

**Análisis de la Capacidad estatal de Colombia a Nivel Regional y su Impacto
en el Desempeño Económico**

Laura Juliana Beltrán Reyes

Jorge Humberto Moreno Manrique

Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Estadística

Director:

Henry Sebastián Rangel Quiñonez

Magister en Ciencias Estadísticas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Matemáticas

Especialización en Estadística

Bucaramanga

2023

Resumen

Título: Análisis de la Capacidad estatal de Colombia a Nivel Regional y su Impacto en el desempeño económico¹.

Autores: Laura Juliana Beltrán; Jorge Humberto Moreno Manrique.²

Palabras clave: ACP, Modelo de Regresión Lineal (GLM), Luces Nocturnas (NTL), Capacidades del Estado.

Descripción:

El tema de la capacidad estatal es un área de estudio importante en las ciencias sociales y ha ganado más atención recientemente en la investigación social y económica. Dado que la capacidad estatal está estrechamente relacionada con el desarrollo, este trabajo se ha enfocado en las regiones de Colombia, utilizando los departamentos y municipios como unidades de análisis. Se han creado cuatro índices de capacidad estatal (Fiscal, Violencia, Burocracia y Operativo) utilizando datos de municipios colombianos del CEDE. Para construir estos índices, se aplicaron técnicas estadísticas como el Análisis de Componentes Principales.

Debido a la falta de datos del PIB a nivel municipal, se utilizan datos de Luces Nocturnas (NTL) como un indicador de desarrollo económico. Mediante un modelo de regresión y pruebas de robustez, se concluye que un mayor nivel de capacidad estatal se asocia con un mayor desarrollo económico medido por las NTL. Este enfoque de análisis estadístico proporciona valiosa información sobre la relación entre la capacidad estatal y el desarrollo regional en Colombia.

¹ Trabajo de grado

² Facultad de Ciencias. Escuela de Matemáticas. Especialización en Estadística. Director: Henry Sebastián Rangel Quiñonez

Abstract

Title: Analysis of Colombia's State Capacity at the Regional Level and Its Impact³.

Author: Laura Juliana Beltrán; Jorge Humberto Moreno Manrique.⁴

Keywords: Principal Component Analysis (PCA), Generalized Linear Model (GLM), Nighttime Lights (NTL), State Capacities.

Description:

The topic of state capacity is an important area of study in the social sciences and has garnered more attention recently in social and economic research. Given that state capacity is closely related to development, this work has focused on the regions of Colombia, using departments and municipalities as units of analysis. Four indices of state capacity (Fiscal, Violence, Bureaucracy, and Operational) have been created using data from Colombian municipalities obtained from CEDE. To construct these indices, statistical techniques such as Principal Component Analysis were applied.

Due to the lack of GDP data at the municipal level, Nighttime Lights (NTL) data is used as an indicator of economic development. Through regression modeling and robustness tests, it is concluded that a higher level of state capacity is associated with greater economic development as measured by NTL. This statistical analysis approach provides valuable insights into the relationship between state capacity and regional development in Colombia.

³ Degree work.

⁴ Science Faculty. School of Mathematics. Specialization in Statistics. Director: Henry Sebastián Rangel Quiñonez.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	8
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	10
2. ANTECEDENTES	11
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. OBJETIVOS	15
5. MARCO TEÓRICO	16
6. METODOLOGÍA.....	23
7. RESULTADOS	35
CONCLUSIONES.....	77

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Selección del número de Componentes especiales.....	18
<i>Figura 2.</i> Mapa de luces nocturnas por departamentos de Colombia. 2021.....	24
<i>Figura 3.</i> Luces nocturnas de Bogotá. 2021.....	25
<i>Figura 4.</i> Luces nocturnas de Santander. 2021.....	25
<i>Figura 5.</i> Pixeles del mapa de luces nocturnas.....	26
<i>Figura 6.</i> Luces nocturnas de Colombia, por municipio, y luces de gas.....	27
<i>Figura 7.</i> Gráfica codo índice Fiscal 2011.....	55
<i>Figura 8.</i> Gráfica codo índice Fiscal 2019.....	56
<i>Figura 9.</i> Círculo de Correlaciones 2011.....	57
<i>Figura 10.</i> Círculo de Correlaciones 2019.....	57
<i>Figura 11.</i> Gráfica codo índice Operacional 2011.....	60
<i>Figura 12.</i> Gráfica codo índice Operacional 2019.....	61
<i>Figura 13.</i> Círculo de Correlaciones 2011.....	62
<i>Figura 14.</i> Círculo de Correlaciones 2019.....	62
<i>Figura 15.</i> Gráfica codo índice Violencia 2011.....	65
<i>Figura 16.</i> Gráfica codo índice Violencia 2019.....	67
<i>Figura 17.</i> Círculo de Correlaciones 2011.....	68
<i>Figura 18.</i> Círculo de Correlaciones 2019.....	68
<i>Figura 19.</i> Gráfica codo índice Violencia 2011.....	70
<i>Figura 20.</i> Gráfica codo índice Violencia 2011.....	72
<i>Figura 21.</i> Círculo de Correlaciones 2011.....	72
<i>Figura 22.</i> Círculo de Correlaciones 2019.....	73

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Descripción de las variables.....	30
<i>Tabla 2.</i> Descripción NTL 2011.....	36
<i>Tabla 3.</i> Descripción NTL 2019.....	37
<i>Tabla 4.</i> Índice fiscal para los municipios de Colombia 2011.....	39
<i>Tabla 5.</i> Índice fiscal para los municipios de Colombia 2019.....	39
<i>Tabla 6.</i> Índice operacional para los municipios de Colombia 2011.....	40
<i>Tabla 7.</i> Índice operacional para los municipios de Colombia 2019.....	41
<i>Tabla 8.</i> Índice violencia para los municipios de Colombia 2011.....	43
<i>Tabla 9.</i> Índice violencia para los municipios de Colombia 2019.....	43
<i>Tabla 10.</i> Índice burocrático para los municipios de Colombia 2011.....	45
<i>Tabla 11.</i> Índice burocrático para los municipios de Colombia 2019.....	46
<i>Tabla 12.</i> Correlaciones del Índice Fiscal 2011.....	47
<i>Tabla 13.</i> Correlaciones del Índice Fiscal 2019.....	47
<i>Tabla 14.</i> Correlaciones del Índice Operacional 2011.....	48
<i>Tabla 15.</i> Correlaciones del Índice Operacional 2019.....	49
<i>Tabla 16.</i> Correlaciones del Índice Violencia 2011.....	50
<i>Tabla 17.</i> Correlaciones del Índice Violencia 2019.....	51
<i>Tabla 18.</i> Correlaciones del Índice Burocracia 2011.....	52
<i>Tabla 19.</i> Correlaciones del Índice Burocracia 2019.....	53
<i>Tabla 20.</i> PCA Índice Fiscal 2011.....	54
<i>Tabla 21.</i> PCA Índice Fiscal 2011. Componentes.....	55

<i>Tabla 22.</i> PCA Índice Fiscal 2019.....	56
<i>Tabla 23.</i> PCA Índice Fiscal 2019. Componentes.....	56
<i>Tabla 24.</i> PCA Índice Operacional 2011.....	59
<i>Tabla 25.</i> PCA Índice Operacional 2011. Componentes.....	59
<i>Tabla 26.</i> PCA Índice Operacional 2019.....	60
<i>Tabla 27.</i> PCA Índice Operacional 2019. Componentes.....	61
<i>Tabla 28.</i> PCA Índice Violencia 2011.....	63
<i>Tabla 29.</i> PCA Índice Violencia 2011. Componentes.....	64
<i>Tabla 30.</i> PCA Índice Violencia 2019.....	66
<i>Tabla 31.</i> PCA Índice Violencia 2019. Componentes.....	66
<i>Tabla 32.</i> PCA Índice Burocracia 2011.....	69
<i>Tabla 33.</i> PCA Índice Burocracia 2011. Componentes.....	70
<i>Tabla 34.</i> PCA Índice Burocracia 2019.....	71
<i>Tabla 35.</i> PCA Índice Burocracia 2011. Componentes.....	71
<i>Tabla 36.</i> Modelos propuestos.....	74
<i>Tabla 37.</i> Estimadores del modelo 3.....	75

INTRODUCCIÓN

Colombia, una nación diversa y rica en recursos naturales, ha enfrentado históricamente desafíos complejos en su camino hacia el desarrollo económico y la consolidación de un Estado eficiente. En las últimas décadas, se ha observado un fenómeno intrigante: a pesar de avances significativos en indicadores educativos, el país ha experimentado niveles persistentes de violencia y una brecha regional en su crecimiento económico. Esta situación ha llevado a investigadores y formuladores de políticas a indagar en las razones detrás de esta desconcertante relación.

En un mundo donde la estabilidad económica y la seguridad son fundamentales para el bienestar de las sociedades, entender las causas subyacentes de la dinámica del desarrollo colombiano se convierte en una tarea crítica. Este trabajo se centra en analizar exhaustivamente las relaciones entre las capacidades estatales, la violencia y el desarrollo económico en el contexto municipal de Colombia. A través de un análisis detallado de datos recopilados a lo largo de varios años, se busca arrojar luz sobre los factores que han contribuido a esta aparente contradicción en el país.

Para abordar esta compleja cuestión, hemos examinado diversas fuentes de información, desde datos económicos y fiscales hasta indicadores de violencia y educación. En este proceso, se han identificado factores clave que influyen en el desarrollo económico a nivel municipal, como la autonomía fiscal, la inversión en educación y la inversión en infraestructura. Además, se ha evaluado cómo estas variables se relacionan con la violencia, que es un aspecto crítico que

puede afectar negativamente la prosperidad económica y la calidad de vida de los ciudadanos.

