

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EL MERCADO DE ENERGÍA Y EL  
DESEMPEÑO DEL MERCADO DE VALORES EN COLOMBIA DURANTE EL  
PERIODO 2015-2019.

Sandra Milena Botina Lasso

Adriana Catalina Rodríguez Muñoz



**Corporación Universitaria**

**Autónoma del Cauca**

**Contaduría Pública**

**Popayán**

**2020**

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EL MERCADO DE ENERGÍA Y EL  
DESEMPEÑO DEL MERCADO DE VALORES EN COLOMBIA DURANTE EL  
PERIODO 2015-2019.

Sandra Milena Botina Lasso

Adriana Catalina Rodríguez Muñoz



**Trabajo de Grado Presentado como  
Requisito Parcial para  
Optar al Título de Contador(a)  
Público(a).**

**Tutor:**

**Camilo Andres Perez Pacheco**

**Corporación Universitaria**

**Autonoma del Cauca**

**Contaduría Pública**

**Popayán**

**2020**

## NOTA DE ACEPTACION

El director y jurados del trabajo, titulado “Análisis de la relación entre el mercado de energía y el desempeño del mercado de valores en Colombia durante el periodo 2015- 2019,” elaborado por Sandra Milena Botina Lasso y Adriana Catalina Rodríguez Muñoz, una vez revisado el escrito final y aprobada la sustentación del mismo, autorizan para que realicen las gestiones administrativas correspondientes a su título.

Esp: Camilo Andrés Pérez Pacheco  
Director.

Esp: Martin José Valencia Gutiérrez.  
Jurado.

Magíster: José Eduardo Orozco  
Álvarez.  
Jurado.

## Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos y agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, para continuar con este proceso para terminar nuestra carrera profesional.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A mi esposo por su apoyo por estar siempre presente, acompañándome a lo largo de esta etapa.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a nuestros docentes de la corporación universitaria Autónoma del Cauca quienes nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Adriana Catalina Rodríguez Muñoz

Dedicatoria.

A mi hijo Cristian Andrés  
Chicangana Botina, el mejor regalo  
que me ha otorgado Dios, eres la  
Inspiración de mi vida. Bendecida  
soy por tu alegría, amor y  
comprensión.

Sandra Milena Botina Lasso

## AGRADECIMIENTOS.

Al concluir un logro académico más de mi vida, quiero agradecer a todos los que hicieron parte de este gran sueño pues fueron, apoyo fortaleza e inspiración a lo largo de mi formación.

Agradezco en primer lugar a Dios y a la Santísima Virgen María, por darme la sabiduría la fuerza y la confianza para creer en mis sueños, otorgandome así esta gran bendición.

A mi familia y amigos; por su amistad, amor aliento y apoyo; porque nunca dudaron de mis capacidades, por sus sabios consejos y por estar ahí cuando más los necesitaba ,gracias.

A mis profesores y compañeros, mi más sentida gratitud, por hacer más amenas las jornadas de trabajo, por tener siempre la mejor disposición y por las enseñanzas compartidas.

A la Universidad Autónoma del Cauca, facultad de contaduría, por abrirme sus puertas y permitirme ser parte de ella, mi gratitud eterna.

A todos gracias...

Tabla de contenido

|   |   |
|---|---|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>               | <b><i>¡Error! Marcador no definido.</i></b> |
| <b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b> | <b>3</b>                                    |
| <b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>              | <b>5</b>                                    |
| <b>4. OBJETIVOS.....</b>                  | <b>6</b>                                    |
| <b>5. MARCO TEÓRICO .....</b>             | <b>7</b>                                    |
| <b>6. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b> | <b>10</b>                                   |
| <b>7. METODOLOGÍA.....</b>                | <b>16</b>                                   |
| <b>9. CONCLUSIONES.....</b>               | <b>36</b>                                   |
| <b>10. REFERENCIAS.....</b>               | <b>39</b>                                   |

## Lista de Figuras

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ILUSTRACIÓN 1 EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE COLCAP .....</b>            |           |
| 20   |           |
| <b>ILUSTRACIÓN 2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PRECIO SPOT DE LA ENERGÍA.....</b> | <b>22</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 3 ANÁLISIS DE IMPULSO RESPUESTA .....</b>                   |           |
| 34   |           |
| <b>ILUSTRACIÓN 4 ELASTICIDAD DE LARGO PLAZO .....</b>                      |           |
| 35   |           |

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se acepta de manera generalizada la explicación propuesta por Robert Allen sobre los detonantes de la revolución industrial en Inglaterra. El argumento presentado por este autor, le atribuye un rol prominente al acceso a la energía barata, en aquellos tiempos, el acceso al carbón. No obstante, aunque todos los científicos sociales están de acuerdo con esta explicación, existen pocos trabajos contemporáneos que relacionen el costo de la energía al desarrollo económico de un país, en sus múltiples dimensiones: desde la productividad de las empresas, el crecimiento del PIB, hasta el funcionamiento de los mercados accionarios.

En principio, existen diversos canales por medio de los cuales, un sector energético eficiente, puede impactar favorablemente el funcionamiento de la economía de un país. Un sistema energético con un buen desempeño abarata uno de los principales recursos intermedios de las empresas. Esto afecta de manera indirecta el costo, a la baja, de los demás materiales y factores productivos que se demandan en las diferentes industrias. A vez, esto provoca que las industrias adopten con mayor facilidad las oportunidades de innovación, las cuales permiten que se atienda de una mejor manera la demanda con productos de mayor calidad o que se abaraten los costos totales de producción. A su vez, todos estos cambios terminan aumentando las ganancias de las empresas y su viabilidad o sostenibilidad en el largo plazo, lo cual aumenta el

valor de sus acciones. Esto conecta al sector energético con el mercado accionario.

En esta investigación se propone que el postulado empírico anterior también aplica para Colombia. Aquí se arguye que el sector de la energía juega un rol crucial en el desarrollo económico del país. Este estudio pretende ser parte del conjunto de investigaciones que han demostrado que este sector afecta de manera sistemática el nivel de actividad económica, a través del impacto de este sector sobre el mercado accionario. Este objetivo se justifica, dado que, para el caso colombiano, no existe ningún estudio que caracterice la relación entre el precio de la energía y el índice general de la bolsa de valores. Dado esto, el objetivo de esta investigación consiste en llenar este vacío en la literatura financiera a nivel de los mercados emergentes, al estudiar la relación dinámica, tanto a corto como a largo plazo, entre estas variables. El precio de la energía se aproxima con el precio Spot y como índice general se utiliza el IGBC. Para alcanzar el objetivo propuesto, se propone utilizar la metodología VEC (Vectores de Corrección del Error).

En línea con lo anterior, para cumplir el objetivo planteado, se pretende proceder en cuatro etapas:

1. Se investigan los principales resultados obtenidos en la literatura.
2. Se conforma una base de datos que permita, econométricamente, contrastar las hipótesis planteadas.
3. Se estima un modelo econométrico que permita estudiar las

interacciones entre las variables de interés.

4. Finalmente, se interpretan los resultados a la luz de la teoría

económica, contable y financiera.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se mencionó en la introducción, el principal objetivo de esta investigación consiste en caracterizar la relación, estática y dinámica, a corto y largo plazo, entre el precio Spot de la energía y el índice general de la bolsa de valores de Colombia(IGBC). Con relación estática, se hace referencia el efecto contemporáneo que tiene un choque en el precio Spot sobre IGBC. Es decir, el efecto instantáneo del precio Spot sobre el IGBC. De esto se deduce que, con relación dinámica se hace referencia al efecto rezagado. Con esto se reconoce que un choque sobre el precio de la energía puede afectar al índice bursátil de interés durante varios periodos después de dicho choque. Estos dos componentes conforman el análisis de la relación a corto plazo. En otra dirección, con el análisis de la posible relación a largo plazo se plantea la hipótesis de cointegración. Es decir, se contrasta la posibilidad de que las dos series de interés compartan una tendencia estocástica, lo cual asegura que la relación entre las dos variables en niveles no es espuria.

