

---

## **ESTRUCTURACIÓN DE UN DERIVADO CLIMÁTICO COMO INSTRUMENTO DE COBERTURA PARA EL SUB SECTOR ENERGÉTICO DE MAYOR VULNERABILIDAD EN COLOMBIA.**

### **RESUMEN**

Alrededor del planeta es inminente el impacto que tienen las variaciones climáticas en los diferentes sectores de la economía, y es la industria energética uno de los sectores más afectados por las fluctuaciones del clima, por lo cual este gremio energético ha tenido que investigar y desarrollar estrategias para mitigar el riesgo financiero que afrontan por estos cambios. Colombia es un país que no es ajeno a esta situación y es la razón por la cual se identificó la necesidad de diseñar un derivado climático aplicable al mercado nacional, que sirva como herramienta de cobertura que contrarreste y mitigue el impacto de las variaciones de la variable climática que mayor golpee al subsector energético con mayor vulnerabilidad ante estos fenómenos.

**PALABRAS CLAVES:** Burn analisis, clima, derivado climático, estructuración, precipitación, put, subsector energético, vulnerabilidad.

### **INTRODUCCIÓN**

En cada rincón del mundo es evidente como el clima ha presentado variaciones a través del tiempo, por causas como el calentamiento global, aumento de la emisión de gases por parte de los automóviles, industrias, etc. Por lo anterior es claro el impacto del clima que afecta directa o indirectamente a los diferentes sectores industriales y comerciales de un país. De acuerdo con el Instituto Meteorológico Británico, más del 80% de la actividad económica mundial depende del estado del clima. (World Meteorological Organization, 2013)

---

Este efecto climático impacta directamente a la industria energética, por lo cual el gremio de este sector ha tenido que buscar formas para mitigar el riesgo financiero que afrontan sus empresas en donde los beneficios monetarios están directamente correlacionados con las condiciones climáticas, y es por eso que a nivel mundial la industria energética ha determinado como una de las muchas herramientas de cobertura, los Derivados Climáticos, debido a que el 46% de los derivados climáticos en el mundo tienen como usuario final a empresas de este sector (ECHEGERAY, 2013)

En el caso de Colombia, y en especial el sector energético nacional, se ha observado que los cambios imprevistos del clima y factores derivados de ello, inciden directamente la producción y competitividad del sector. Fenómenos climáticos conciben externalidades que influyen de forma directa a la variación de la producción energética proyectada, induciendo a que las diferentes condiciones climáticas de cada región del país se vean modificadas.

Los cambios de temperatura (que es un ejemplo claro de las variaciones climáticas) en Colombia, han generado efectos en el ámbito socioeconómico. Desde el enfoque macroeconómico, las variaciones en la producción por efectos de externalidades del clima y los niveles de inflación en el país pueden tener una volatilidad considerable, y desde el punto de vista microeconómico, podemos observar gran cantidad de pérdidas financieras por consecuencia de la variación de la oferta de energía que ha presentado el gremio. (Currás, 2013)

Por lo anterior, y por el cambio en la producción por fenómenos climáticos, surge la necesidad de crear un instrumento que contrarreste y mitigue el riesgo que se genera debido a los cambios abruptos que ha venido presentando el clima, es por

---

esto que este trabajo tiene como objetivo principal proponer los derivados climáticos como una herramienta financiera, innovadora y aplicable para Colombia, que genere cobertura, disminuya la incertidumbre y a su vez ayude a diseñar estrategias de negociación a las diferentes entidades que se actúan en el sector energético.

## **Análisis de la Vulnerabilidad de los Principales Subsectores Energéticos en Colombia**

### **Mercado Energético en Colombia**

El sector energético en Colombia está compuesto por diferentes agentes que cumplen distintas labores en mercados como generación, transmisión, comercialización o distribución de energía que se realiza sobre las diferentes formas de energía: térmica, eléctrica, radiante y química. Este proyecto está enfocado a las plantas generadoras de energía, en donde su actividad se centra en producir energía eléctrica a través de una unidad térmica o una planta hidráulica que se encuentra vinculada al Sistema Interconectado Nacional, ya sea en forma exclusiva o mezclada con otra (s) actividad(es) del sector eléctrico, sin importar cuál sea la actividad.

### **Sector minero-energético nacional**

Siendo el sector minero-energético uno de los más importantes y de mayor participación dentro del PIB nacional, se ve afectado por diferentes factores como lo son las condiciones meteorologías, económicas, sociales entre otras. Este sector ha sido durante más de una década el motor de impulso de la economía nacional y durante el 2015 obtuvo un desempeño del 11.7% en el PIB colombiano figura 2 (ANDI, ANDI, 2015).

---

Como se observa en la figura 2 el sector minero-energético ha tenido una tendencia a la baja desde el año 2013 debido a la crisis presentada en el sector primario y a la caída del precio de cotización del petróleo. Lo cual condujo a una desaceleración económica de este sector.

Este sector también ha generado un importante flujo de divisas en el país debido a las exportaciones e inversión extranjera directa reportando en el 2012 una inversión de US\$8.457 millones, comparando esto se tiene que el primer semestre presentó una inversión de US\$5.021 siendo el petróleo el más significativo con un porcentaje del 60%. Se analizaron las diferentes exportaciones desde el año 2000 al año 2013, ver figura 3 (ANDI, ANDI, 2014).