A lo largo de este estudio, se pretende analizar detenidamente estas relaciones y entender cómo las capacidades estatales, en términos de recursos fiscales y la provisión de servicios públicos, influyen en la dinámica de la violencia y el desarrollo económico en diferentes regiones de Colombia. Al comprender mejor estos vínculos complejos, se espera que este trabajo contribuya a la formulación de políticas más efectivas que aborden las disparidades económicas y la violencia en el país, allanando el camino hacia un futuro más próspero y seguro para todos los colombianos.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el contexto de Colombia, un país caracterizado por su diversidad regional y desafíos económicos variados, existe una creciente necesidad de comprender y evaluar de manera más precisa las capacidades del estado y su impacto en el desarrollo económico a nivel municipal y regional. La capacidad del estado se considera un factor crítico que influye directamente en la calidad de vida de los ciudadanos, ya que afecta la prestación de servicios públicos, la seguridad, la administración de recursos y la promoción de la inversión.

El problema radica en que, a pesar de la relevancia de esta cuestión, existen brechas significativas en la comprensión de cómo algunas dimensiones específicas de la capacidad estatal influyen en el desarrollo económico a nivel local y regional en Colombia. La capacidad del estado se desglosa en varias dimensiones clave, incluyendo lo fiscal, operativo, coercitivo y burocrático. Se reconoce como un factor multidimensional que no se limita a la mera capacidad financiera del gobierno como se puede llegar a creer comúnmente.

Además, la falta de datos actualizados y específicos a nivel municipal, así como la complejidad de la relación entre las capacidades del estado y el desarrollo económico, plantea un desafío significativo para los encargados de tomar decisiones en las entidades públicas territoriales de Colombia. No disponer de métricas precisas y herramientas analíticas adecuadas para comprender estas relaciones puede limitar la formulación efectiva de políticas públicas que impulsen el desarrollo económico a nivel local y regional.

En este contexto, esta investigación se propone abordar este problema al evaluar las capacidades del estado y analizar cómo influyen en el desarrollo económico a nivel municipal y regional en Colombia durante ciclos presidenciales clave. Esto implica la necesidad de desarrollar indicadores sólidos que capturen las dimensiones de la capacidad estatal, comparar su desempeño en diferentes regiones, proponer modelos estadísticos para identificar las variables más significativas en la medición del desarrollo municipal y, en última instancia, comprender la relación entre la autonomía fiscal de los municipios y su desarrollo local. Estas investigaciones proporcionan valiosa información para los tomadores de decisiones y contribuyen a la formulación de políticas públicas efectivas que promuevan un desarrollo más equitativo y sostenible en Colombia.

2. ANTECEDENTES

A nivel internacional, la relación entre la Capacidad Estatal y el Desempeño Económico ha sido un tema ampliamente investigado y estudiado. Numerosos trabajos han respaldado la idea de que una Capacidad Estatal sólida ejerce una influencia positiva en el desarrollo económico de las naciones. La teoría de las instituciones, tal como la desarrollada por Douglass North en 1990, ha sido de importancia fundamental para comprender esta conexión. Según North, las instituciones, ya sean formales o informales, configuran los incentivos para la actividad económica y la inversión, lo que, a su vez, tiene un impacto directo en el crecimiento económico.

Daron Acemoglu y James Robinson (2012) han contribuido significativamente a este campo con su obra "Why Nations Fail", donde argumentan que las instituciones inclusivas y una Capacidad Estatal fuerte conducen al éxito económico, mientras que las instituciones extractivas y una Capacidad Estatal débil perpetúan la pobreza. Este trabajo ha influenciado la investigación sobre desarrollo económico y ha destacado la importancia de la Capacidad Estatal en la prosperidad de las naciones.

En el contexto nacional, Colombia ha sido objeto de estudio en relación con la Capacidad Estatal y su impacto en el desarrollo económico. Investigaciones como las de Mauricio Cárdenas (2010) han explorado la relación entre la concentración del poder político y la desigualdad económica en América Latina, lo que ha llevado a una limitación en la Capacidad Estatal en la región. Además, Cárdenas ha señalado que los conflictos internos en América Latina han debilitado la Capacidad Estatal, en contraste con países como Estados Unidos y Europa, donde los conflictos externos contribuyeron al fortalecimiento del Estado.

Estudios nacionales más recientes, como los de Sánchez-Torres y Pachón (2013) y Acemoglu, García-Jimeno y Robinson (2015), se han centrado en la relación entre la Capacidad Estatal y la prestación de servicios públicos a nivel local en Colombia. Estos trabajos han demostrado que la Capacidad Estatal, especialmente en términos de capacidad fiscal, juega un papel crucial en la capacidad de los gobiernos locales para brindar servicios de calidad a sus ciudadanos. La competencia política a nivel local también ha surgido como un factor importante que influye en la Capacidad Estatal.

En cuanto a los métodos utilizados en la investigación de la Capacidad Estatal en Colombia, se han aplicado diversas técnicas estadísticas y de análisis de datos. Por ejemplo, el trabajo de Perry, García y Jiménez (2014) se basó en la construcción de indicadores de Capacidad Estatal a nivel municipal mediante el uso del Análisis de Componentes Principales (PCA). Esto permitió evaluar cómo diferentes dimensiones de la Capacidad Estatal, como los ingresos fiscales y las capacidades operativas, se relacionaban con factores geográficos, históricos y económicos en Colombia.

Además de los estudios mencionados, la literatura sobre Capacidad Estatal en Colombia ha explorado el impacto de la descentralización en la distribución de recursos y la prestación de servicios públicos a nivel local. La descentralización ha llevado a una mayor autonomía fiscal de los municipios, lo que a su vez ha generado debates sobre su capacidad para gestionar eficazmente sus recursos y promover el desarrollo económico en sus regiones.

La investigación sobre la Capacidad Estatal en Colombia se ha beneficiado de una perspectiva internacional que ha destacado la importancia de las instituciones y la competencia política en el desarrollo económico. Se han realizado estudios que examinan cómo influye la Capacidad Estatal, y se han aplicado métodos estadísticos avanzados para analizar esta relación. Localmente, se ha explorado la competencia política y la entrega de bienes públicos como indicadores de Capacidad Estatal. Estos antecedentes a nivel local, nacional e internacional han sentado las bases para la utilización de técnicas estadísticas en la evaluación de la relación entre la Capacidad Estatal y el Desarrollo Económico,

contribuyendo así a una comprensión más profunda de este fenómeno en el contexto colombiano.

3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación reviste una importancia crucial en el contexto colombiano debido a las ventajas inherentes de su enfoque analítico. Inicialmente, el uso de técnicas de análisis de componentes principales (PCA) y matriz de correlaciones permite una comprensión más profunda y precisa de las dimensiones de la capacidad estatal y su impacto en el desarrollo económico. Estas metodologías permiten identificar patrones subyacentes y relaciones complejas entre las variables, lo que enriquece la comprensión de cómo las capacidades del estado afectan a nivel regional y municipal.

En segundo lugar, la implementación del modelo lineal generalizado (GLM) proporciona una ventaja al permitir el análisis de variables no necesariamente lineales ni normalmente distribuidas. Esto es especialmente relevante en un contexto diverso como el colombiano, donde las relaciones entre las dimensiones de la capacidad estatal y el desarrollo económico pueden no ser lineales. Este enfoque estadístico robusto ofrece una mayor precisión en la evaluación de la influencia de las capacidades del estado en el desarrollo.

Así pues, la combinación de estas metodologías estadísticas ofrece una ventaja significativa al proporcionar una comprensión más profunda, una mayor precisión y una medición más fiable de las capacidades del estado y su influencia

en el desarrollo económico en el contexto colombiano. Esto se traduce en valiosas perspectivas para la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones estratégicas a nivel regional y municipal, brindando un enfoque analítico integral y sólido que contribuirá al avance de la comprensión de este tema clave en la agenda de desarrollo de Colombia.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el impacto de las dimensiones que componen las capacidades del estado en el desarrollo regional y municipal en Colombia durante los ciclos presidenciales de los años 2011, 2015, 2019 y 2020.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Construir un conjunto integral de indicadores que abarque las diversas dimensiones de la capacidad estatal, como autonomía fiscal, eficiencia administrativa, capacidad coercitiva y calidad de la burocracia, en el contexto del desarrollo regional y municipal en Colombia.
- Analizar el impacto de las dimensiones que conforman la capacidad estatal en las mediciones de luces nocturnas como indicadores de desarrollo regional, evidenciando su relevancia en el crecimiento económico y bienestar en las comunidades locales.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. breve contexto

La relación entre la Capacidad Estatal y el Desarrollo Económico es un tema de estudio ampliamente explorado a nivel internacional. Numerosos estudios han demostrado la influencia positiva de una Capacidad Estatal sólida en el desarrollo económico de los países. La teoría de las instituciones, desarrollada por Douglass North (1990), ha sido fundamental en la comprensión de este vínculo. Según North, las instituciones, tanto formales como informales, definen los incentivos para la actividad económica y la inversión, lo que afecta directamente al crecimiento económico.

En el contexto colombiano, las capacidades del estado abarcan la capacidad del gobierno central y los gobiernos locales para proporcionar servicios públicos, mantener el orden y promover el bienestar económico y social en diferentes regiones. Dadas las diferencias significativas en estas capacidades entre municipios y regiones, este estudio se enfoca en medir el desarrollo económico a nivel municipal, utilizando indicadores como las Luces Nocturnas como proxy del crecimiento económico. La comprensión de cómo estas capacidades estatales afectan el desarrollo económico a nivel local es esencial para la formulación de políticas públicas efectivas y la toma de decisiones estratégicas en Colombia.

