este trabajo, además cada uno de estos obtiene una letra de calificación entre de A - D de acuerdo al cuartil en el que se encuentre ubicada la evaluación de cada departamento con respecto a los demás. Los 4 subíndices usados en el cálculo fueron:

**Seguridad Energética:** Tiene una representatividad de del 30% en el puntaje total del departamento. Este índice está dividido en 3 subíndices, dependencia energética (15%), diversidad de proveedores (7,5%) y diversidad de tecnologías (7,5%).

**Equidad Energética:** Tiene una representatividad de del 30% en el puntaje total del departamento. Este índice está dividido en 2 subíndices, acceso de la electricidad (10%) y precios de la electricidad (15%).

**Sostenibilidad ambiental:** Tiene una representatividad de del 30% en el puntaje total del departamento. Este índice está dividido en 3 subíndices, intensidad energética final (10%), generación de electricidad con bajas emisiones de carbono (15%) y emisiones totales de CO<sub>2</sub> (10%).

Finalmente para completar el 10% restante del valor total se hace un indicador adicional llamado contexto departamental el cual está dividido en tres categorías, nivel de innovación departamental, percepción de los servicios de energía y producto interno bruto cada uno con el 3,33% de la distribución final para completar el 100% del cálculo del índice.

# Normalización

Se realiza la normalización de los puntajes obtenidos con el fin de poder realizar una comparación entre los índices y poderles asignar los porcentajes mencionados en la puntuación. El propósito de la normalización es tomar datos en crudo y llevarlos todos a la misma unidad en común con el fin de abordarlos, una vez todos los números se encuentren en la misma escala es posible comparar y evaluar a los departamentos entre sí.

La normalización se hizo utilizando la siguiente fórmula:

$x = (x - \min(x)) / (\max(x) - \min(x))$ , en donde  $\min(x)$  es el menor calificación de los 32 departamentos y  $\max(x)$  es la mayor calificación.



# Bibliografía

- Cámara de Comercio. (2021). *BALANCE DE LA ECONOMÍA DE LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDI-NAMARCA 2020*. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá.
- Corte Constitucional República de Colombia. (1991). *DERECHO FUNDAMENTAL AL AGUA*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de artículo 36 del Decreto 2591 de 1991: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2015/T-761-15.htm>
- Council, W. E. (2021). *World Energy Trilemma Energy 2020*. Obtenido de [https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WE\\_Trilemma\\_Index\\_2021.pdf?v=1634811254](https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WE_Trilemma_Index_2021.pdf?v=1634811254)
- DANE. (2021). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida -ECV- 2020*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2020>
- DANE. (2021). *PIB total por departamentos*. DANE.
- DNP - Departamento Nacional de Planeación. (2021). *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) 2020*. Obtenido de Principales resultados del IDIC 2020: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Competitividad/Paginas/Indice-Departamental-de-Innovacion-para-Colombia.aspx>
- IDEAM. (2021). *COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN*. Recuperado el Noviembre de 2021, de [http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/comportamiento-mensual-precipitacion?p\\_p\\_id=110\\_INSTANCE\\_Bxb2LKaoA2TC&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_110\\_INSTANCE\\_Bxb2LKaoA2TC\\_struts\\_action=%2Fdocument\\_librar](http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/comportamiento-mensual-precipitacion?p_p_id=110_INSTANCE_Bxb2LKaoA2TC&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_110_INSTANCE_Bxb2LKaoA2TC_struts_action=%2Fdocument_librar)
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021 The Physical Science Basis Summary for Policymakers*. Switzerland: 2021 Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPSE. (2021). *Resultados Encuesta de Caracterización ZNI*. Obtenido de <https://ipse.gov.co/sigipse/resultados-encuesta-de-caracterizacion-zni/>
- UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Bogotá.
- XM. (2021). *REPORTE INTEGRAL DE SOSTENIBILIDAD, OPERACIÓN Y MERCADO 2020*. Obtenido de Capítulo 24 Oferta y Generación - Generación por recurso: <https://informeanual.xm.com.co/2020/informe/pages/xm/24-generacion-por-recurso.html>
- XM. (2021). *REPORTE INTEGRAL DE SOSTENIBILIDAD, OPERACIÓN Y MERCADO 2020*. Recuperado el Noviembre de 2021, de Capítulo 24. Oferta y Generación - Capacidad Efectiva Neta: <https://informeanual.xm.com.co/2020/informe/pages/xm/24-capacidad-efectiva-neta.html>