#### - **Subsector Petrolero**

El petróleo constituye una de las principales fuentes de ingreso en Colombia dado que representa el 54% de los ingresos por exportaciones, el 20% de los gastos públicos. (Portafolio.co, 2011)

Los cambios transitorios en los precios del petróleo pueden inyectar inestabilidad a la economía. Si adicionalmente, los gobiernos emprenden proyectos ineficientes de desarrollo con cargo a los recursos petroleros, el resultado puede ser una estrategia destructiva que conduzca a que con el tiempo la economía sea más vulnerable a la volatilidad de los precios del petróleo en presencia de imperfecciones del mercado.

El sector petrolero ha contribuido históricamente a la economía nacional, La relación del sector petrolero con el sector público se observa a través de los ingresos recibidos por el recaudo de impuestos, regalías y utilidades de la petrolera estatal percibidos por el Estado. Por su parte este sector se vincula

---

---

con el sector externo por medio de intercambios reflejados en las cuentas corriente y financiera, mercado de divisas y el tipo de cambio. La suma de recursos destinados al sector público y privado se establece de acuerdo a cómo se distribuya la renta petrolera

En la figura 4 se puede apreciar la participación que ha tenido el petróleo dentro el PIB (DPN, 2016).

### **Impacto climático en el subsector petrolero**

Para realizar estimaciones probabilísticas es necesario hacer análisis de la serie de tiempo, que es un proceso de observación, donde se estudia el comportamiento de la misma, la velocidad con la que cambia (delta), la variabilidad y/o volatilidad de los datos entre muchos otros parámetros. Se comienza observando gráficamente el consolidado histórico de la producción de petróleo en Colombia entre 1997 y 2012 en la figura 5, un periodo de 16 años donde el país y el mundo ha atravesado por diversos fenómenos económicos, demográficos, climáticos, sociopolíticos, geopolíticos, entre otros que han afectado tanto positiva como negativamente sobre la producción y demanda de petróleo.

### **Factores sociopolíticos y geopolíticos:**

Las crisis geopolíticas y ataques terroristas (variable dummy - índice de violencia), las cuales tienen un efecto directamente proporcional, es decir, a mayor número de conflictos socio- políticos entre países productores de petróleo, mayor será el precio del petróleo.

### **Factores Naturales:**

Otra de las causas por las que el precio varía se debe a los desastres ambientales como huracanes (velocidad de los vientos: km/h, mph, etc),

---

---

terremotos o movimientos

- **Subsector Carbonífero**

El carbón es el tercer ítem dentro de las exportaciones colombianas, siguiendo los niveles del café y el petróleo. Esta explotación se dio gracias a la revolución industrial nacional, específicamente a los tranvías, es decir los primeros ferrocarriles a vapor que se dieron iniciando el siglo XX, seguido a esto el sector industrial (cementeras, empresas textiles, sector residencial).

En los 70's, la crisis mundial del sector petrolero condujo a la mayor implementación del recurso energético que provocó una reforma estatutaria que consolidaría una etapa de minería en el país.

Para este subsector es inminente el impacto del cambio climático, debido a que su demanda, producción y precio varían de acuerdo a la situación de la matriz energética. Es decir, que después de la inclusión de la generación térmica para suplir la demanda eléctrica en un porcentaje del total, la exigencia del aumento de la producción a las industrias carboníferas se da a partir de la situación que este afrontando las centrales hidroeléctricas, debido a que es inversamente proporcional, es decir que si para estas hidráulicas se disminuye el máximo de producción, para las empresas térmicas aumenta.

Un ejemplo de lo anterior, es el racionamiento eléctrico que se presentó entre 1992 y 1993 hizo que el país por seguridad energética,

Cabe resaltar que dentro de los usos del carbón, la generación de energía eléctrica y la coquización son las que se destacan en Colombia, es por eso que tiene un gran aporte en la generación termoeléctrica.

Esto quiere decir que la demanda sobre este *commoditie* aumenta significativamente y por consiguiente su precio también, por lo que las

---

---

proyecciones climáticas son de gran utilidad al momento de pactar la compra o venta de carbón en un periodo donde se espera un impacto climático fuerte y así cubrirse de un incremento en los precios de los mismos. Sin embargo, a pesar que sería un buen activo subyacente para la estructuración de un derivado como herramienta de cobertura ante las fluctuaciones de los diferentes indicadores climáticos, no hay una confianza del mercado hacia la generación eléctrica por parte de esta fuente. Por lo cual en caso de querer estructurar un derivado con liquidación entregable, no habría confiabilidad en el mismo.

No siendo los únicos, diferentes medidas políticas y factores pueden afectar el desempeño de este, entre los cuales en encuentra:

**Factores Naturales:**

En el sector minero nacional, catástrofes como deslizamientos, lluvias y terremotos han afectado la producción y desarrollo de este. Con la aparición de estos fenómenos climáticos se han ocasionado cierres temporales de las diferentes minas y canteras, dificultad en el transporte por vía marítima hacia los puertos de exportación entre otras.

- **Subsector eléctrico**

En este sub sector energético es importante destacar el Sistema Interconectado Nacional – SIN, que comprende la reunión de centrales de generación eléctrica y sistemas de distribución que se encuentran conectados entre sí por el Sistema Nacional de Transmisión – SNT. Dentro de los agentes del Sistema Interconectado Nacional – SIN encontramos los clientes, que pueden ser regulados, es decir aquellos que según el artículo 11 de la Ley 143 de 1994 es una persona natural o jurídica cuyas compras de electricidad

---

---

están sujetas a las tarifas establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG, mientras que los clientes no regulados, son aquellos que acuerdan un precio libre en la negociación. Por otro lado se encuentran operaciones como comercialización, distribución, transmisión y generación. (MINMINAS, 2011)

Dentro de las principales fuentes de generación eléctrica se encuentra: las centrales hidroeléctricas, el gas natural y el carbón. Las cuales aportan a la generación total de la energía eléctrica con una participación altamente activa de las hidráulicas, como se puede observar en la figura 19, en donde se alcanza a percibir que es aproximadamente el 70% de la producción total.