5.2. Métodos estadísticos

En este estudio, se aplicaron dos técnicas estadísticas clave para analizar las capacidades del estado en el contexto colombiano: el Análisis de

Componentes Principales (PCA) y la Regresión Lineal Múltiple. El PCA se utilizó para reducir la dimensionalidad de los datos relacionados con la capacidad estatal, lo que permitió identificar patrones subyacentes y resumir las dimensiones de manera más manejable. Por otro lado, la Regresión Lineal Múltiple se empleó para explorar cómo estas dimensiones de capacidad estatal se relacionan con el desarrollo económico, proporcionando información sobre su influencia en el contexto municipal. A continuación, se profundiza en las técnicas estadísticas usadas.

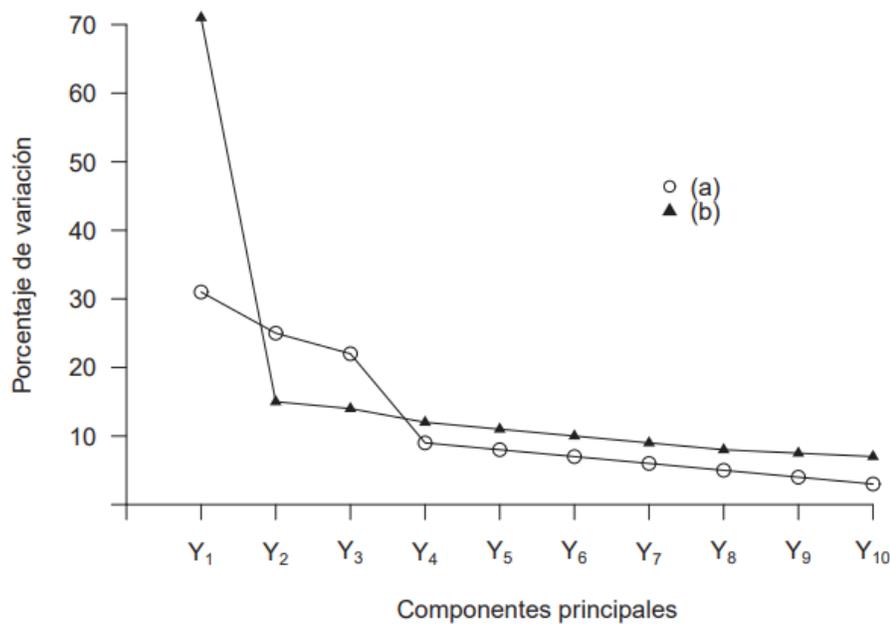
5.2.1. Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de componentes principales es una técnica del análisis multivariado que permite la reducción de variables y la posibilidad de determinar, dado un gran conjunto de variables, las dimensiones que más influyen en el total de los datos y así, facilitar su posterior comprensión.

En los casos donde hay presencia de una gran cantidad de variables, la estimación de correlaciones entre variables y la comprensión de estas se hace muy complicada para el investigador. De tal forma que al hacer uso del análisis de componentes principales se busca resumir la información contenida en las variables. Este resumen consiste en lograr transformar los datos originales a una nueva base de datos reducida, donde las nuevas variables sean combinaciones lineales de variables muy correlacionadas entre sí, en la base de datos original, de tal forma que contengan la mayor variabilidad posible y la pérdida de información sea mínima (Díaz & Morales, 2012).

El criterio para la selección de la cantidad de factores a tener en cuenta no está establecido en la teoría estadística, sin embargo existen algunos elementos gráficos que pueden ayudar a determinar la cantidad de factores a interpretar. El elemento gráfico más utilizado es el conocido como gráfica del codo. Allí se elabora un gráfico en donde se representa el porcentaje de variación explicado por cada componente o factor en las ordenadas y las componentes en orden decreciente en la abscisas. El número de factores se elige a partir de algún punto donde se puede trazar una línea recta de pendiente pequeña (Díaz & Morales, 2012).

Figura 1. Selección del número de Componentes especiales.



5.2.2. Matriz de Correlaciones

La matriz de correlaciones es una herramienta fundamental en el análisis de datos multivariantes y desempeña un papel crucial en esta investigación para

comprender la relación entre las variables relacionadas con la capacidad estatal y el desarrollo económico a nivel municipal en Colombia. Esta técnica se basa en la estadística de correlación, que mide la fuerza y la dirección de las relaciones entre pares de variables. La correlación es una medida que oscila entre -1 y 1, donde -1 indica una correlación negativa perfecta, 1 indica una correlación positiva perfecta y 0 indica la ausencia de correlación.

La relevancia de la matriz de correlaciones radica en su utilidad para el Análisis de Componentes Principales (PCA). Al construir la matriz de correlaciones, se asegura que las relaciones entre las variables estén reflejadas de manera adecuada en el PCA. Los componentes principales se derivan de esta matriz, lo que permite una representación más eficiente y comprensible de las dimensiones de la capacidad estatal.

Para determinar la relevancia de estas correlaciones, se emplean pruebas de significancia estadística, como el coeficiente de correlación de Pearson. Las correlaciones significativas ayudarán a identificar dimensiones que están fuertemente interrelacionadas y que pueden tener un impacto conjunto en el desarrollo económico de los municipios. Además, es importante destacar que la matriz de correlaciones también se utilizará para detectar posibles problemas de multicolinealidad entre las variables independientes.

La multicolinealidad es un fenómeno en el que dos o más variables independientes están altamente correlacionadas entre sí, lo que puede dificultar la interpretación de los resultados del análisis de regresión. Al identificar estas

situaciones, se podrán tomar medidas para abordar este problema y garantizar la robustez de los análisis posteriores.

En línea con las recomendaciones de diversos expertos en estadística, como Tabachnick y Fidell (2019), la matriz de correlaciones es una herramienta esencial para explorar la estructura subyacente de los datos y proporciona una base sólida para la toma de decisiones relacionadas con el modelado estadístico. El análisis de estas correlaciones contribuirá significativamente a la comprensión de cómo las dimensiones de la capacidad estatal se relacionan con el desarrollo económico a nivel municipal en Colombia.

Además de la construcción de la matriz de correlaciones, se llevó a cabo el Test KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) como parte integral del proceso de evaluación de la idoneidad de los datos. Este test es esencial para asegurar que las relaciones entre las variables relacionadas con la capacidad estatal y el desarrollo económico sean adecuadas para el posterior análisis.

El KMO evalúa la adecuación de los datos para realizar un análisis factorial, incluido el Análisis de Componentes Principales (PCA). Un valor KMO generalmente mayor a 0.7 se considera indicativo de que las relaciones entre las variables son apropiadas para extraer componentes o factores significativos.

Este análisis preliminar garantizará que las dimensiones de la capacidad estatal se reflejen de manera óptima en el PCA, permitiendo una representación más eficiente y comprensible de las relaciones subyacentes en los datos.

5.2.3. Modelo lineal generalizado

Un Modelo Lineal Generalizado es una técnica estadística que generaliza el modelo de regresión lineal clásico o tradicional, para la aplicación de situaciones en las que la relación entre las variables no es necesariamente lineal ni se ajusta a una distribución normal. En resumen Los MLG son una extensión de la regresión lineal que permite modelar y analizar datos en los que la variable dependiente no cumple con las suposiciones de la regresión lineal tradicional.

Según Müller (2004) los modelos lineales generalizados, están determinados por dos componentes:

1. La distribución de y
2. Función de enlace

Para la realización de la propuesta de un modelo estadístico que permita medir el desarrollo de los municipios, de acuerdo con las dimensiones que conforman el Estado, se va a utilizar el modelo lineal generalizado, ya que permite variables de respuesta que no necesariamente cumplen con el criterio de la distribución normal.

Así, el modelo lineal generalizado que va a permitir encontrar la relación existente entre la variable dependiente, es decir, la variable proxy NTL mean, con las variables explicativas, que corresponden a las dimensiones que conforman las capacidades del Estado, se presenta a continuación.

$$\text{NTL} = a + b_1(\text{índice fiscal}) + b_2(\text{índice operativo}) + b_3(\text{índice coercitivo}) \\ + b_4(\text{índice burocrático}) + \varepsilon$$

En el contexto de la propuesta de un modelo estadístico para medir el desarrollo de los municipios, es importante destacar que no se utilizó el método estadístico de análisis de datos panel. La razón principal detrás de esta elección radica en la disponibilidad de datos.

A menudo, el análisis de datos panel requiere que las variables de interés estén disponibles para múltiples años consecutivos, lo que permite realizar un seguimiento a lo largo del tiempo. Sin embargo, en nuestro caso, algunas variables relevantes, como las relacionadas con la violencia, no estaban disponibles o no estaban tipificadas en años anteriores.

Esta limitación de datos es un factor fuera de nuestro control y puede deberse a diversas razones, como cambios en la recopilación de datos, la falta de tipificación previa de ciertas variables o la relevancia de ciertos eventos solo en el último año de estudio.

En consecuencia, se optó por un enfoque de modelo lineal generalizado que puede acomodar variables de respuesta que no cumplen con las suposiciones de una distribución normal y que se ajusta mejor a la disponibilidad de datos disponibles.

A pesar de estas limitaciones, el modelo lineal generalizado proporciona una herramienta valiosa para analizar la relación entre la variable proxy NTL mean y las dimensiones que conforman las capacidades del Estado, permitiendo así una comprensión más profunda de cómo estas variables influyen en el desarrollo de los municipios en el contexto específico de este estudio.