A partir de lo anterior se trazan las preguntas de esta investigación:

- ¿Existe una relación estadísticamente significativa entre las dos variables de interés: cotización de la energía y el comportamiento del IGBC?
- ¿El IGBC responde de manera contemporánea a un choque en el precio Spot de la energía? ¿de qué manera responde? ¿cuál es la magnitud del efecto?
- ¿Existen efectos rezagados de un cambio sobre el precio Spot sobre el IGBC?

¿Las dos variables de interés de esta investigación están cointegradas?

Cada una de estas preguntas de investigación tiene como contraparte un objetivo específico, los cuales son alcanzados al ajustar a los datos un modelo econométrico de vectores de corrección del error (VEC). Un modelo VEC corresponde a una forma especial del modelo VAR para el que las variables tienen raíces unitarias (son  $I(1)$ ) y además, están cointegradas. Este modelo econométrico es el más apropiado para esta investigación, pues permite contestar cada una de las preguntas planteadas.

Esta investigación se justifica por diversas razones. Primero, es importante entender la forma en la que funciona el sector energético colombiano y la forma en la que afecta a otros mercados. Segundo, como se mencionó, no existe otra investigación para el caso colombiano que responda cada una de las preguntas aquí planteadas, por lo que, es relevante llenar dicho vacío en la literatura. Tercero, en caso de que existe una relación significativa, una adecuada caracterización de la misma puede derivar en recomendaciones de política,

dirigidas a explotar la interacción entre dichas variables para mejorar el funcionamiento del mercado accionario colombiano.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo pretende identificar los fundamentales del mercado que afectan la formación de precios de energía en la bolsa y su impacto sobre otros mercados financieros. Esto permite, de un lado, identificar el proceso generador y, de otro, estimar el impacto en el corto plazo de algunas variables de mercado sobre el precio del kWh. Por consiguiente, la investigación es relevante dado que representa una herramienta importante para el ámbito de las finanzas y los negocios, puesto que partiendo de temáticas y herramientas propias del análisis económico y financiero pretende generar un mayor acervo informativo e interpretativo acerca del mercado energético colombiano y su evolución a través de los últimos años donde paralelamente se han presentado fenómenos económicos y sociales relevantes en el ámbito nacional como internacional.

Por otra parte, el trabajo es relevante dada la aplicación práctica de los conocimientos económicos, financieros y contables, conjugados en el análisis y caracterización financiera en términos del relacionamiento de los mercados y los productos energéticos que cotizan a través de la Bolsa de Valores de Colombia. Además, para este proyecto se aplicarán conocimientos y herramientas económico-financieras adquiridas en la Corporación Universitaria Autónoma del

Cauca durante el programa de pregrado de Contaduría Pública, así como información proveniente de Bloomberg y el Laboratorio Financiero institucional.

#### 4. OBJETIVOS

##### Objetivo General

Identificar las variables claves de la política de dividendos y su efecto en el valor de las acciones de cinco (5) empresas que cotizan en la bolsa de valores de Colombia durante el periodo 2012-2016.

##### Objetivos Específicos:

- Caracterizar el mercado energético colombiano durante el periodo 2015-2019.
- Modelar y establecer el efecto de la cotización de la energía sobre el desempeño financiero del mercado de valores colombiano durante el periodo 2015-2019 (precio spot energía vs IGBC).
- Identificar las variables financieras relevantes para el diseño de una política energética óptima en el contexto del mercado de valores colombiano.

## 5. MARCO TEÓRICO

El sector eléctrico en Colombia está claramente caracterizado por generación de energía hidráulica (66% de la producción total) y generación térmica (33% del total). No obstante, el país ha ido evolucionando el sector, proyectando avanzar en nuevas fuentes de energías renovables y a su vez, en la construcción de una línea de transmisión con Panamá, que enlazará a Colombia con Centroamérica, proyecto que ya está en marcha.

Una característica importante del sector eléctrico colombiano es la existencia de un sistema público de subsidios cruzados desde usuarios que viven en áreas consideradas como relativamente afluentes, y de usuarios que consumen cantidades de electricidad superiores, a aquellos que viven en áreas consideradas pobres y quienes usan menos electricidad. Por otra parte, el sector eléctrico nacional ha sido desagrupado en generación, transmisión, Red de distribución y comercialización a partir de sendas reformas del sector eléctrico en 1994. Actualmente, aproximadamente la mitad de la capacidad de generación es privada. No obstante, la participación privada en distribución eléctrica es mucho más baja.

El mercado de la energía en Colombia

La energía eléctrica es un servicio de primera necesidad para una sociedad, por tal razón los gobiernos han buscado herramientas y políticas que les permitan garantizar el acceso seguro a todos los miembros de una nación. A nivel histórico, Rojas (2016) identificó que la generación de energía en Colombia comenzó con la construcción de pequeñas plantas diésel e hidráulicas a principios del siglo XX, donde se atendían las demandas focalizadas en pequeños centros de consumo en los principales municipios del país; posteriormente, durante las décadas de los años 30 a los 60, varias misiones de gobiernos extranjeros donaron equipos para la construcción de pequeñas plantas hidroeléctricas que fueron supliendo muchas de las necesidades puntuales de los centros poblados y cuya capacidad buscaba resolver solamente estas necesidades de consumo ante la imposibilidad de transportar la energía desde estos centros de generación a otros centros de consumo más distantes. Sin embargo, los grandes cambios vendrían entre 1970 y 1990, cuando se interconectó el país y se construyeron los grandes proyectos de: San Carlos, Chivor, Betania, Guatapé, Guavio, etc.- que hoy abastecen la demanda nacional: 6.585 kilómetros de líneas y 7.715 MW de capacidad, que vale decir, representan el 47% del Sistema de Transmisión Nacional y el 57% de la capacidad instalada actual (López, 2016).

Según Sandoval (2017) en Colombia, el mercado de la energía opera a partir de una estructura de subsidios y contribuciones, tiene como eje central la redistribución parcial del ingreso, de tal manera que los estratos clasificados como aquellos de ingresos más altos, subsidian a aquellos estratos en los que

sus recursos económicos no son suficientes. En términos de Santa María, et al, (2009) el modelo está basado en el principio de que la inversión y la gestión de todos los negocios asociados a la prestación del servicio de energía eléctrica deben responder a criterios empresariales de eficiencia y remuneración que surgen de la competencia pero con restricciones de solidaridad.

En términos de funcionales, el mercado de energía eléctrica en Colombia es similar al de otros países latinoamericanos, opera con una entidad reguladora y un solo ente encargado de comercializar la energía eléctrica en cada área geográfica del país, esto permite determinar con mayor facilidad el comportamiento de la función de demanda energética. El ente regulador es la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), la cual se encarga de supervisar y atender todos los requerimientos que se presenten en el mercado. El mercado de energía eléctrica en Colombia es un mercado competitivo creado por la reforma eléctrica (leyes 142 y 143 de 1994), en el cual participan los generadores, transmisores, distribuidores, comercializadores y por último los usuarios regulados y no regulados.