#### **Impacto Climático en el Subsector Hidroelectrico.**

Entre 1975 y 2012, un periodo de 38 años donde Colombia ha habido cantidad de cambios en la economía, tecnología, niveles de producción, infraestructura en las empresas, llegada de nuevas organizaciones, fenómenos climáticos, que de una u otra manera han impactado a la demanda de energía eléctrica, como se evidencia en la figura 8. A partir de esto se contemplan tres distintas etapas, la primera que va desde que inicia en el año 1975 hasta el año 1991, una segunda etapa desde el inicio de 1992 hasta del año 1998 y una final que va desde 1999 hasta el final de la serie de tiempo en el año 2012.

Primeramente hay una tendencia lineal creciente con una variación mínima hasta los años 90, seguidamente se observa un periodo con cierta variabilidad, que es causado por cambios climáticos (Apagón de 1992) y por la mala infraestructura que tenía el país en ese momento para enfrentar catástrofes como ésta, luego en el segundo periodo se observa que la curva

---



---

decae nuevamente en el año de 1998 por la recesión económica que enfrentó el país en el año de 1998, lo que pone a prueba el sistema eléctrico nacional y sus planes de contingencia para sucesos futuros similares. A partir del nuevo milenio, la curva tiende nuevamente a estabilizarse y a formar una regresión lineal con una razón de cambio un tanto diferente a la primera. Intuitivamente se puede decir que es una serie de tiempo con un modelo básico, bastante predecible.

A partir del crecimiento del sector, se realizan una serie de proyectos de ley que implican reformas constitucionales, leyes y decretos que dinamizan la intervención y el avance del sector eléctrico en general y da paso a la construcción de nuevas empresas. Pero el progreso no solo se enfoca en la generación, sino en otros espacios del Sistema Interconectado Nacional – SIN, como la interconexión, por lo cual el nacimiento de una empresa que aportara a la construcción de nuevos proyectos de mayor tamaño para abastecer la demanda nacional. Así la producción, como se puede observar en la figura 9, ha fluctuado a través de los años gracias al impacto de diferentes eventos que se han presentado en el país.

Sin embargo es necesario mencionar que no solo las medidas del libre mercado impactan en la producción de energía eléctrica, sino que factores políticos como la llegada de un nuevo presidente al poder afectan directamente al sector. Un claro ejemplo es el gobierno de Cesar Gaviria, que trajo consigo reformas estructurales que dejaron huella en el sector eléctrico colombiano, como lo fue el ajuste tarifario, procesos de reforma y la sanción de diferentes leyes como la Ley 142 y 143, que contemplaron temas de servicios públicos y sector eléctrico, respectivamente. Las dos leyes

---

anteriormente mencionadas originalmente protegían a las diferentes empresas del sector eléctrico de la privatización, para que pudieran competir libremente en el mercado, sin embargo otros gobiernos como el de Ernesto Samper, Antanas Mockus (Bogotá), así como recientemente el de Juan Manuel Santos, realizaron las principales privatizaciones del país.

**Factores Naturales:** La energía eléctrica en Colombia como se mencionó anteriormente depende en su gran mayoría de la producción hidráulica, esta al ser generada por el aprovechamiento del caudal de los ríos, fenómenos como el niño y la niña afectan el desarrollo de esta industria, a causa de la variación que se presentan en el nivel de pluviosidad, el nivel de caudal, entre otros.

**Factores sociopolíticos:** Los daños a la infraestructura de las hidroeléctricas debido a atentados terroristas, políticas de razonamiento, políticas ambientalistas entre otras son variables que afectan de forma directa la producción de electricidad.

### **Subsector energético colombiano con mayor vulnerabilidad al impacto climático**

El sector minero energético nacional se ve afectado por múltiples factores, debido a su relación con la economía, la población, la implementación de políticas que se han tomado, fenómenos naturales, etc. El desarrollo de este sector es definido por las diferentes políticas económicas y el plan de desarrollo que para el caso de Colombia caso el Presidente de la República, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público – MHCP y el Ministerio de Minas y Energía plantea para su crecimiento o su regularización. En los diferentes componentes del sector minero energético nacional, los temas sociopolíticos, geopolíticos, naturales y económicos, afectan de manera

---

gradual su desarrollo, si bien unos son más probables que otros según sus componentes. Los fenómenos naturales se presentan de manera aleatoria e inesperada, pero a su vez de forma frecuente, arrojando como resultado pérdidas como se expuso anteriormente.

Por lo tanto, es el sub sector hidroeléctrico el más vulnerable a los cambios climáticos, teniendo en cuenta las fluctuaciones tanto en su nivel de demanda como de producción que se originan a raíz de fenómenos naturales, depurando eventos que tienen otros factores importantes como los económicos y culturales que de igual forma inciden en el comportamiento de la oferta y demanda, pero no están relacionados directamente con el clima. Como consecuencia se decide seleccionar el campo hidroeléctrico para estructurar un derivado climático como instrumento de cobertura para el subsector energético colombiano con mayor vulnerabilidad.