6. METODOLOGÍA

6.1. Diseño de la Investigación:

La metodología empleada en esta investigación se basó en un enfoque cuantitativo que combinó elementos exploratorios y descriptivos. Se diseñó para analizar las relaciones entre las capacidades del estado y el desarrollo económico a nivel municipal y regional en Colombia durante los ciclos presidenciales de los años 2011, 2015, 2019 y 2020. Estos ciclos electorales de cuatro años se consideraron períodos cruciales para evaluar posibles cambios en las capacidades del estado y su impacto en el desarrollo económico.

6.2. Muestra

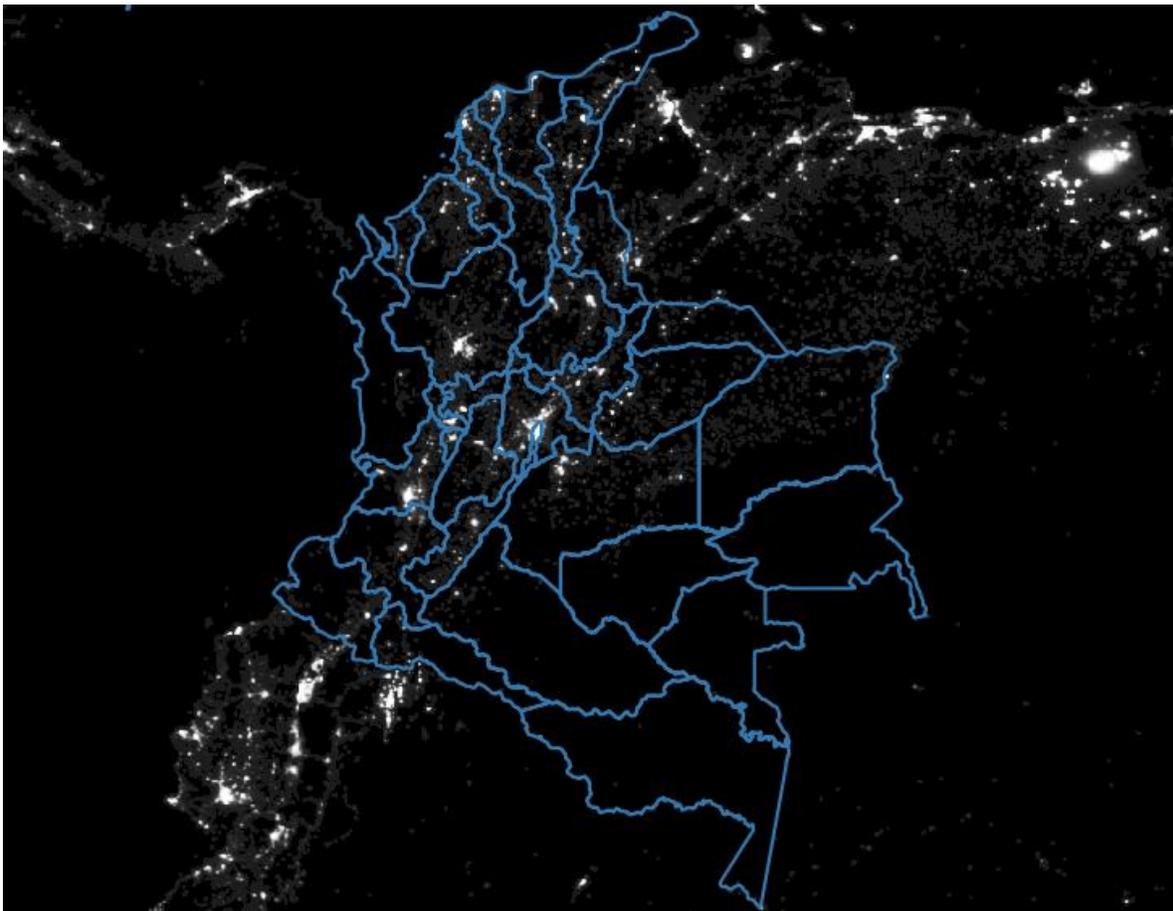
La población de estudio comprendió los municipios de las diferentes regiones de Colombia. La muestra de este estudio incluyó un total de 1121 municipios durante los años de análisis: 2011, 2015, 2019 y 2020, se tomaron como referencia ciclos electorales cada cuatro años para evaluar posibles cambios en las capacidades del estado y se consideró el año más reciente con datos disponibles, que fue 2020 al momento de esta investigación.

6.3. Recopilación de Datos:

La variable dependiente de este estudio buscó medir el desarrollo económico a nivel municipal en Colombia. Dado que el Producto Interno Bruto (PIB) no está disponible a nivel municipal, se propuso utilizar las Luces Nocturnas como

indicador proxy del desarrollo económico. Esta variable proxy del desarrollo fue el resultado de un formato cuadrículado de píxeles de 30 segundos de arco, donde cada píxel correspondía a casi 1 KM² en el ecuador , como se evidencia en la imagen 5 donde se presentan los píxeles de una parte del mapa de Bogotá. Este indicador se basó en la intensidad lumínica promedio anual medida en valores digitales (DN) que variaban del 0 al 63.

Figura 2. Mapa de luces nocturnas por departamentos de Colombia. 2021



En la imagen anterior se ve el primer paso de las capas en QGIS, donde se puede evidenciar con mejor claridad las zonas más iluminadas, dentro de los

departamentos de Colombia, en las imágenes siguientes podemos ver el acercamiento a Bogotá y a Santander, en las cuales se puede ver las zonas de mayor luminosidad, como es de esperarse Bogotá tiene mucha más actividad lumínica.

Figura 3. Luces nocturnas de Bogotá. 2021

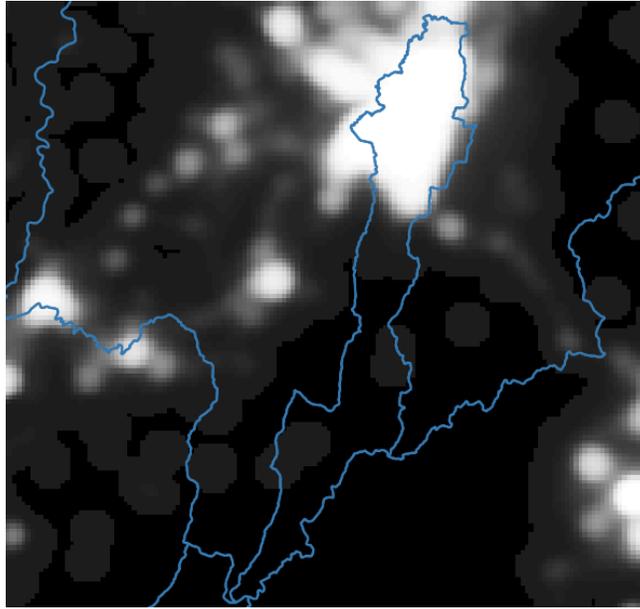


Figura 4. Luces nocturnas de Santander. 2021

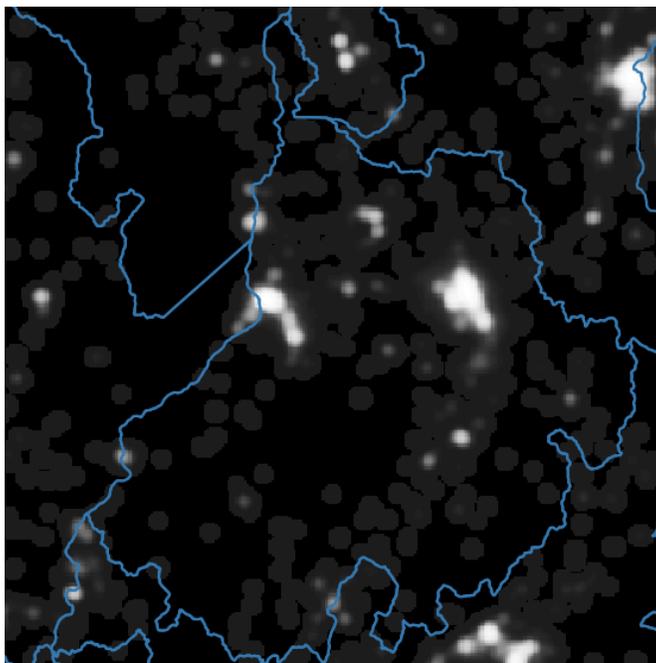
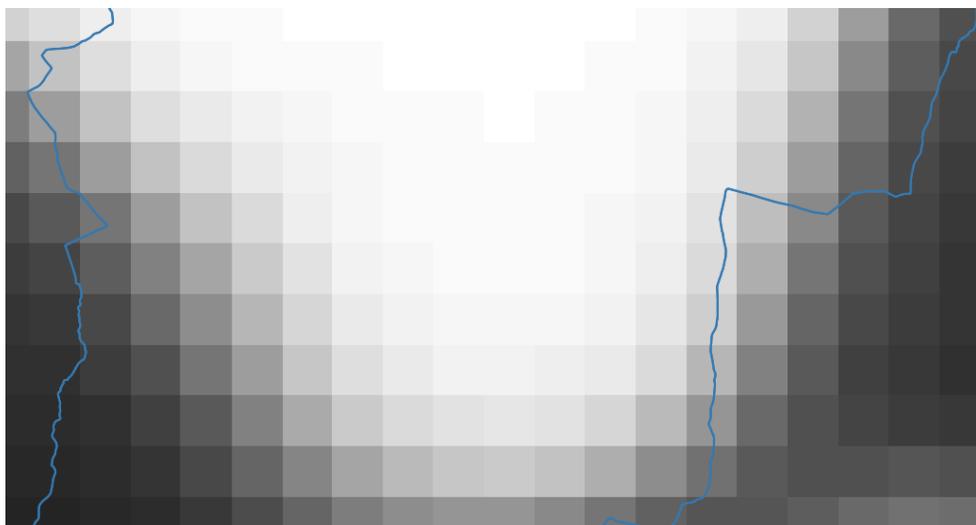