De acuerdo con Arzuza & Roca (2006) el mercado energético colombiano opera basado en la Bolsa de energía, en la cual participan como compradores y vendedores las empresas comercializadoras y generadoras de electricidad las cuales son los agentes autorizados por la ley para desarrollar estas actividades económicas, propias de la industria eléctrica.

En términos de producción y capacidad, la principal forma de generación eléctrica en Colombia es la generación hidráulica, la cual representa según datos del 2015, el 70.41% de la energía total generada, es decir, 10.918,8 MW de capacidad instalada para todo el territorio nacional, el otro 29.59% de la generación corresponde a otras fuentes (UPME, 2015). Dado que Colombia cuenta con siete (7) meses de lluvias donde los niveles de los embalses se mantienen relativamente altos, y cinco (5) meses de verano que corresponden a la temporada seca del país donde sucede lo contrario, el precio de la energía aumenta y disminuye respectivamente. Esto hace que la generación eléctrica en el país dependa en gran medida de las condiciones climáticas que se presenten durante un año y por ende el precio en bolsa por Kwh varíe constantemente aumentando la volatilidad de los portafolios de los diferentes agentes económicos involucrados.

## 6. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Hoy en día, la energía es un insumo crítico en los sistemas económicos modernos y su cotización está determinada por la oferta y la demanda en los mercados internacionales (Zhang, 2018), los responsables de la política macroeconómica, analistas económicos e inversionistas han centrado su

atención en las correlaciones entre la cotización de la energía y el desempeño de los mercados de valores. Los primeros estudios en esta línea (Mork 1989; Hamilton 1996; Cunado & Pérez De Gracia, 2003) se enfocaron en explorar la relación entre el precio del petróleo y la macroeconomía; específicamente, estudiando el efecto de la cotización del crudo en variables como la inflación y los índices de producción industrial. Si bien los factores fundamentales fueron suficientes e importantes para comprender los cambios en los precios del petróleo antes de 2008, fracasaron en gran medida en explicar la dinámica de precios extremadamente volátil que sucedió años después. De ahí que nuevas investigaciones (Wen et al., 2012; Algieri & Leccadito (2017); Zhang & Liu, 2018; Fang & Egan, 2018; Mahadeo et al. 2019) ampliaron el espectro conceptual, vinculando la noción de las decisiones de financiación e inversión realizadas por las empresas de energía e inversionistas en el negocio del petróleo, y centraron su interés en establecer el vínculo entre los choques del precio de la energía y los mercados financieros globales, especialmente en los mercados de acciones y divisas.

Desde la intención de comentar los trabajos que, de alguna manera promovieron la realización del presente estudio, se exponen brevemente, a continuación.

En primer término, Mahadeo et al. (2019) cuantificaron el contagio financiero energético en la nación petrolera de Trinidad y Tobago, al considerarlo una variable esencial para el análisis de la estabilidad financiera, justamente, en economías donde la prosperidad está vinculada a la evolución de los precios de

los commodities. Al respecto, desarrollaron pruebas de contagio basados en el mercado energético a través de canales de correlación, distorsión y covolatilidad. Las muestras de las medidas de contagio se definieron para períodos de calma y crisis en el mercado internacional de petróleo crudo, desde enero de 1994 hasta agosto de 2017. En particular, compararon cómo cambian estos comomentos en el nexo de financiamiento de energía durante auges y bajas del precio del petróleo utilizando algoritmos basados en reglas semi-paramétricas. De manera complementaria, aplicaron un algoritmo de agrupamiento k-means no jerárquico para clasificar las medidas de volatilidad discretas en episodios de volatilidad tranquila y turbulenta. Los resultados revelaron una correlación inversa entre el precio internacional del petróleo y los retornos efectivos del tipo de cambio real. También encontraron una correlación débil entre la cotización del petróleo y los rendimientos de las acciones en el mercado de valores local. Finalmente, evidenciaron la existencia de varios canales de contagio energético, que denotan, una alta sensibilidad del desempeño de esa economía frente a los sucesos de inestabilidad financiera global.

Por su parte, Xu, Ma, Chen, & Zhang (2019) estudiaron los spillovers de volatilidad asimétrica entre el mercado internacional del petróleo y los mercados de valores de China y los Estados. Este estudio utilizó datos intradía de alta frecuencia de los precios futuros del WTI, el índice S&P 500 y el índice compuesto del mercado de valores de Shanghái durante el período de 2007 a 2016. Posteriormente, aplicaron una medida de spillover direccional y una medida de spillover asimétrica para investigar las dispersiones de volatilidad asimétrica dinámica entre el petróleo y los mercados de valores. Al respecto,

encontraron que los efectos colaterales de volatilidad entre el petróleo y los mercados bursátiles varían en el tiempo. Además, detectaron que durante la crisis financiera, los acontecimientos económicos y políticos tuvieron una fuerte influencia en el comportamiento de los mercados financieros mundiales. En definitiva, los resultados empíricos revelaron un efecto indirecto asimétrico entre el petróleo y los mercados de valores, en el que los efectos secundarios de mala volatilidad dominan la buena volatilidad de efectos indirectos durante la mayor parte del período de estudio.

De otro lado, Zhang & Liu (2018) investigaron el contagio financiero entre el mercado internacional del petróleo y los mercados bursátiles de siete países con distinto nivel de desarrollo económico: Estados Unidos, Francia, Alemania, Reino Unido, China, India y Brasil. El horizonte temporal abarcó desde enero de 2000 hasta septiembre de 2017. En primera instancia, emplearon tres modelos tipo GARCH para filtrar las series los retornos financieros y en segunda instancia, para establecer la propagación aplicaron los modelos de copula variable a través del tiempo (TVC) y el modelo de vector de auto-regresión (VAR) con gráficos acíclicos dirigidos (DAG). Al respecto, hallaron que los patrones de evolución del contagio financiero son similares entre países desarrollados pero diferentes en los países en vía de desarrollo. Además, identificaron que el fenómeno de contagio se vio significativamente afectado por la crisis financiera de 2008, no obstante, la magnitud del contagio en China e India fue considerablemente menor que en los otros cinco países, dado que, los efectos de los cambios en el precio del petróleo fueron absorbidos por el crecimiento económico de estas dos naciones. En último lugar, la evidencia empírica analizada sugiere que el

contagio en el mercado internacional de petróleo se propaga exclusivamente de forma unidireccional desde los países desarrollados a los países en desarrollo.

Para Dyner et al. (2006) los cambios en el sector eléctrico en América del Sur han sido promovidos activamente por organismos internacionales como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, a partir de la necesidad de vincular capital privado en la cadena de valor de la generación eléctrica, entre otros impulsores. En ese sentido, desarrollaron un análisis comparativo entre los mercados energéticos de Argentina y Colombia en aras de facilitar una mejor comprensión de la incidencia los diferentes modelos de desregulación sobre la evolución general de los sistemas eléctricos en economías emergentes, partiendo del hecho que, ambos países se liberalizaron hace más de 10 años y, como tal, brindan un panorama claro para validar las consecuencias de las decisiones iniciales y posteriores sobre la evolución del sistema eléctrico. Al respecto, encontraron que posterior a la transformación inicial, los dos países casi congelaron las reformas y no hicieron ajustes sustanciales para hacer frente a los desafíos que surgieron posteriormente. Empero, resaltan importantes resultados asociados a través de una gran cantidad de experiencias positivas que incluyen aumentos en las inversiones privadas, sistemas mejor administrados (menores pérdidas) y potenciales precios más bajos. También hay una serie de casos en los que los sistemas lograron proporcionar suficiente electricidad para cubrir la demanda del mercado, en escenarios donde buena parte de los especialistas, habían considerado que no era factible.