Para el sector hidroeléctrico la precipitación es la variable climática de mayor impacto; desde un punto de vista teórico, es significativa para el sub sector hidroeléctrico, debido a que esta caída de agua en múltiples estados, alimenta la capacidad de las centrales hidroeléctricas y por ende impacta sobre la generación o producción de energía eléctrica. Por lo cual se selecciona esta variable para aplicar un análisis econométrico o un análisis técnico, para revisar más detalladamente el impacto sobre la producción de energía eléctrica.

- **Análisis Econométrico**

**Se** procede a analizar los niveles de precipitación acumulada de cinco de las principales ciudades de Colombia: Bogotá, Barranquilla, Cali, Medellín y Bucaramanga, en una periodicidad mensual, trimestral y anual. Del análisis estadístico (Tabla 3) sobre la serie de tiempo de la precipitación trimestral y anual acumulada de 5 ciudades principales de Colombia

---

---

(Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali y Medellín) se puede concluir con un 95% de confianza para una muestra de 38 años que:

- a. El comportamiento de las precipitaciones acumuladas de las diferentes ciudades presentan una volatilidad diferente (Barranquilla = 284,66 mm, Bogotá = 164,31 mm, Cali = 157,12 mm, Medellín y Bucaramanga = 292,12), estas no son muy variantes unas a otras como se observa en la desviación estándar. Con un promedio anual de precipitaciones de 848.35 mm en Barranquilla, 817.77 mm en Bogotá, 891.93 mm en Cali y 1660,80 Medellín y Bucaramanga. Estas ciudades presentan en su gran mayoría una distribución leptocurtica a excepción de Cali que presenta un comportamiento platicurtico, lo cual indica que sus datos son más dispersos. En tanto a la distribución de sus datos Bogotá presenta una concentración de estos en la parte izquierda a diferencia de las demás ciudades.
  - b. El promedio de precipitación acumulada de estas ciudades es de 5.952.36 mm, presentando una posible variación en la precipitación anual 954.03 mm que se refleja en la desviación estándar, presentando un comportamiento leptocurtico en la distribución de los datos, teniendo una mayor concentración de los datos en la parte derecha de la distribución según el coeficiente de asimetría
  - c. El comportamiento de la generación hidroeléctrica tiene un promedio de 28.54051 Tcal, con una desviación estándar de 9.924,08 Tcal indicando que esta presenta una gran volatilidad en los datos, los cuales estas agrupados en la parte derecha de la distribución platicurtica como se observa en el coeficiente d asimetría y la curtosis.
-

Tabla 3. Estadística Descriptiva series de tiempo de la Precipitación (mm) anual acumulada 5 ciudades principales Colombia

	Acumulada	Bogotá	B/quilla	Cali	Medellín	B/mang a	Producción Hidroeléctrica HE
Media	5.952,38	817,77	848,35	891,3	1.697,	1.697,4	28.540,51
Mediana	5.949,55	835,35	815,95	895,4	1.660,	1.660,8	28.921,00
Desviación estándar	954,03	164,31	284,66	157,1	292,12	292,12	9.924,08
Curtosis	0,63	0,49	0,09	-0,23	0,95	0,95	-1,17
Coefficiente de asimetría	0,58	-0,15	0,48	0,19	0,57	0,57	0,11
Mínimo	4.010,70	434,70	410,90	588,5	1.111,	1.111,3	13.427,00
Máximo	8.652,50	1.206,8	1.642,7	1.208	2.554,	2.554,2	45.492,00
Suma	226.19	31.075,	32.237,	33.87	64.502	64.502,	998.918
Cuenta	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	35,00

Fuente: Elaboración Propia.

Sin embargo para fundamentar la premisa anterior, se procede a revisar el coeficiente de correlación entre los niveles de precipitación de las diferentes ciudades, la precipitación anual acumulada y la generación eléctrica.

Tabla 4. Coeficiente de Correlación Precipitaciones sectoriales y Producción hidroeléctrica Tcal.

Precipitación total anual	Anual Acumulada	Bogotá	Barranquilla	Cali	Medellín	Bucaramanga	PCC Hidroeléctrica
Acumulada Bogotá	100%	71,30%	100,%				

Barranquilla	64,62%	29,64 %	100,%				
Cali	70,66%	46,88 %	30,16%	100,%			
Medellín	94,41%	61,78 %	43,49%	61,41 %	100,00 %		
Bucaramanga	94,41%	61,78 %	43,49%	61,41 %	100,00 %	100,0 %	
Producción Hidroeléctrica HE	40,15%	32,27 %	23,09%	5,06%	44,35%	44,35 %	100%

Fuente: Elaboración Propia

De lo anterior se puede concluir que:

1. Las ciudades que presentan una mayor correlación con la producción eléctrica son Medellín y Bucaramanga con un 44.35% cada una, debido a que en estos sectores se presentan niveles de precipitación más elevados respecto a las otras ciudades, además estas regiones presentan un alto impacto en la producción hidroeléctrica por lo cual la variación de alguna de estas ciudades afecta directamente en la generación hidroeléctrica nacional
2. La precipitación anual acumulada esta correlacionada con la producción hidroeléctrica un 40.15%, esto se debe se seleccionaron 5 de las principales ciudades del país, por lo que se puede evidenciar que hay una elevada dependencia de la precipitación nacional acumulada con la generación hidroeléctrica.