Figura 5. Pixeles del mapa de luces nocturnas

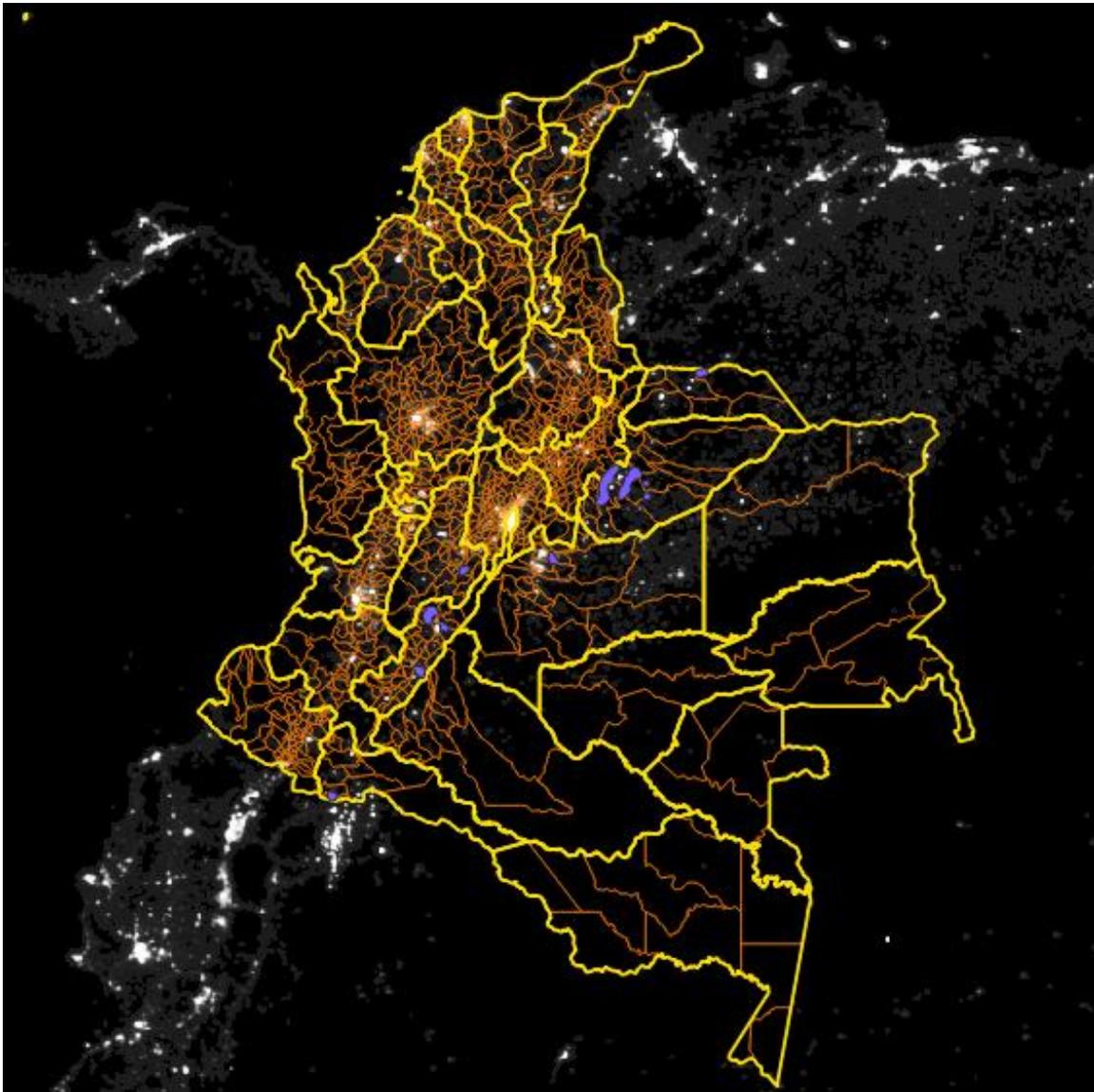


Para construir esta variable, se llevaron a cabo diversas etapas.

En primer lugar, se realizó la edición y ajuste de datos en el programa QGIS. Se utilizó una capa vectorial de la división de municipios de Colombia para el año 2021, obtenida del DANE, como se evidencia en la imagen 6, la división de los departamentos está en amarillo, de los municipios en naranja.

Posteriormente, se agregó una capa vectorial que ubica las luces de quema de gas en el país, debido a que en la presente investigación no se toma esta actividad como un indicador de alto grado de desarrollo económico, por eso se tienen en cuenta para ser excluidos esos datos por representar ruido en los datos de la investigación. Lo anterior teniendo en cuenta las indicaciones del manejo de luces de gas como lo describe el artículo de Matt Lowe llamado "Night Lights and ArcGIS: A Brief Guide" (se cargó como vector y se ven en la imagen de color lila).

Figura 6. Luces nocturnas en el mapa de Colombia, por municipio, y luces de gas.



El siguiente paso implicó la incorporación de archivos raster que contenían datos de luces nocturnas por año, obtenidos del Centro Nacional de Datos Geofísicos. Se ajustaron las propiedades de estos archivos para que los valores variaran de 0 a 63. Finalmente se ajustó la sección de estadística de zona y se

ajustaron los parámetros para seleccionar las estadísticas que se extrajeron, la media, la mediana y la desviación. A partir de lo anterior, se creó la variable denominada "NTL_media" ,la media por municipio, que será usada para la investigación. Estos datos se recopilieron para cada uno de los años de estudio.

Variables Independientes: Las dimensiones de la capacidad estatal comprendieron múltiples variables provenientes de diversas fuentes. Para obtener estos datos, se realizó una solicitud al Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE) de la Universidad de los Andes. El CEDE proporcionó datos del Panel Municipal que consolidaban información de distintas fuentes y entidades a nivel municipal en una única base de datos. Esta base de datos incluía información sobre características generales de los municipios, variables fiscales, de gobierno, conflicto y violencia, educación, sector agrícola, salud, servicios públicos y más. Las fuentes principales de estos datos incluían el DANE, IGAC, DNP, AGRONET, el Ministerio de Salud, el Ministerio de Minas y Energía, entre otros.

De esta base de datos, se seleccionaron las variables de interés para el estudio. En algunos casos, se realizaron transformaciones en estas variables para adaptarlas a las distintas características de las capacidades del estado, como su evaluación per cápita o por kilómetro cuadrado de cada municipio. También, se deflactaron los datos monetarios utilizando el año de referencia 2018, ya que se comparan datos financieros de diferentes periodos y la inflación distorsiona las cifras si se toman sin este proceso.

De la base de datos del CEDE se tomaron los insumos para las dos

primeras dimensiones del estado, para la dimensión fiscal y para la dimensión operativa, sus variables se describen en la sección de resultados.

Para la dimensión coercitiva y burocrática, se tomaron variables de la base de datos de la Fiscalía, que relaciona los procesos y el total de noticias criminales por delito registrados en el Sistema Penal Oral Acusatorio en la Ley 906 de 2004 y Ley 1098 de 2006 desde hechos ocurridos en 2010. Información publicada en la página nacional Datos Abiertos.

De allí se toman los delitos y se realiza la categorización para cada dimensión particular, cabe destacar que esta base de datos requería un tratamiento adicional ya que no tenía código de municipio para identificar los datos, así que se implementó una clave de vinculación específica que actuó como un identificador único para relacionar los registros entre las bases de datos. Esta clave de vinculación se diseñó para garantizar la integridad de los datos y facilitar la unión y combinación de la información de manera precisa y coherente. Se unió el departamento y el municipio en una sola variable, ajustando y corrigiendo línea a línea el tema de tildes, guiones y paréntesis que había, se crearon así las llaves y se pudo unir toda la información necesaria.

Los datos de las dimensiones de violencia y burocracia son elementalmente el conteo de los delitos de cada municipio en los años de estudio, por tal razón se consideró importante ponderar los datos para mejorar su análisis. Por este motivo esos datos se dividieron en la cantidad de habitantes por municipio y se multiplicó ese resultado por 100.000, para crear la tasa de delitos por cada 100.000 habitantes. La creación de esta tasa permite una mejor comparación y análisis de los datos, ya que toma en cuenta las diferencias en la

población de los municipios y proporciona una medida más uniforme de la incidencia de los delitos en cada lugar.

Es importante mencionar que la mayoría de las variables seleccionadas contaban con datos disponibles para todos los años de investigación, con un par de excepciones. Como se mencionó anteriormente, es una razón más para usar Modelo Lineal Generalizado y no Datos Panel.

A continuación, se presentan las variables de la base de datos que contiene 4486 observaciones y 148 variables.

El procesamiento y análisis de la base de datos se desarrolló utilizando el software R-Studio, lo que permitió una evaluación rigurosa de la relación entre las capacidades del estado y el desarrollo económico a nivel municipal en Colombia. Esta metodología proporcionó un marco sólido para llevar a cabo el análisis de las capacidades del estado y su impacto en el desarrollo económico a nivel municipal y regional en Colombia. Los métodos estadísticos avanzados utilizados en esta investigación permitieron una comprensión más profunda de estas relaciones clave.