Desde una perspectiva continental, Díaz et al. (2017) documentaron las distintas estructuras de algunos sectores eléctricos, y del mercado mayorista de países de América Latina, a partir de un análisis comparativo y a su vez abordando aspectos fundamentales como: modelo de mercado, de costos y tarifas y marcos regulatorios; con el fin de establecer mejoras que identifiquen opciones más viables en aquellos mercados considerados pocos eficientes. A partir de la evidencia y el desarrollo de los mercados energéticos, determinaron que las interconexiones eléctricas entre países de América Latina son una fuente confiable y segura de suministro energético que han tenido una evaluación integral, apuntando a una nueva visión que considera tomar la mayor ventaja posible en los mercados en los cuales las transacciones pueden realizarse y mostrar un desarrollo conjunto y unificado. Esto ha dado lugar a una globalización capaz de establecer buenas relaciones entre gobiernos, teniendo en cuenta que el tema energético es un punto central para el desarrollo y calidad de vida de los países de Latinoamérica.

En el contexto local colombiano, Salazar & Pantoja (2011) estudiaron las transacciones a plazo sobre electricidad que los agentes del mercado eléctrico en Colombia, en sus diferentes segmentos, hacen por medio de contratos forward, con el fin de asegurar el precio de compra/venta. A partir de las características del mercado nacional, específicamente en los esquemas de cubrimiento de riesgos, corto y largo plazo. Encontraron que los agentes no pueden cambiar su posición de largo plazo en el corto plazo, además, hallaron que los procesos de contratación forward no son estandarizados ni líquidos, y,

por tanto, vuelven a los agentes del mercado mayorista de electricidad adversos al riesgo, ya que ese segmento puede tener espectro amplio, por los volúmenes de contratación y los plazos mismos, con lo cual, concluyeron que los precios forward sobre electricidad son determinados racionalmente por los agentes del mercado eléctrico colombiano, influenciados por las expectativas de los agentes y constituyen un reflejo de su grado de aversión al riesgo, lo que involucra racionalidad financiera en el establecimiento de la misma, con el propósito de asegurar un precio sobre una cantidad incierta de electricidad a futuro.

## 7. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación constituye un caso de aplicación de la teoría financiera corporativa sobre el comportamiento del mercado energético y su incidencia en el desempeño financiero del mercado de valores colombiano. Es en esencia un estudio de tipo cuantitativo, y tiene como finalidad, vincular temáticas contemporáneas como mercados financieros, desempeño bursátil, y la eficiencia energética en el periodo comprendido entre 2015 y 2019.

En ese sentido, para llevar a cabo la consecución de los objetivos establecidos se realizará previamente una investigación documental que “consiste en un análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio”. (Bernal,

2010), de la misma forma será necesario el desarrollo de la investigación bajo un enfoque descriptivo y correlacional, tal como lo afirma Salkind (1998), “se reseñan las características o rasgos de la situación o fenómeno objeto de estudio” (p. 11).

Para realizar el estado del arte se procedió a realizar una minuciosa recopilación bibliográfica en las principales bases de datos de literatura científica, en la búsqueda de estudios sobre el tema que sirvan de insumo para fortalecer la propuesta investigativa. Para ello se utilizarán términos de búsqueda en español y en inglés como finanzas corporativas, mercado energético, mercado bursátil, cotización de la energía, eficiencia energética y desempeño financiero, entre otros. Una vez se recopile la información se procederá a clasificarla y organizar aquella que sea útil para el proyecto en términos de aporte o conveniencia teórico práctica.

La información financiera se obtuvo de la base de datos publicada por la Superintendencia Financiera de Colombia quien es el ente regulador del sistema financiero; igualmente otras variables financieras más específicas se vincularán a través de la plataforma financiera Bloomberg professional service, la cual es una fuente que contiene información global y relevante para casi todos los mercados, índices y las empresas que cotizan en bolsa de valores. De esta plataforma se obtendrán las cotizaciones de las variables objeto de estudio, datos de carácter técnico y fundamental sobre los mercados y otra

información importante que nos permita caracterizar y determinar la relación entre el mercado energético y el bursátil.

Finalmente, se efectuará la discusión de los resultados. El análisis de resultados es la parte del informe en la que establece las conclusiones del mismo. Este análisis debe comprobar las hipótesis de investigación propuestas, realizar comparaciones frente a investigaciones similares recientes, proponer cuestiones sobre el tema estudiado y plantear nuevas corrientes y perspectivas para futuras investigaciones.

### Estrategia Econométrica

En este apartado se explican todas las herramientas utilizadas para alcanzar el objetivo planteado a lo largo de este documento. Como se muestra en breve, la metodología esencialmente se basa en los modelos de vectores autorregresivos (VAR) de la teoría econométrica de las series de tiempo.

Para estudiar la interacción dinámica entre estos mercados, se escoge una variable representativa de cada uno<sup>1</sup>:

COLCAP: es el Índice Accionario de Capitalización publicado por la Bolsa de

---

<sup>1</sup> Tanto el COLCAP como el precio Spot están en término nominales, no obstante, muchos de los resultados son robustos a la deflatación de las variables. En la versión final, este conjunto de resultados se va a disponer en un apéndice.

Valores de Colombia – BVC -, el cual refleja el comportamiento de las

---

acciones más líquidas de la bolsa colombiana ponderadas por su capitalización bursátil ajustada. Este índice se obtiene por medio de Bloomberg.

Precio Spot de la energía: Precio al por mayor de la energía en Colombia.

Este precio se extrae de la página oficial de XM Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P., la empresa que gestiona en tiempo real el mercado de la energía en Colombia.

Cada una de estas variables tiene una frecuencia mensual, se observa desde enero del 2005 a diciembre del 2019 y se transforma por medio de logaritmos, una práctica frecuentemente utilizada en la literatura. Además de que el logaritmo atenúa posibles problemas de heterocedasticidad, es una regularidad empírica que la distribución del logaritmo de una variable económica tiene una mayor probabilidad de distribuirse como una normal, comparada con la distribución de la variable original.

En la ilustración 1 se presenta la evolución temporal del índice de precios COLCAP (a escala logarítmica), junto con sus valores de largo plazo, esto es, la tendencia, estimada a través de regresiones locales. La zona sombreada representa los intervalos de confianza de esta última. Se puede observar que, desde el inicio al fin de la ventana de tiempo analiza, el índice creció de manera notable. Sin embargo, dicho crecimiento no se dio sin

interrupciones. Por ejemplo, se pueden observar importantes caídas entre el año 2007 y 2009, probablemente, debido a la gran crisis financiera. Después de la crisis (2009 en adelante), el índice muestra una fuerte tendencia al alza, hasta mediados del año 2010, donde alcanza el máximo absoluto en el periodo de análisis. Después de dicho momento, se observa una leve tendencia a la baja, hasta finales de año 2015. Posterior a esto, la tendencia recuperó su pendiente positiva, la cual se mantiene hasta el final del periodo de análisis (aunque a finales del año 2018 se dio una caída importante).