### **Valoración Mediante la Metodología Seleccionada: Burn Analysis**

Después de analizar los diferentes modelos mencionados, se concluye que el método por excelencia más ajustado para calcular la aproximación del precio del derivado es el *Burn Analysis*, es decir que se evalúa como se hubiese comportado el derivado con los niveles de precipitación acumulada anual histórica en tres diferentes temporalidades: mensual, trimestral y anual, para analizar los diferentes resultados

arrojados, es por eso que dependiendo de la periodicidad se tomaran un numero de datos para la muestra del acumulado de precipitación nacional, quedando así:

- **Tipo De Derivado: Opción:** Para realizar las estrategias de cobertura sobre el sub sector energético con mayor vulnerabilidad ante el cambio climático, es decir el sub sector hidroeléctrico, se seleccionó la opción como instrumento financiero optimo debido a sus características y posibilidades del mercado.
- **Variable Climática: Precipitación:** A partir del análisis econométrico realizado se determinó que la precipitación es la variable climática que mayor impacto tiene en la generación de energía hidroeléctrica, por ende se diseñará la opción climática sobre esta variable.
- **Activo Subyacente (It): Índice De Precipitación Acumulada Anual Colombia.**
- **Opción elegida:** para las hidroeléctricas el riesgo radica en que la precipitación disminuya y por ende el índice de precipitación acumulada anual nacional también, debido a que la generación o producción tiende a disminuir por salvaguardar la seguridad energética del país, y por ende la industria hidráulica se vería afectada. Por lo anterior la Opción *Put* es la que posibilita cubrirse de las probables perdidas que se generan por la disminución de la precipitación en Colombia.
- **Spot:** El nivel de precipitación acumulada anual óptima para la generación de energía hidroeléctrica es de: 5.491,9 mm (Anual) de acuerdo con el grafico de dispersión, por lo cual será en nivel de strike para realizar la valoración del derivado.

$$E = 5.491,9 \text{ mm}$$

---

- 
- **Ticker:** 50 usd por la variación de cada pulgada del índice. Es decir que se pagará un *ticker* de 2 usd por la fluctuación de cada milímetro de lluvia. (CME GROUP).

$$Ticker = 2 \text{ usd}$$

- **Tasa libre de riesgo (rf):** Se determina una tasa libre de riesgo del año en donde culminan los datos, que al día 28 de diciembre de 2012 es de 8,56% EA (BVC, 2009), con referencia del TES TFIT16240724 que se emitió el 24 de julio de 2008 y vence el 24 de julio de 2024 (BVC), convirtiendo las tasas efectivas anuales en tasas capitalizables continuamente, debido a los periodos de las opciones.

$$Rf = 8,56\% \text{ EA}$$

$$Rf = 8,21\% \text{ Cc}$$

- **Calculo Del Precio de la Opción:** Los datos de las diferentes temporalidades, se pueden observar en las tablas 28, 29 y 30, mostradas anteriormente. Con esta data, se procede a calcular los pagos para la opción *put* en una posición larga, para posteriormente multiplicarlo por monto monetario asignado a cada milímetro de precipitación, que para este caso hace referencia al valor del *ticker*. Lo que arroja este primer paso se descuenta

El resultado de la aplicación del método *Burn Analysis* se puede observar en las tablas 30, 31 y 32 con un nivel de pagos descontados en cada uno de los momentos bajo una tasa libre de riesgo específico para el comportamiento histórico de la precipitación acumulada.

Tabla 30. *Burn Analysis* Mensual *Put*

---



Año	PUT											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov	Dic
Promedio	465,8	391,3	153,7	48,6	0,0	114,06	136,99	156,32	42,43	0,0	36,91	12,9
Precio	173,8	146,0	57,3	18,1	0,00	42,56	51,12	58,34	15,83	0,0	13,67	45,57

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Burn Analysis Trimestral Put

Año	PUT			
	Trim I	Trim II	Trim III	Trim IV
Promedio	865,48	51,40	244,38	38,54
Precio	54,23	9,15	43,55	6,86

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32. Burn Analysis Anual Put

Año	PUT
Promedio	299,05
Precio	21,59

Fuente: Elaboración Propia

## Conclusiones

A partir del análisis econométrico y fundamental de las diferentes variables climáticas, se definió que la precipitación es la variable que tiene un mayor impacto sobre la generación hidroeléctrica en Colombia, por ello se tiene la necesidad de una herramienta que permita mitigar las pérdidas debido a las variaciones de este indicador.

Para mitigar las pérdidas que representan las variaciones de la precipitación sobre la industria hidroeléctrica, se emplea la estructuración de un derivado climático el cual de la posibilidad de seleccionar entre las opciones Short Put (posición óptima para

cobertura) y Long *Put* propuestas, estando disponibles para las hidroeléctricas que están en el territorio nacional.

Debido a la insuficiencia de información, se seleccionó como método de valoración el método Burn Analysis, el cual permite tomar la información encontrada y valorar de forma adecuada. De los resultados del modelo se puede afirmar que en una mirada al precio del la *put* sobre el índice de precipitación acumulada en Colombia, que en el primer trimestre de todos los años la *put* se activa para los que están en una posición corta, es decir que los niveles de precipitación están por debajo del strike propuesto, reflejando una coherencia con la realidad del país, debido a que es en los primeros tres meses donde por lo general se da el fenómeno del niño, es decir, que para esta época de sequía sería efectivo contar con un derivado climático como el propuesto.