6.4. Descripción de variables:

Tabla 1. Descripción de las variables

Descripción de las Variables		Tipo de Variable
1	Año	Numérico
2	Departamento	Caracter
3	Provincia	Caracter
4	Municipio	Caracter

Descripción de las Variables		Tipo de Variable
5	Código del Departamento	Caracter
6	Código de la Provincia	Caracter
7	Código del Municipio	Caracter
8	Población Total	Numérico
9	Área Oficial en Kilómetros Cuadrados	Numérico
10	Ingreso Total	Numérico
11	Ingreso Corriente	Numérico
12	Ingreso Corriente Tributario	Numérico
13	Déficit Desempeño Fiscal	Numérico
14	Gasto Funcionamiento en Personal	Numérico
15	Total transferencias del Gobierno Central para educación.	Numérico
16	Total transferencias del Gobierno Central para salud.	Numérico
17	Transferencias del Gobierno Central para la prestación de servicios públicos de agua potable y saneamiento básico	Numérico
18	Transferencia del Gobierno Central por Propósito General para deporte.	Numérico
19	Transferencia del Gobierno Central por Propósito General para cultura.	Numérico
20	Gasto Funcionamiento	Numérico
21	Gasto Intereses de Deuda Pública	Numérico
22	Total Establecimientos Educativos	Numérico
23	Suma de Luces Nocturnas	Numérico
24	Promedio de Luces Nocturnas	Numérico
25	Mediana de Luces Nocturnas	Numérico
26	Desviación Estándar de Luces Nocturnas	Numérico
27	Índice de Inflación	Numérico
28	Deflactada Ingresos Total	Numérico
29	Deflactada Ingresos Corrientes	Numérico
30	Deflactada Ingreso Tributario Corriente	Numérico
31	Deflactada Gastos Funcionamiento Servicios Persona	Numérico
32	ID (Identificador Único)	Caracter
33	Total de Procesos: Aborto	Numérico
34	Total de Procesos: Actos de Discriminación	Numérico
35	Total de Procesos: Administración Pública	Numérico
36	Total de Procesos: Amenazas	Numérico
37	Total de Procesos: Concierto para Delinquir	Numérico
38	Total de Procesos: Constreñimiento	Numérico
39	Total de Procesos: Contra la Familia	Numérico
40	Total de Procesos: Corrupción Administrativa	Numérico
41	Total de Procesos: Corrupción Electoral	Numérico
42	Total de Procesos: Corrupción Judicial	Numérico
43	Total de Procesos: Corrupción Privada	Numérico
44	Total de Procesos: Corrupción Tributaria	Numérico

Descripción de las Variables		Tipo de Variable
45	Total de Procesos: Delitos Ambientales	Numérica
46	Total de Procesos: Delitos Informáticos	Numérica
47	Total de Procesos: Delitos Sexuales	Numérica
48	Total de Procesos: Derechos de Autor	Numérica
49	Total de Procesos: Derechos de Reunión y Asociación	Numérica
50	Total de Procesos: Desaparición Forzada	Numérica
51	Total de Procesos: Desplazamiento	Numérica
52	Total de Procesos: Estafa	Numérica
53	Total de Procesos: Estupefacientes	Numérica
54	Total de Procesos: Extorsión	Numérica
55	Total de Procesos: Fabricación, Tráfico y Porte de Armas	Numérica
56	Total de Procesos: Falsedad en Documento	Numérica
57	Total de Procesos: Fe Pública	Numérica
58	Total de Procesos: Femicidio	Numérica
59	Total de Procesos: Homicidio Culposo	Numérica
60	Total de Procesos: Homicidio Doloso	Numérica
61	Total de Procesos: Hurto	Numérica
62	Total de Procesos: Impartición de Justicia	Numérica
63	Total de Procesos: Injuria y Calumnia	Numérica
64	Total de Procesos: Lesiones Personales por Agentes Químicos	Numérica
65	Total de Procesos: Lesiones Personales	Numérica
66	Total de Procesos: Lesiones Personales Culposas	Numérica
67	Total de Procesos: Libertad Individual y Otras Garantías	Numérica
68	Total de Procesos: Maltrato Animal	Numérica
69	Total de Procesos: Orden Económico y Social	Numérica
70	Total de Procesos: Otros Delitos	Numérica
71	Total de Procesos: Patrimonio Económico	Numérica
72	Total de Procesos: Personas y Bienes Protegidos por el DIH	Numérica
73	Total de Procesos: Reclutamiento Ilícito	Numérica
74	Total de Procesos: Régimen Constitucional y Legal	Numérica
75	Total de Procesos: Salud Pública	Numérica
76	Total de Procesos: Secuestro Extorsivo	Numérica
77	Total de Procesos: Secuestro Simple	Numérica
78	Total de Procesos: Seguridad del Estado	Numérica
79	Total de Procesos: Seguridad Pública	Numérica
80	Total de Procesos: Trata de Personas	Numérica
81	Total de Procesos: Uso de Menores de Edad	Numérica
82	Total de Procesos: Vida e Integridad Personal	Numérica
83	Total de Procesos: Violación de Medidas Sanitarias	Numérica
84	Total de Procesos: Violencia Intrafamiliar	Numérica
85	Ingreso per cápita	Numérica
86	Ingreso Propio	Numérica

Descripción de las Variables		Tipo de Variable
87	Independencia Fiscal	Numérica
88	Desempeño Fiscal	Numérica
89	Inversión en Personal por Cápita	Numérica
90	Inversión en Personal por km ²	Numérica
91	Inversión en Capital Humano por Cápita	Numérica
92	Inversión en Capital Humano por km ²	Numérica
93	Inversión en Ciencia y Desarrollo por Cápita	Numérica
94	Inversión en Ciencia y Desarrollo por km ²	Numérica
95	Ahorro por Cápita	Numérica
96	Ahorro por km ²	Numérica
97	Instituciones Educativas por Cápita	Numérica
98	Instituciones Educativas por km ²	Numérica
99	Amenazas por Cápita	Numérica
100	Concierto para Delinquir por Cápita	Numérica
101	Constreñimientos por Cápita	Numérica
102	Delitos contra la familia per cápita	Numérica
103	Delitos sexuales per cápita	Numérica
104	Desaparición forzada per cápita	Numérica
105	Desplazamiento per cápita	Numérica
106	Feminicidio per cápita	Numérica
107	Homicidio culposo per cápita	Numérica
108	Homicidio doloso per cápita	Numérica
109	Injuria y calumnia per cápita	Numérica
110	Lesiones a personas por agentes per cápita	Numérica
111	Lesiones personales per cápita	Numérica
112	Lesiones culposas per cápita	Numérica
113	Maltrato animal per cápita	Numérica
114	Secuestro extorsivo per cápita	Numérica
115	Secuestro simple per cápita	Numérica
116	Violencia intrafamiliar per cápita	Numérica
117	Aborto per cápita	Numérica
118	Actos de discriminación per cápita	Numérica
119	Corrupción en la administración pública per cápita	Numérica
120	Corrupción administrativa per cápita	Numérica
121	Corrupción electoral per cápita	Numérica
122	Corrupción judicial per cápita	Numérica
123	Corrupción privada per cápita	Numérica
124	Corrupción tributaria per cápita	Numérica
125	Delitos ambientales per cápita	Numérica
126	Delitos informáticos per cápita	Numérica
127	Derechos de autor per cápita	Numérica
128	Derechos de reunión y asociación per cápita	Numérica
129	Estafa per cápita	Numérica

Descripción de las Variables		Tipo de Variable
130	Delitos relacionados con estupefacientes per cápita	Numérica
131	Extorsión per cápita	Numérica
132	Porte de armas per cápita	Numérica
133	Falsedad en documentos per cápita	Numérica
134	Falsedad en fe pública per cápita	Numérica
135	Delitos contra el orden económico y social per cápita	Numérica
136	Otros delitos per cápita	Numérica
137	Delitos contra el patrimonio económico per cápita	Numérica
138	Delitos contra personas y bienes protegidos per cápita	Numérica
139	Reclutamiento ilícito per cápita	Numérica
140	Delitos contra el régimen constitucional per cápita	Numérica
141	Delitos contra la salud pública per cápita	Numérica
142	Delitos contra la seguridad del Estado per cápita	Numérica
143	Delitos contra la seguridad pública per cápita	Numérica
144	Trata de personas per cápita	Numérica
145	Uso de menores en delitos per cápita	Numérica
146	Delitos contra la integridad personal per cápita	Numérica
147	Delitos contra medidas sanitarias per cápita	Numérica
148	Hectáreas de coca	Numérica

6.4. Alcance del proyecto:

La presente investigación trasciende más allá de su valor intrínseco en la esfera académica, ya que su alcance se extiende hacia un impacto potencialmente transformador en la esfera de las políticas públicas y la toma de decisiones en Colombia. Al iluminar las relaciones subyacentes entre las capacidades estatales y el desarrollo económico a nivel municipal y regional, este estudio proporciona una hoja de ruta esencial para los formuladores de políticas y administradores públicos.

La capacidad de los municipios para recaudar y administrar sus recursos, así como para promover la inversión y garantizar la seguridad ciudadana, son elementos fundamentales que afectan la calidad de vida de los ciudadanos.

La identificación de la autonomía fiscal como un factor crítico en el desarrollo

destaca la importancia de medidas específicas en este ámbito. Por lo tanto, esta investigación no solo enriquece la comprensión académica, sino que también brinda a los encargados de la toma de decisiones una base sólida para implementar políticas orientadas a estimular el crecimiento económico y reducir las brechas regionales en Colombia. El impacto deseado radica en la creación de un marco más equitativo y próspero para todos los ciudadanos, y este estudio constituye un paso significativo en esa dirección.

7. RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal de este trabajo es analizar la relación entre los índices de capacidad del estado y el desarrollo económico a nivel municipal, teniendo en cuenta la agrupación de los municipios según las regiones de Colombia. Para medir el desarrollo económico, se utiliza un indicador sustituto conocido como Luces Nocturnas (NTL). En los últimos 10 años, los economistas han comenzado a utilizar las NTL como una forma de medir la actividad económica local y se ha observado que está correlacionada con otros indicadores de bienestar.