**Ilustración 1 Evolución temporal del índice COLCAP**



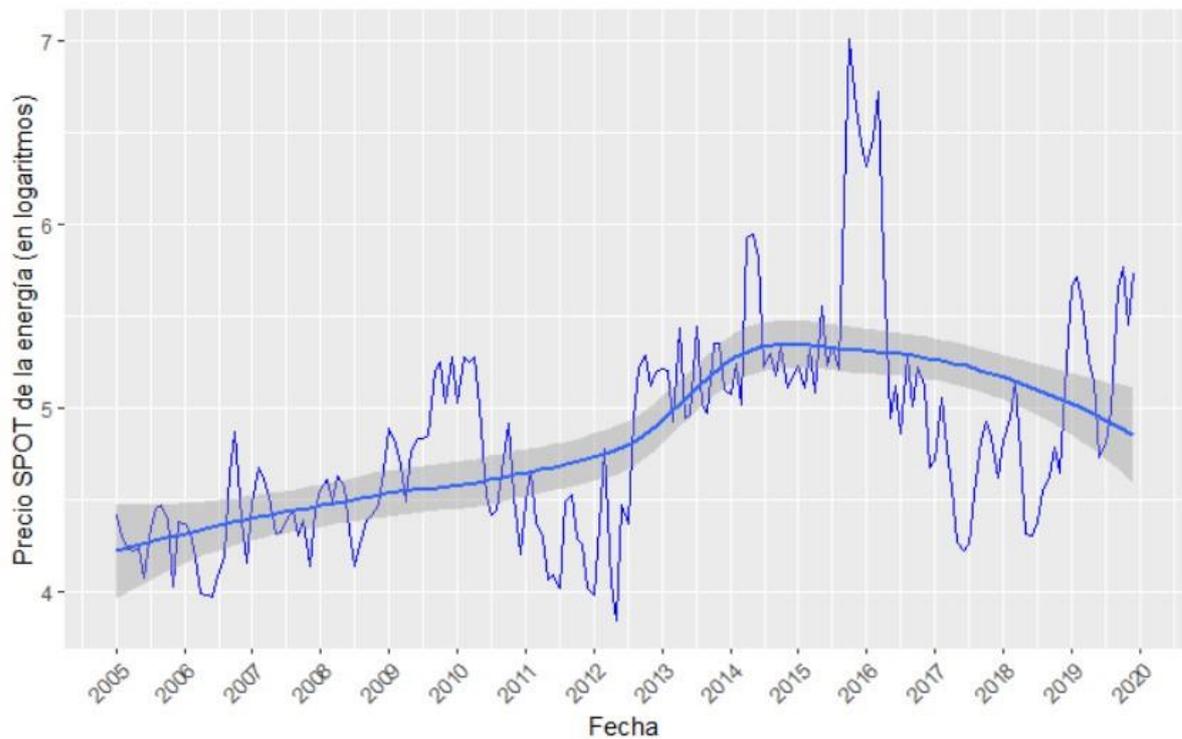
Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg

En la ilustración 2 se presenta la evolución temporal del precio SPOT de la energía. A simple vista se pueden apreciar dos regímenes de la serie, uno en el cual los precios tienen una tendencia con pendiente positiva (desde 2005 a mediados de 2014) y otro en el que tienen una tendencia

con pendiente negativa (desde mediados de 2014 hasta finales 2015). En ambos regímenes se pueden observar tanto caídas como aumentos, sin embargo, en promedio prima el comportamiento antes mencionado (tendencia con pendiente positiva y negativa).

De esta ilustración resalta el pico alcanzado entre el 2015 y el 2016. Este valor sobrepasa por mucho el valor promedio de la serie en la ventana de análisis, hecho que lo configura como un valor atípico. Este precio excesivamente alto se dio esencialmente por el fenómeno del Niño. Como es bien conocido, en Colombia más del 90% de la energía se produce con agua, gas y carbón. Entre estas tres, las firmas que utilizan el agua como combustible, esto es, la hidroeléctricas, tiene la mayor participación del mercado. Por otro lado, el fenómeno del Niño es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical, lo cual provoca escases de la misma. Esta escasez llevo a que los costos de producción de las hidroeléctricas aumentaran significativamente, lo que a su vez provocó que el precio de la energía alcanzara un máximo histórico.

**Ilustración 2 Evolución temporal del precio SPOT de la energía**



Fuente: Elaboración propia con datos de XM

Todo el análisis econométrico consiste en estudiar la interacción dinámica entre estas series. Como se mencionó, esto se realiza con base en los modelos VAR, lo cuales, según muchos autores de la literatura, son una buena herramienta para estimar las relaciones empíricas de los datos. A continuación, se describe detalladamente el proceso que se sigue con estos modelos.

#### **Estrategia empírica: modelo VAR**

En este documento se utiliza un modelo de vectores autorregresivos para caracterizar la relación entre las variables de interés. Tal como se evidenció en la introducción y revisión de la literatura, este tipo de modelos son los más utilizados para abordar el objeto de estudio de esta investigación. De hecho, muchos autores arguyen que esta herramienta

es capaz de resumir satisfactoriamente las relaciones empíricas en los datos. De modo que, se espera que el modelo VAR estimado aproxime lo suficientemente bien el proceso generador de datos del cual se depende la interacción dinámica entre el precio Spot y índice bursátil de la economía colombiana. El sistema en su forma estructural toma la siguiente forma:

$$\Gamma y_t = c + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \epsilon_t$$

$$y_t = \begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix}$$

$$\epsilon_t = \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 1 & \gamma_1 \\ \gamma_2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} c^1 \\ c^2 \end{bmatrix}$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} \beta_{11i} & \beta_{12i} \\ \beta_{21i} & \beta_{22i} \end{bmatrix}$$

Donde  $y_t$  representa el COLCAP y  $x_t$  el precio Spot; de manera conjunta, las pruebas de raíces unitarias y de cointegración nos dirán si estas variables entran en el sistema en niveles o diferenciadas, esto se explicará más adelante. Adicionalmente,  $\Gamma$ ,  $c$  y  $\beta_i$  son parámetros a estimar y  $\epsilon_t$  corresponde al vector de perturbaciones estructurales del sistema. Se supone que este último cumple con ciertas condiciones:

$$E_t(\epsilon_t) = \mathbf{0}$$

$$E_t(\epsilon_t \epsilon_t') = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} \end{bmatrix}$$

$$E_t(\epsilon_t \epsilon_{t-1}') = \mathbf{0}_{2 \times 2}$$

Esto es, las perturbaciones tienen media cero, son ortogonales entre ecuaciones, tienen una matriz de varianzas y covarianzas que no depende del tiempo y no están autocorrelacionadas. La veracidad de cada uno de estos supuestos se evalúa en la sección de resultados. Como es usual, este sistema no se estima directamente. Primero se estima el sistema en forma reducida, el cual toma la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 y_t &= \mu + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \omega_t \\
 \mu &= \Gamma^{-1}c \\
 \alpha_1 &= \Gamma^{-1}\beta_1 \\
 \omega_t &= \Gamma^{-1}\epsilon_t
 \end{aligned}$$

Para la estimación de este sistema, se aplica MCO a cada ecuación. Una vez estimados los parámetros de la forma reducida, se recuperan los parámetros de la forma estructural. Para esto último, se identifica el sistema a la Cholesky, suponiendo que una de las variables es más exógena que la otra. Una vez estimado el modelo, se llevan a cabo la prueba de cointegración de Johansen, la prueba de causalidad a lo Granger y se construyen las impulso-respuesta. Esto, con el fin de responder las preguntas planteadas en la introducción.

### **Causalidad en el sentido de GRANGER**

De aquí en adelante, para facilitar la explicación de las pruebas, se supone que un modelo VAR(1):

$$y_t = \beta_{10} + \beta_{11}x_t + \beta_{12}y_{t-1} + \beta_{13}x_{t-1} + \epsilon_{1t}$$

$$x_t = \beta_{20} + \beta_{21}x_t + \beta_{22}y_{t-1} + \beta_{23}x_{t-1} + \epsilon_{2t}$$

el modelo es VAR(1) porque cada ecuación tiene un rezago de cada variable. En este sistema, la variable  $y_t$  depende del valor contemporáneo de  $x_t$ , del rezago de esta y de su propio rezago ( $y_{t-1}$ ). La ecuación de  $x_t$  tiene una estructura idéntica. Por supuesto, la cantidad de rezagos o orden del VAR no es una magnitud pre-establecida. Son los datos que nos deben decir el número óptimo de rezagos; usualmente, se escoge una cantidad de rezagos lo suficientemente grande como para que los términos de error no estén autocorrelacionados.