---

---

## BIBLIOGRAFÍA

ANDI. (2014). *ANDI*. Obtenido de

<http://www.andi.com.co/SaIPren/Documents/Colombia%20Balance%202014%20y%20perspectivas%202015.pdf>

ANDI. (2015). *ANDI*. Obtenido de

<http://www.andi.com.co/Documents/Balance2015/ANDI%20-%20Balance%202015%20y%20Perspectivas%202016.compressed.pdf>

Currás, B. (2013 de 05 de 2013). *financiarred*. Obtenido de

<http://financiarred.com/afecta-el-tiempo-que-hace-a-la-economia/>

DPN. (2016). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de

<https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/estudios-economicos/Paginas/estadisticas-historicas-de-colombia.aspx>

ECHEGERAY, S. H. (Oscubre de 2013). *UChile*. Obtenido de repositorio.uchile:

[http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115016/cf-hartmann\\_se.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115016/cf-hartmann_se.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Energetico, C. (20 de Junio de 2012). *Constructor Energetico*. Obtenido de

<https://constructorelectrico.com/crisis-energetica-espanola/>

MINMINAS. (2011). *MINMINAS*. Obtenido de

[https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley\\_143\\_1994.pdf/c2cfbda4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e](https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley_143_1994.pdf/c2cfbda4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e)

Portafolio.co. (9 de Agosto de 2011). *Portafolio*. Obtenido de

<http://www.portafolio.co/negocios/empresas/exportaciones-colombianas-crecieron-54-junio-pasado-117264>

---

## Figuras

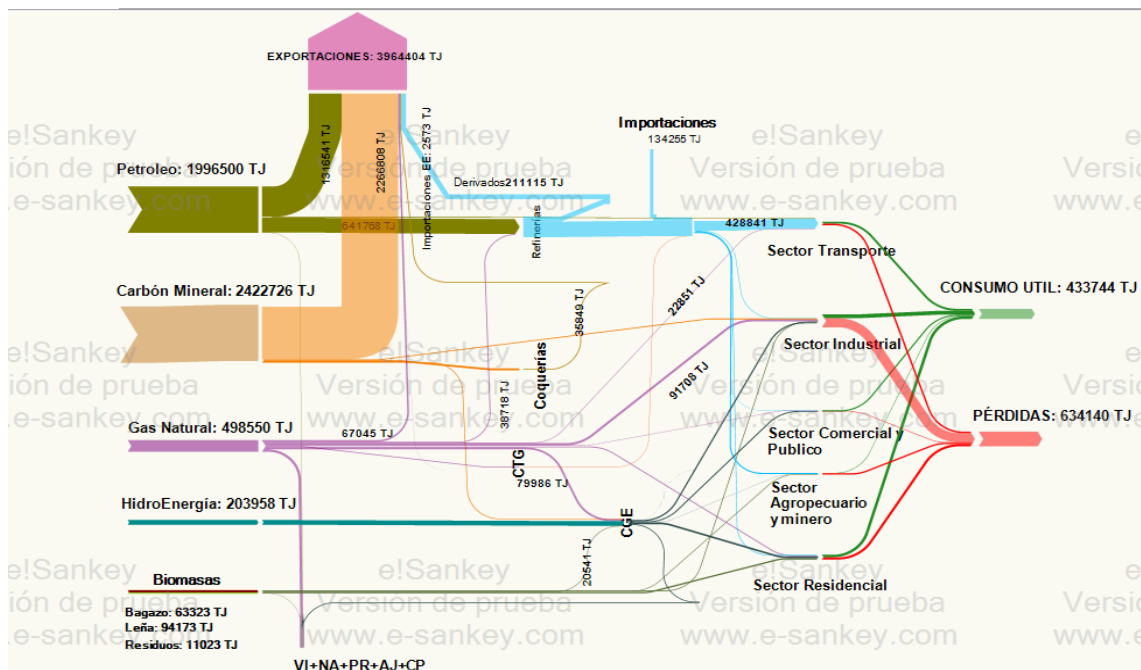


Figura 1. Balance energético nacional 2012.  
Fuente: UPME

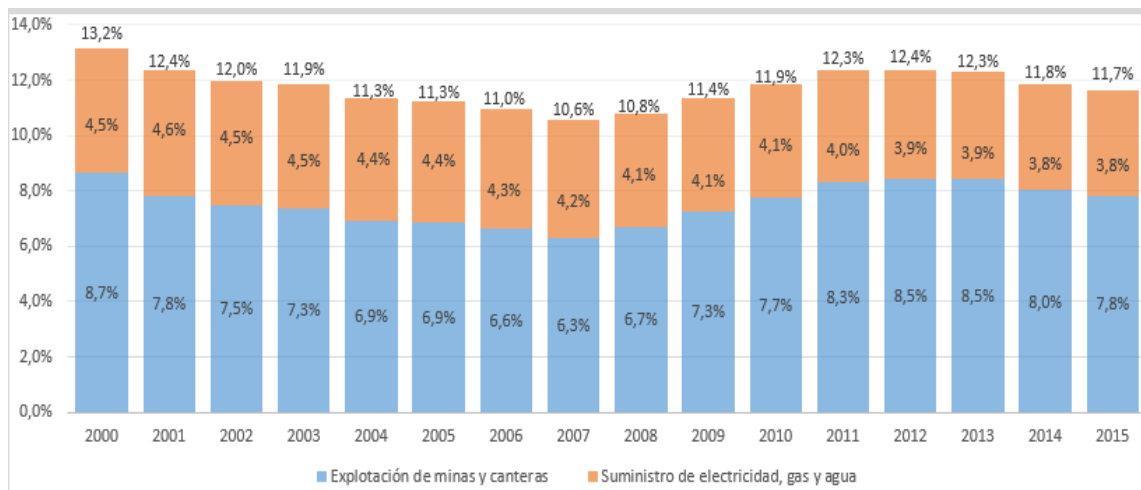


Figura 2. Colombia: Peso de la cadena minero-energética 1990-2013  
Fuente: DANE, Cuentas Nacionales