Este enfoque es especialmente útil en áreas remotas y rurales donde los datos relacionados con el desarrollo económico y humano son escasos. Estudios anteriores han demostrado una fuerte relación entre las NTL y aspectos como la salud, la educación y el PIB.

Para este análisis, se utilizan dos bases de datos de NTL, una del Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa (DMSP) y otra del Sistema de Imágenes de Infrarrojo Visible (VIIRS). Aunque son bases de datos diferentes, se han armonizado para considerarlas como una única base de datos, gracias a los esfuerzos previos.

Estos datos de NTL se presentan en un formato de cuadrícula con píxeles de 30 segundos de arco, y cada píxel corresponde a aproximadamente 1 km² en el ecuador. El valor de cada píxel representa la intensidad de luz promedio anual, expresado como un número digital (DN) en un rango de 0 a 63.

En este análisis, se utiliza la media de las NTL como un indicador sustituto del desarrollo económico, aunque se aplica una transformación logarítmica. Las tablas de estadísticas descriptivas proporcionan información sobre las variables para los años iniciales y finales del estudio, que abarcan desde 2011 hasta 2019.

- Estadísticos descriptivos NTL

Tabla 2. Descripción NTL 2011

Variable	obs	media	desv	min	Max
Nighttime Lights Sum	1122	1363.4	2631.212	0	42887.0
Nighttime Lights Mean	1122	4.5389	7.763834	0	62.280
	1122	6.073	1.931062	0	10.666

Nighttime light Sum log					
Nighttime Light Mean log	1122	0.4530	1.707022	-6.9897	4.1316

Tabla 3. Descripción NTL 2019.

Variable	obs	media	desv	min	Max
Nighttime Lights Sum	1122	3640	7450.709	0	127268
Nighttime Lights Mean	1122	8.041	8.591102	0	62.600
Nighttime light Sum log	1122	7.516	1.297096	0	11.754
Nighttime Light Mean log	1122	1.652	1.083351	-5.265	4.137

Los datos utilizados para construir los índices se obtienen principalmente del Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE) de la Universidad de los Andes en Colombia. El CEDE ha estado recopilando una amplia gama de datos sobre cada municipio en Colombia, que incluyen información económica, social, agrícola, política, de salud, demográfica e histórica. Las fuentes clave de datos incluyen el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas de Colombia (DANE) para las características económicas municipales y el Ministerio de Hacienda, así como la Oficina del Inspector General, para los datos fiscales,

que incluyen ingresos, gastos, deuda y transferencias del Gobierno Nacional. La revisión por parte de la Oficina del Inspector General agrega un control adicional sobre los gastos regionales y ayuda a detectar irregularidades.

El Índice de Violencia y el índice burocrático se basan en datos de la fiscalía, disponibles en datos abiertos, que registran procesos judiciales a nivel municipal. Aunque se consideraron otras fuentes de datos como Transparencia Colombia, estas estaban disponibles solo para un período limitado y cubrían un conjunto reducido de municipios. Además, los datos geográficos y demográficos provienen del DANE, incluyendo información sobre densidades de población y la presencia de comunidades indígenas. Otros datos relacionados con homicidios, cultivos de coca, distancia a las capitales departamentales y otras covariables también se encuentran en el conjunto de datos del CEDE.

El Índice Fiscal se compone de cuatro variables: ingresos fiscales totales per cápita, ingresos fiscales propios per cápita, independencia fiscal y desempeño fiscal. Estas variables buscan evaluar la eficiencia de la recaudación de ingresos fiscales en los municipios colombianos. El ingreso fiscal total per cápita representa el flujo total anual de ingresos hacia el municipio, incluyendo transferencias del gobierno central, regalías e ingresos municipales. Los ingresos fiscales propios per cápita son una proporción de los ingresos fiscales actuales sobre el total de ingresos fiscales actuales. La independencia fiscal mide la capacidad de los municipios para depender menos de ingresos externos, y el desempeño fiscal se evalúa mediante un índice medido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), donde 0 indica el peor desempeño y 100 la puntuación más alta. Estas variables se expresan en millones de pesos y reflejan cambios a lo largo del

tiempo desde 2011 hasta 2019. En la siguiente tabla se muestran las estadísticas descriptivas para el índice fiscal.

- Estadísticos descriptivos índice fiscal para los municipios de Colombia

Tabla 4. Índice fiscal para los municipios de Colombia 2011

Variable	obs	media	desv	Min	Max
Ingreso Per capita	1122	0.9070	0.9453232	0	12
Ingreso Propio	1122	0.2397	0.3381042	0	4.7198
Independencia fiscal	1122	0.10256	0.2329994	0	3.20425
Desempeño fiscal	1122	66.11	14.2932	0	91.90

Tabla 5. Índice fiscal para los municipios de Colombia 2019

Variable	obs	media	desv	Min	Max
Ingreso Per capita	1122	1.728	0.9800028	0	12.487
Ingreso Propio	1122	0.4720	0.4822435	0	10.6820
Independencia fiscal	1122	0.2719	0.2953905	0	3.2489
Desempeño fiscal	1122	67.88	13.08068	0	91.80

En segundo lugar, el Índice Operativo evalúa no solo la inversión en capacidad humana y física de cada municipio, sino también su capacidad para financiar estas inversiones anualmente. Este índice se basa en cuatro características, principalmente inspiradas en (Perry, García, & Jiménez, 2014), pero con algunas adaptaciones: Inversión en Infraestructura per cápita y por

kilómetro cuadrado; Inversión en Personal per cápita y por kilómetro cuadrado; Instituciones Educativas per cápita y por kilómetro cuadrado; y Ahorro Operativo, siguiendo la metodología de (Bonet-Morón, Pérez-Valbuena, & Montero-Mestre, Las finanzas públicas territoriales en Colombia: dos décadas de cambios, 2018). En resumen, este índice refleja la inversión física municipal como un indicador de inversión en capital; la inversión en personal como un indicador de inversión en capital humano, complementado con la cantidad de instituciones educativas; por último, la capacidad de cada municipio para financiar y responder a inversiones futuras a través de ahorros operativos. Los valores de inversión en infraestructura e inversión en personal se expresan en millones de pesos, mientras que las instituciones educativas se miden por su cantidad a nivel municipal. Los ahorros operativos representan una proporción del excedente o déficit financiero en los ingresos y gastos actuales.

- Estadísticos descriptivos índice operacional para los municipios de Colombia

Tabla 6. Índice operacional para los municipios de Colombia 2011

Variable	obs	media	desv	min	max
Inversión en personal per capita	1122	0.08481	0.2908945	0	9.62448
Inversión en personal km2	1122	10.945	61.26838	0	1522.602
Inversión en capital	1122	220687	84215.98	0	847655

humano per capita					
Inversión en capital humano km2	1122	34658784	178136308	0	3606985021
Inversión cultura y deporte per capita	1122	12339	15393.45	0	318305
Inversión cultura y deporte km2	1122	781971	1752229	0	40128989
Ahorro per capita	1122	0.18796	0.4113059	- 10.26911	3.69924
Ahorro km2	1122	47.233	332.1001	-70.234	7402.404
Instituciones educativas per capita	1122	0.002853	0.001715315	0	0.009930
Instituciones educativas km2	1122	0.1728	0.3388639	0	5.9412

Tabla 7. Índice operacional para los municipios de Colombia 2019

Variable	obs	media	desv	min	max
Inversión en personal per capita	1122	0.14618	0.1087623	0	1.94725
Inversión en personal km2	1122	25.420	152.266	0	3437.483

Inversión en capital humano per capita	1122	388773	141131.2	0	1235182
Inversión en capital humano km2	1122	63751022	325363438	0	6163522335
Inversión cultura y deporte per capita	1122	16153	17654.1	0	206608
Inversión cultura y deporte km2	1122	1229871	3662947	0	75750030
Ahorro per capita	1122	0.24381	0.3471297	- 0.39152	7.43517
Ahorro km2	1122	69.773	499.0889	-39.137	11679.289
Instituciones educativas per capita	1122	0.002867	0.001875427	0	0.010024
Instituciones educativas km2	1122	0.16915	0.3121358	0	5.23529

En tercer lugar, el Índice de Violencia intenta capturar el ambiente pacífico/hostil predominante en cada municipio. Este índice se construye como un indicador sustituto de la inversión en las fuerzas armadas o el personal de las fuerzas armadas per cápita, que no pudo ser compuesto debido a la falta de datos a nivel municipal. Por lo tanto, se recopilaron algunas de las variables más importantes proporcionadas por la base de datos de los procesos de la fiscalía . Cada variable representa cualquier episodio de violencia dentro de los municipios.