Precisamente este es el procedimiento que se sigue en la sección de resultados.

Pero, en esta sección la cantidad de rezagos se fija en 1 para facilitar la exposición. El sistema se puede re-expresar de forma matricial:

$$\begin{aligned} y_t - \beta_{11}x_t &= \beta_{10} + \beta_{12}y_{t-1} + \beta_{13}x_{t-1} + \epsilon_{1t} \\ -\beta_{21}y_t + x_t &= \beta_{20} + \beta_{22}y_{t-1} + \beta_{23}x_{t-1} + \epsilon_{2t} \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -\beta_{11} & y_t & \beta_{10} & \beta_{12} & \beta_{13} & y_{t-1} & \epsilon_{1t} \\ -\beta_{21} & 1 & x_t & \beta_{20} & \beta_{22} & \beta_{23} & x_{t-1} & \epsilon_{2t} \end{bmatrix} [x_t] = [\beta_{20}] + [\beta_{22} \quad \beta_{23}][x_{t-1}] + [\epsilon_{2t}] \quad 21$$

Esta expresión se conoce como la forma estructural del sistema. En pocas palabras, el sistema es estructural porque contiene los efectos contemporáneos  $\beta_{11}$  y  $\beta_{21}$ . El sistema en forma reducida se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
y_t &= 1 - \beta_{11} - 1 \beta_{10} + 1 - \beta_{11} - 1 \beta_{12} + \beta_{13} y_{t-1} \\
[x_t] &= [-\beta_{21} \quad 1] [\beta_{20}] + [-\beta_{21} \quad 1] \left[ \begin{array}{c} \beta_{23} \\ \beta_{22} \end{array} \right] x_{t-1} \\
&\quad + \left[ \begin{array}{c} 1 \\ -\beta_{11} - 1 \end{array} \right] \epsilon_{1t} \\
&\quad + \left[ \begin{array}{c} \beta_{21} \\ -\beta_{21} \end{array} \right] [\epsilon_{2t}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\left[ \begin{array}{c} t \\ x_t \end{array} \right] &= \left[ \begin{array}{c} 10 \\ * \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{cccccc} *y & \beta & \beta_{12} & \beta_{13} & y_{t-1} & \epsilon_{1t} \\ \beta_{20} & \beta_{22} & \beta_{23} & * & [x_{t-1}] & + [\epsilon_{2t}] \end{array} \right]
\end{aligned}$$

Donde:

$$\left[ \begin{array}{c} 10 \\ * \end{array} \right] = \begin{array}{ccc} \beta^* & 1 & -\beta_{11} - 1 \beta_{10} \\ \beta_{20} & -\beta_{21} & 1 \end{array} \left[ \begin{array}{c} \beta_{20} \\ \beta_{22} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \beta_{23} \\ \beta_{12} \end{array} \right]$$

$$\left[ \begin{array}{c} \epsilon_{1t} \\ * \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{cccccc} \beta_{22} & \beta_{23} & -\beta_{21} & 1 & \beta_{22} & \beta_{23}^* \\ 1 & -\beta_{11} - 1 \epsilon_{1t} & -\beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} & 1 \\ \epsilon_{2t} & -\beta_{21} & 1 & [\epsilon_{2t}] & & \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \beta_{12}^* \\ \beta_{13}^* \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \beta_{13} \\ \beta_{12} \end{array} \right]$$

El sistema está en su forma reducida porque no muestra de manera explícita los efectos contemporáneos  $\beta_{11}$  y  $\beta_{21}$ . Con el sistema en esta forma se lleva a cabo el contraste de Granger. Una variable causa en el sentido de Granger a otra cuando tiene poder predictivo sobre la misma. Entre otras cosas, esto implica que, si  $x_t$  causa en el sentido de Granger a  $y_t$ , entonces, cuando  $x_t$  aumenta, se espera que  $y_t$  también varíe (aumente o disminuya según el sentido de la relación) en un futuro cercano. Tomando como ejemplo la primera ecuación del sistema en forma reducida

$$y_t = \beta_{10}^* + \beta_{12}^* y_{t-1} + \beta_{13}^* x_{t-1} + \epsilon_{1t}^*$$

$x$  causa en el sentido de Granger a  $y$ , si el coeficiente  $\beta_{13}^*$  es estadísticamente diferente de 0. Esto quiere decir que, después de controlar por la propia historia de  $y_t$  ( $y_{t-1}$ ), la historia de  $x_t$  ( $x_{t-1}$ ) influye (o al menos sirve para predecir) los

valores futuros de  $y$ . La explicación es idéntica en el caso de que  $y$  cause en el sentido de Granger a  $x$ , es decir, la causalidad en el sentido contrario. Todo esto implica que, para contrastar si  $x$  causa a  $y$  o viceversa, se debe verificar la significancia estadística de los coeficientes  $\beta_{13}^*$  y  $\beta_{22}^*$ . Esto se hace con base en el estadístico de Wald o una prueba de log-verosimilitudes. En este caso en particular, la prueba se realiza con el software R y el Interfax Rstudio. Este programa estadístico, por default, utiliza la prueba de logverosimilitudes. Sin embargo, esta escogencia en particular no representa ningún problema, pues, como es bien conocido, las pruebas de Wald y la logverosimilitud son asintóticamente equivalente. De modo que, se espera que las dos reporten resultados similares.

• **Análisis de impulso respuesta**

El análisis de impulso respuesta describe la forma en que reacciona una variable, a través del tiempo, ante un choque inesperado en otra o ella misma. La impulso-respuesta se obtiene al expresar el sistema en forma de media móvil

$$y_t = \beta_{10}^* + \beta_{12}^* y_{t-1} + \beta_{13}^* y_{t-2} + \epsilon_{1t}^* + \beta_{20}^* x_{t-1} + \beta_{22}^* x_{t-2} + \beta_{23}^* x_{t-3} + \epsilon_{2t}^* + \dots$$

rezagando el modelo un periodo

$$\begin{bmatrix} y_{t-1} \\ x_{t-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{13}^* \\ \beta_{22}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-2} \\ x_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t-1}^* \\ \epsilon_{2t-1}^* \end{bmatrix}$$

incluyendo eso en el sistema original





$$\lim_{i \rightarrow \infty} \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{13}^* & \beta_{23}^* \\ \beta_{22}^* & \beta_{23}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-i} \\ x_{t-i} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Por otro lado, se puede mostrar que

$$\sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{13}^* & \beta_{23}^* \\ \beta_{22}^* & \beta_{23}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} y_{t-i} \\ x_{t-i} \\ 0 \end{bmatrix} = \left( \mathbf{I}_2 - \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{13}^* & \beta_{23}^* \\ \beta_{22}^* & \beta_{23}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} y_t \\ x_t \\ 0 \end{bmatrix}$$

Donde  $\mathbf{I}_2$  es la matriz identidad 2x2. Por tanto, la forma del sistema en media móvil es la siguiente:

$$[y_{xtt}] = \left( \mathbf{I}_2 - \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{13}^* & \beta_{23}^* \\ \beta_{22}^* & \beta_{23}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} y_t \\ x_t \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{13}^* & \beta_{23}^* \\ \beta_{22}^* & \beta_{23}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} y_{t-i} \\ x_{t-i} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Las impulso-respuesta a través del tiempo estarán dadas por los componentes de la matriz

$$\begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{13}^* & \beta_{23}^* \\ \beta_{22}^* & \beta_{23}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i$$

22

El contador  $i$  representa el número de momentos después del choque inesperado en alguna de las variables. El adjetivo inesperado proviene de que el choque se da sobre uno de los componentes del vector de residuales

$$\begin{matrix} \epsilon_{1t}^* & \epsilon_{1t} \\ [\epsilon^*] & o [\epsilon_{2t}] \\ 2t & \end{matrix}$$

Si el choque ocurre sobre los residuales de la forma reducida, entonces la impulso respuesta será no ortogonalizada. Mientras que, cuando el choque se da sobre los residuales del sistema en forma estructural, la impulso respuesta será ortogonalizada. En esta investigación se utiliza la impulso respuesta ortogonalizada, pues desde el punto de vista económica es más fácil de interpretar.