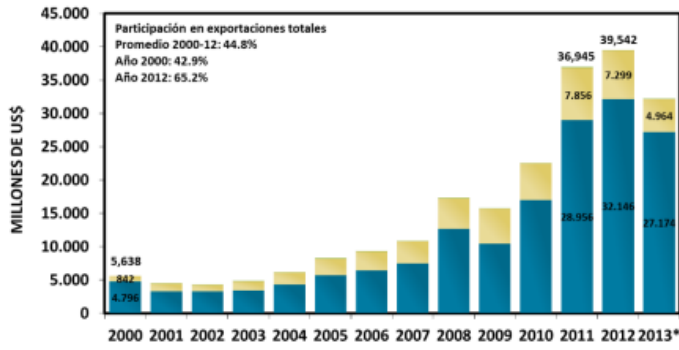


Figura 3. Colombia: Exportaciones petróleo, carbón y energía eléctrica  
Fuente: DANE, Cálculos ANDI

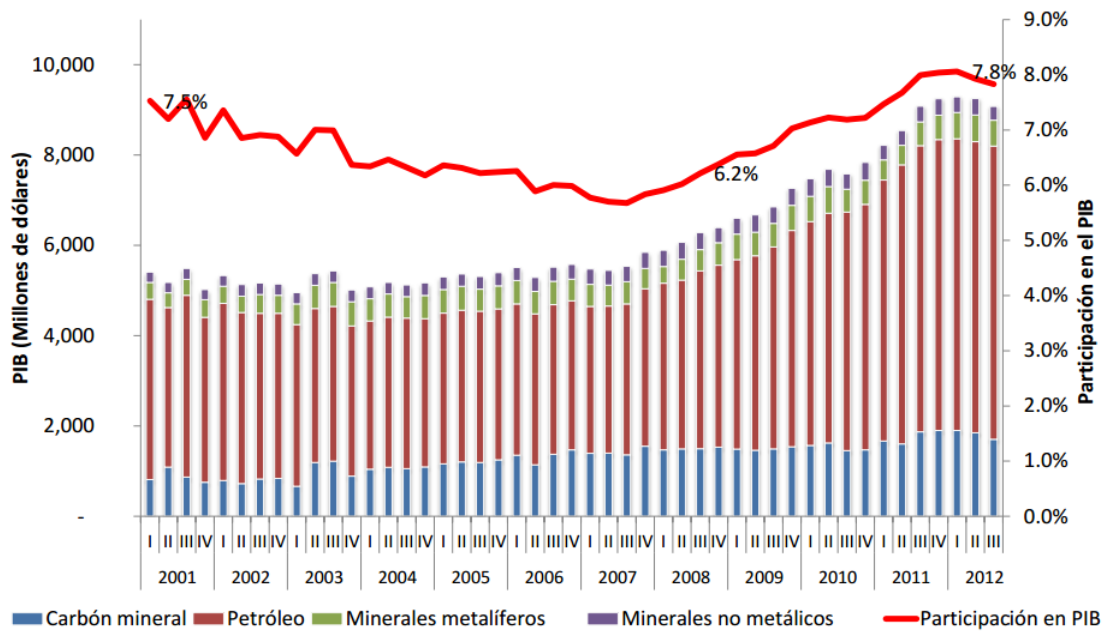


Figura 4. Colombia: Peso de la cadena minero-energética y peso en el PIB  
Fuente: DANE, Cuentas Nacionales

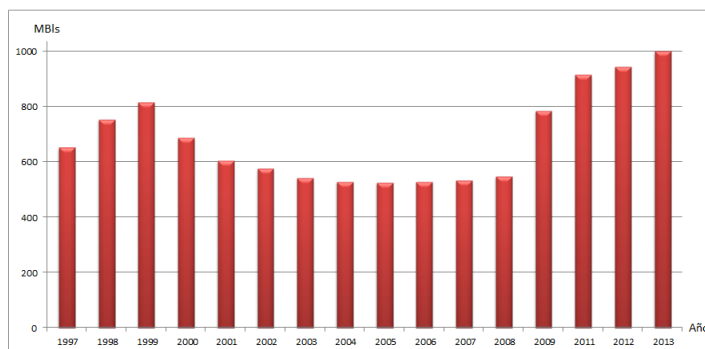


Figura 5. Serie de Tiempo Demanda Petróleo (MBIs-año) desde 1997 hasta 2013.  
Fuente: ECOPETROL S.A

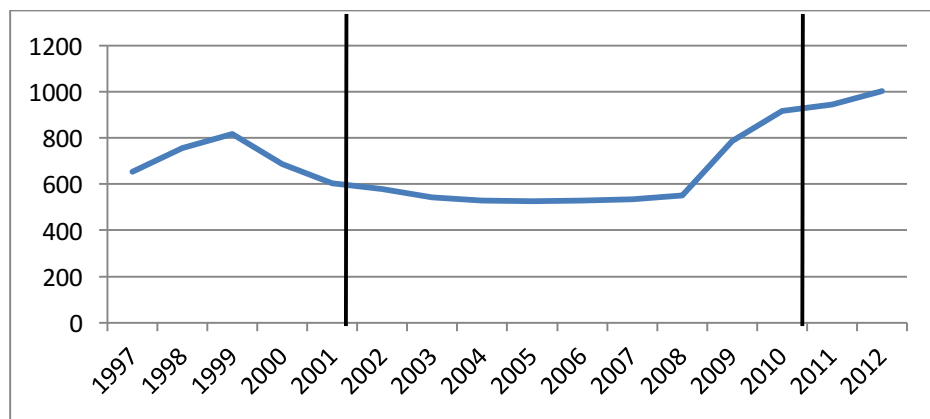


Figura 6. Curva Serie de Tiempo Producción Nacional de Petróleo (MBls-año) desde 1997 hasta 2013.

Fuente: UPME

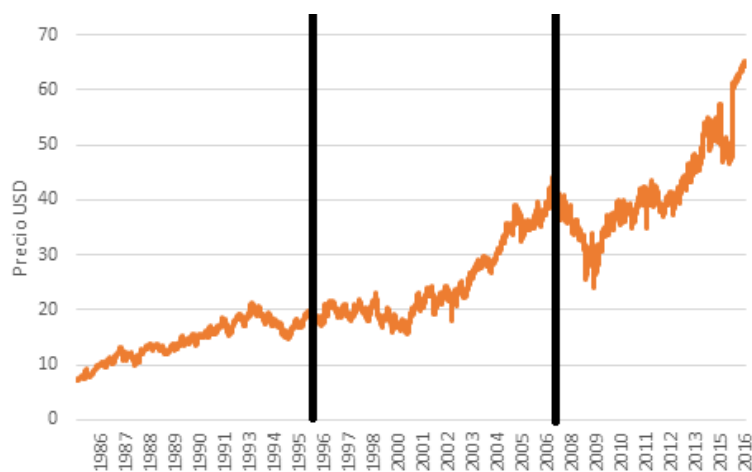


Figura 7. Precio corriente en dólares por Metp de carbón anual desde 1986 hasta 2016.

Fuente: BLOOMBERG

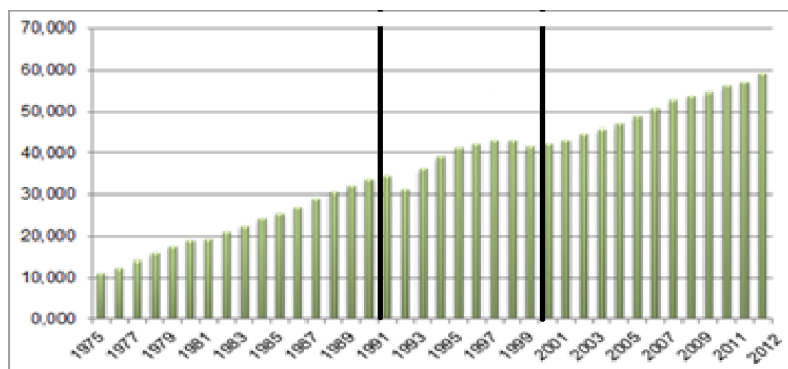


Figura 8. Serie de Tiempo Demanda Nacional de Energía (GWh-año) desde 1975 hasta 2012.

Fuente: XM

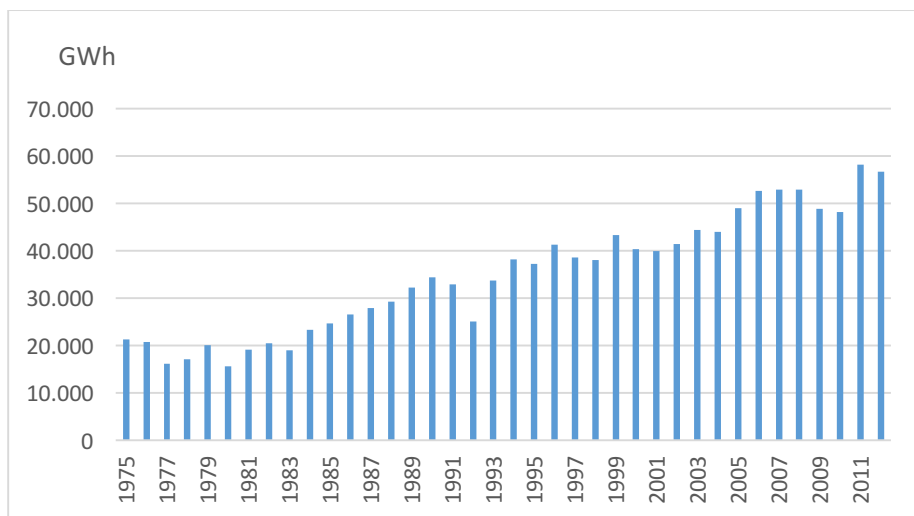


Figura 9. Serie de Tiempo Producción Nacional de Energía (GWh-año) desde 1975 hasta 2012.

Fuente: UPME

#### **Autores**

**Nelson Javier Hernández Bueno**

Estudiante Ingeniería Financiera

Representante Junta Directiva Unab.

Grupo de investigación Ciencias Aplicadas.

Grupo de investigación financiera.

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Semillero Interinstitucional de Investigación en Prospectiva Energética al 2050.

**Oscar Andrés Sotelo Sánchez**

Estudiante Ingeniería Financiera

Formula Consejo Académico Unab.

Universidad Autónoma de Bucaramanga