- **Pruebas de co-integración y elasticidad de largo plazo**

Las pruebas de co-integración se deben realizar cuando las variables son no estacionarias. Esto, para descartar el problema de correlaciones espurias. En este caso, por medio del software R se realizarán dos pruebas:

- i. Prueba de co-integración de Johansen
- ii. Prueba de co-integración de Phillips y Ouliaris

En caso de que las pruebas rechacen la hipótesis nula de no co-integración, entonces se procede a estimar la elasticidad del índice de precio COLCAP al precio Spot corriendo la siguiente regresión:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 x_t + \zeta_t$$

Dado que las variables están en logaritmos,  $\alpha_1$  representa el aumento porcentual que sufre  $y_t$  en el largo plazo ante un aumento de 1% en  $x_t$ .

## 8. RESULTADOS

En este apartado se describen los resultados. En la sección de precontrastos se exponen brevemente los resultados arrojados por las diferentes pruebas, y posteriormente, se explican los resultados obtenidos mediante el modelo VAR.

### **Pre-contrastos**

- **Prueba de volatilidad condicional**

A partir del test de multiplicadores de Lagrange (LM) para contrastar la existencia de heterocedasticidad condicional autorregresiva, se encontró que ninguna de las series analizadas exhibe heterocedasticidad.

- **Prueba de raíces unitarias**

Dado que ninguna de las series es heteroscedasticidad, la prueba más potente para contrastar la existencia de raíces unitarias es la de Dickey-Fuller. Mediante esta se concluye que las dos series tienen una raíz unitaria. Es decir, las primeras diferencias de estas son estacionarias.

- **Pruebas de co-integración**

La co-integración hace referencia a la existencia de una relación de largo plazo entre las variables bajo análisis. Contrastar la existencia de esta es importante, debido a que, descarta que la relación estimada sea espuria. Para realizar este contraste, se utilizaron los test de Phillips-Ouliaris y Johansen. Mediante ambos contrastes se rechaza la hipótesis nula de no-cointegración. Esto permite estimar el modelo VAR con las variables en niveles (en logaritmos) y descomponer la relación en la de corto y largo plazo.

### **Modelo VAR estimado**

El modelo VAR se interpreta mediante la causalidad en el sentido de Granger y el análisis de impulso-respuesta.

- **Causalidad a lo Granger**

A través del contraste de causalidad en el sentido de Granger se concluye que:

- No se rechaza la hipótesis nula de que el precio Spot no causa a lo granger al índice COLCAP.
- No se rechaza la hipótesis nula de que el índice COLCAP no causa a lo granger al precio Spot.

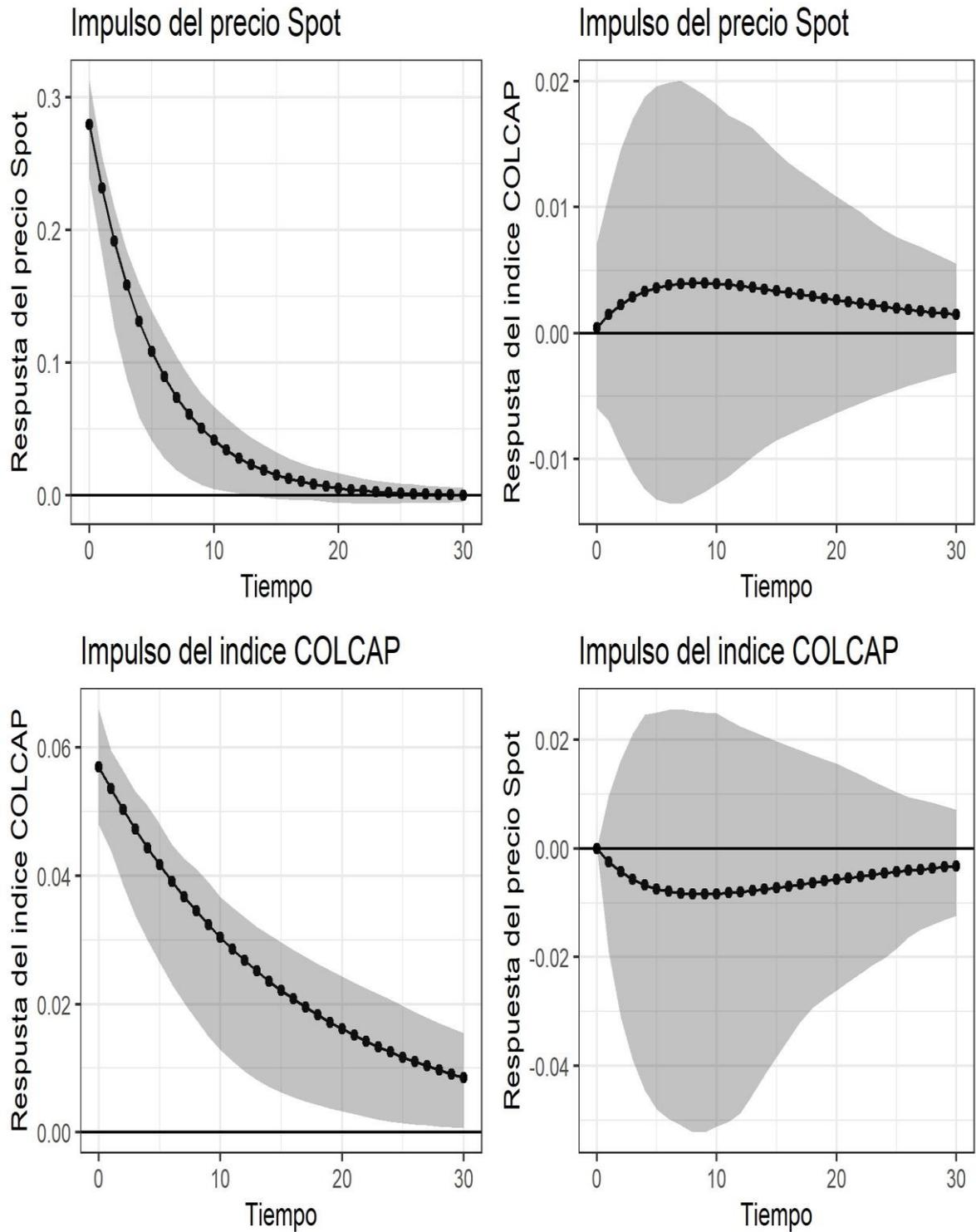
Es decir, choques en el mercado accionario no tienden a preceder o anticipar cambios significativos en el precio Spot, y viceversa.

- **Análisis de impulso respuesta**

Mediante el análisis de impulso respuesta se observa cómo se ajusta una variable después de un choque en otra (la cual puede ser ella misma). En este caso, se utiliza la impulso-respuesta ortogonalizada. Es decir, se observa la dinámica de transición de una variable, ante un choque inesperado en otra, manteniendo constantes las demás en el primer periodo. La identificación de esta impulso-respuesta se basa en la descomposición de Cholesky, la cual parte de que la variable más exógena es el precio Spot, seguido por el COLCAP. Los resultados obtenidos, los cuales se pueden observar en la ilustración 3, se resumen como sigue:

- i. Después de un choque sobre sí mismas, cada una de las variables tiende a reaccionar positivamente, durante un periodo de 12 meses para el precio spot, y 30 meses para el el COLCAP.
- ii. Pareciera que el COLCAP no reacciona después de un choque en el precio Spot.
- iii. El precio Spot tampoco reacciona después de un choque en el COLCAP.

**Ilustración 3** *Análisis de impulso respuesta*



Fuente: elaboración propia

## Resultados del modelo VAR: largo plazo

En la tabla 1 se presentan la elasticidad de largo plazo del índice bursátil frente al precio Spot; esta se estimó al correr una regresión lineal. Como lo demuestra la teoría de series de tiempo, esta forma de estimar dicho parámetro es válida gracias a que las variables están cointegradas. En esta tabla se puede observar que, ante un aumento del precio Spot en 1%, el COLCAP aumenta en 0.15% aproximadamente, en el largo plazo.

### *Ilustración 4 Elasticidad de largo plazo*

|          | (1)                 |
|----------|---------------------|
|          | COLCAP              |
| PBOL     | 0.149***<br>(0.036) |
| Constant | 6.449***<br>(0.177) |
| N        | 180                 |
| r2       | 0.086               |
| r2 a     | 0.081               |

*Fuente: Elaboración propia*

## 9. CONCLUSIONES

Colombia es un país que cuenta con un sector eléctrico de alto potencial y proyección nacional y regional. Su principal fuente de generación de energía es la hidráulica y la térmica. Durante los últimos treinta años (30) el sector eléctrico nacional se ha ido adecuando a las necesidades empresariales y sociales del país, en materia de infraestructura, regulación y capital privado, entre otras. Gracias a ello, se logró: primero, modificar el papel del estado, dándole cualidades de director, regulador y control. Segundo, mejorar la eficiencia a través de precios económicos, calidad y cobertura del sistema. Tercero, vincular la competencia dentro del mercado y cuarto, vincular capital privado nacional y extranjero, para la puesta en marcha de nuevos proyectos de inversión energéticos.

En la investigación se logró constatar que el sistema energético nacional presenta una alta dependencia del componente hídrico, ahora, dadas las características climáticas de Colombia en ciertas épocas al año, se afecta notoriamente la generación eléctrica y se genera una alta volatilidad en los mercados financieros. De ahí que, las cotizaciones del mercado de energía en la Bolsa se encuentran altamente correlacionadas con el riesgo climático. Esto ha propiciado, por un lado, el desarrollo del análisis de riesgo sectorial energético; y por otro lado, el surgimiento de nuevos productos financieros, especialmente, en el campo de los derivados energéticos.

En este documento se analizó la relación entre el precio Spot de la energía y el índice bursátil COLCAP, mediante un modelo VAR. Las pruebas de causalidad a lo Granger y el análisis de impulso respuesta sugieren que no existe una relación de corto plazo entre las dos variables de interés. No obstante, si existe una relación en el largo plazo, tal y como lo sugieren las pruebas de cointegración mencionadas. De hecho, se estima que, ante un aumento del precio Spot en 1%, el COLCAP aumenta en 0.15% aproximadamente, en el largo plazo, lo cual evidencia la existencia de una relación positiva de largo plazo entre el índice bursátil de la economía y el precio spot de la energía.

Finalmente, ha quedado en evidencia la estrecha relación que presentan los mercados de acciones y de energía en Colombia frente a distintas variables endógenas y exógenas, lo cual completa la investigación incipiente sobre este tema en ese país, constituyendo un apoyo al sector real de la economía, permitiendo la formulación de políticas de financiación y de inversión, no solo en el sector energético del país sino en los mercados de capitales, de derivados y de gestión empresarial. De hecho, nuevas investigaciones en esta temática deberían realizarse en Latinoamérica, fundamentalmente en economías que estén preminentemente relacionadas con algún mercado de commodities.

## 10. REFERENCIAS

- Algieri, B., & Leccadito, A. (2017). Assessing contagion risk from energy and non-energy commodity markets. *Energy Economics*, 62, 312-322. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.01.006>
- Arzuza, D., & Roca, Y. (2006). *Estudio y análisis de la evolución del mercado eléctrico mayorista en Colombia*. <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/3016>
- Cunado, J., & Perez De Gracia, F. (2003). Do Oil Price Shocks Matter? Evidence for Some European Countries. *Energy Economics*, 25, 137-154. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(02\)00099-3](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(02)00099-3)
- Díaz, S., Gómez, Y., Silva, J., & Noriega, E. (2017). Estudio comparativo de modelos de mercados eléctricos en países de America Latina. *Revista Espacios*, 38(58), 1-11.
- Dyner, I., Arango, S., & Larsen, E. R. (2006). Chapter 17—Understanding the Argentinean and Colombian Electricity Markets. En F. P. Sioshansi & W. Pfaffenberger (Eds.), *Electricity Market Reform* (pp. 595-616). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008045030-8/50019-9>
- Fang, S., & Egan, P. (2018). Measuring contagion effects between crude oil and Chinese stock market sectors. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 68, 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2017.11.010>
- Hamilton, J. D. (1996). This is what happened to the oil price-macroeconomy relationship. *Journal of Monetary Economics*, 38(2), 215-220. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(96\)01282-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(96)01282-2)

- López, L. M. B. (2016). *Análisis Sobre El Poder De Mercado Del Sector Eléctrico Colombiano* [Universidad Icesi].  
[https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/80984/1/bermeo\\_analisis\\_mercado\\_2016.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/80984/1/bermeo_analisis_mercado_2016.pdf)
- Mahadeo, S. M. R., Heinlein, R., & Legrenzi, G. D. (2019). Energy contagion analysis: A new perspective with application to a small petroleum economy. *Energy Economics*, 80, 890-903.  
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.02.007>
- Mork, K. A. (1989). Oil and the Macroeconomy When Prices Go Up and Down: An Extension of Hamilton's Results. *Journal of Political Economy*, 97(3), 740-744. JSTOR.
- Rojas, F. (2016). *Imperfecciones en el mercado eléctrico colombiano y comportamientos estratégicos de los agentes Un análisis desde la teoría de juegos para el mercado spot*. 38.
- Salazar, G. S., & Pantoja, J. (2011). Los precios forward sobre electricidad. ¿Determinados racionalmente por los agentes del mercado colombiano? *AD-minister*, 18, 77-99.
- Xu, W., Ma, F., Chen, W., & Zhang, B. (2019). Asymmetric volatility spillovers between oil and stock markets: Evidence from China and the United States. *Energy Economics*, 80, 310-320.  
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.01.014>

Zhang, D. (2018). Energy Finance: Background, Concept, and Recent Developments. *Emerging Markets Finance and Trade*, 54(8), 1687-1692.  
<https://doi.org/10.1080/1540496X.2018.1466524>

Zhang, G., & Liu, W. (2018). Analysis of the international propagation of contagion between oil and stock markets. *Energy*, 165, 469-486.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.024>