- Estadísticos descriptivos índice violencia para los municipios de Colombia

Tabla 8. Índice violencia para los municipios de Colombia 2011

Variable	obs	Media	desv	min	Max
Amenazas	1122	61.48	62.53	0	528.36
Contra familia	1122	142.86	127.87	0	795.38
Delitos Sexuales	1122	61.99	49.28	0	595.83
Desaparición forzada	1122	8.311	18.023	0	285.080
Desplazamiento	1122	10.18	24.17	0	359.46
Homicidio	1122	12.50375	15.67	0	123.355
Injuria y calumnia	1122	50.58	52.81	0	369.69
Lesiones personales	1122	206.67	164.35	0	912.87
Lesiones personales culposas	1122	44	58.90	0	478.573
Violencia intrafamiliar	1122	72.79	86.06	0	858.44

Tabla 9. Índice violencia para los municipios de Colombia 2019

Variable	Obs	media	desv	min	max
Amenazas	1121	93.01	7.63	0	833.33
Contra familia	1121	91.45	0.000828	0	552.92
Delitos Sexuales	1121	92.45	0.000556	0	367.89
Desaparición forzada	1121	5.17	0.000122	0	179.011
Desplazamiento	1121	17.04	0.000361	0	548.752

Homicidio	1121	20.51	0.000235	0	272.93
Injuria y calumnia	1121	72.80	0.000739	0	1291.67
Lesiones personales	1121	188.19	0.00127	0	791.48
Lesiones personales culposas	1121	52.4	0.000588	0	485.8
Violencia intrafamiliar	1121	122.01	0.00106	0	764.40

Las variables clave utilizadas en este índice, a saber, fe pública, estafa, personas y bienes protegidos, reclutamiento, régimen constitucional y seguridad pública, se han extraído minuciosamente de la base de datos abiertos de la Fiscalía. Estas variables reflejan aspectos críticos de la capacidad estatal y son fundamentales para comprender el desempeño y la efectividad de las instituciones gubernamentales en Colombia. La fe pública destaca la confianza que la sociedad tiene en las instituciones estatales, mientras que la variable de estafa arroja luz sobre la integridad en las transacciones y la protección de los ciudadanos contra el fraude.

La seguridad pública mide la capacidad del Estado para garantizar un entorno seguro, y el reclutamiento se refiere a la movilización eficaz de recursos humanos. Además, el régimen constitucional evalúa la consistencia y el respeto por las leyes fundamentales que rigen el país, y la variable de personas y bienes protegidos analiza la capacidad del Estado para salvaguardar a sus ciudadanos y sus activos. Estas variables, extraídas de la base de datos de la Fiscalía, ofrecen una visión valiosa de diversos aspectos de la capacidad estatal en Colombia.

Para la construcción del índice, se llevó a cabo un proceso riguroso de selección de variables a partir de una lista inicial de 31 variables. Esta selección se basó en un análisis detallado de la matriz de correlaciones entre todas las variables, con el objetivo de identificar aquellas que estaban más estrechamente relacionadas con la dimensión de interés. A través de este proceso, se logró reducir la lista de variables a un conjunto más pequeño y relevante que capturaba de manera efectiva la esencia de la capacidad estatal en el contexto específico del estudio. Esta metodología de selección garantizó que las variables incluidas en el índice estuvieran altamente interconectadas y fueran representativas de la capacidad estatal que se buscaba medir, lo que a su vez mejoró la calidad y la precisión de los resultados obtenidos.

- Estadísticos descriptivos índice burocrático para los municipios de Colombia

Tabla 10. Índice burocrático para los municipios de Colombia 2011

Variable	Obs	media	desv	min	Max
Fe pública		10.785	17.61998	0	192.632
Estafa		22.79	31.00859	0	461.30
Personas y bienes protegidos		2.768	12.64943	0	243.595
Reclutamiento		1.371	5.575462	0	72.497
Régimen constitucional		5.705	18.05631	0	293.636

Seguridad pública		10.55	27.36071	0	462.23
-------------------	--	-------	----------	---	--------

Tabla 11. Índice burocrático para los municipios de Colombia 2019

Variable	Obs	media	desv	min	max
Fe pública		20.76	26.75593	0	229.13
Estafa		36.507	38.97395	0	265.953
Personas y bienes protegidos		6.281	27.63871	0	512.473
Reclutamiento		1.009	3.850887	0	48.239
Régimen constitucional		2.02	8.187845	0	101.735
Seguridad pública		8.763	18.32503	0	275.442

CORRELACIONES

Además, se construyen las correlaciones entre las variables que componen cada índice. Las siguientes tablas incluyen los índices fiscales, operativos, violencia y burocrático. Existen correlaciones débiles entre el desempeño fiscal y las demás variables, especialmente con los Ingresos por Recursos Propios, presumiblemente debido a que esta variable aumenta como proporción del ingreso total. Como era de esperar, los Ingresos por Recursos Propios están positiva y

fuertemente correlacionados con la Independencia Fiscal y el Ingreso total per cápita, en parte debido a los mayores ingresos recaudados a nivel municipal.

- Índice fiscal

Tabla 12. Correlaciones del Índice Fiscal 2011

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Ingreso per cápita	1.000			
(2) Ingreso propio	0.7342274	1.000		
(3) Independencia fiscal	0.6309759	0.8010913	1.000	
(4) Desempeño fiscal	0.2874145	0.3433619	0.414963	1.000

Tabla 13. Correlaciones del Índice Fiscal 2019

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Ingreso per cápita	1.000			
(2) Ingreso propio	0.6986539	1.000		
(3) Independencia fiscal	0.3775976	0.6992178	1.000	
(4) Desempeño fiscal	0.2218630	0.6992178	0.4610965	1.000

Por otro lado, el índice operativo tiene la particularidad de mostrar correlaciones fuertes entre las variables por km² y correlaciones bajas y negativas con las variables per cápita. Otro aspecto destacado es que el ahorro per cápita tienen correlaciones débiles con cada variable, aunque son mayores en el último año del estudio. Esto podría deberse a una mejor gestión de los recursos fiscales

para los años venideros. No hay una buena explicación para la correlación débil o negativa de las variables per cápita entre las demás variables.

- Índice operacional

Tabla 14. Correlaciones del Índice Operacional 2011

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Inversión en personal per cápita	1.00									
Inversión en personal km2	0.045	1.00								
Inversión en capital humano per cápita	0.056	0.007	1.00							
Inversión en capital humano km2	-0.009	0.835	0.105	1.00						
Inversión cid per cápita	0.153	-0.062	0.378	-0.092	1.00					
Inversión cyd km2	0.02	0.881	0.016	0.864	0.039	1.00				
Ahorro per cápita	-0.663	0.105	0.005	0.055	0.157	0.151	1.00			
Ahorro km2	0.007	0.954	0.006	0.832	-0.063	0.849	0.182	1.00		
Instituciones educativas per cápita	0.107	-0.169	0.256	-0.196	0.497	-0.195	-0.16	-0.160	1.00	
Instituciones educativas	0.012	0.802	0.026	0.932	-0.093	0.882	0.078	0.803	-0.199	1.00

s km2										
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 15. Correlaciones del Índice Operacional 2019

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Inversión en personal per cápita	1.00									
Inversión en personal km2	0.154	1.00								
Inversión en capital humano per cápita	0.117	-0.033	1.00							
Inversión en capital humano km2	-0.004	0.782	0.079	1.00						
Inversión cid per cápita	0.583	-0.072	0.321	-0.094	1.00					
Inversión cid km2	0.09	0.835	0.012	0.933	0.023	1.00				
Ahorro per cápita	0.684	0.232	-0.088	0.078	0.234	0.156	1.00			
Ahorro km2	0.152	0.964	-0.0383	0.797	-0.071	0.839	0.288	1.00		
Instituciones educativas per cápita	0.258	-0.165	0.237	-0.192	0.492	-0.19	0.009	-0.156	1.00	
Instituciones educativas km2	0.028	0.777	-0.002	0.93	-0.093	0.943	0.112	0.772	-0.199	1.00

Por ejemplo, la correlación entre "amenazas_percapita" y "contra_familia_percapita" es de aproximadamente 0.339, lo que sugiere una correlación positiva débil entre estas dos variables. Esto significa que en general, cuando el número de amenazas per cápita aumenta en un municipio, también tiende a aumentar el número de casos de violencia contra la familia per cápita.

Por otro lado, la correlación entre "desaparicion_forzada_percapita" y "desplazamiento_percapita" es de aproximadamente 0.423, lo que indica una correlación positiva más fuerte entre estas dos variables. Esto sugiere que los municipios que experimentan un mayor número de desapariciones forzadas per cápita también tienden a tener un mayor número de casos de desplazamiento per cápita. Esta matriz de correlaciones proporciona información sobre cómo las variables del índice de violencia están relacionadas entre sí, lo que puede ser útil para comprender patrones y tendencias en la violencia en los municipios estudiados.

- Índice violencia

Tabla 16. Correlaciones del Índice Violencia 2011

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Amenazas	1.00									
Contra familia	0.338	1.00								
Delitos Sexuales	0.308	0.406	1.00							

Desaparición forzada	0.1795	-0.024	0.14	1.00						
Desplazamiento	0.098	-0.081	0.0518	0.423	1.00					
Homicidio	0.205	0.298	0.206	0.028	-0.039	1.00				
Injuria y calumnia	0.322	0.438	0.33	0.029	-0.068	0.129	1.00			
Lesiones personales	0.371	0.633	0.442	0.0511	-0.074	0.329	0.518	1.00		
Lesiones personales culposas	0.275	0.485	0.271	0.022	-0.051	0.454	0.288	0.517	1.00	
Violencia intrafamiliar	0.298	0.517	0.342	0.034	-0.041	0.23	0.417	0.607	0.482	1.00

Tabla 17. Correlaciones del Índice Violencia 2019

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Amenazas	1.00									
Contra familia	0.199	1.00								
Delitos Sexuales	0.231	0.262	1.00							
Desaparición forzada	0.175	-0.038	0.14	1.00						
Desplazamiento	0.188	-0.111	0.0518	0.423	1.00					
Homicidio	0.143	0.128	0.206	0.028	-0.039	1.00				

Injuria y calumnia	0.401	0.325	0.33	0.029	-0.068	0.129	1.00			
Lesiones personales	0.302	0.466	0.442	0.0511	-0.074	0.329	0.518	1.00		
Lesiones personales culposas	0.172	0.337	0.271	0.022	-0.051	0.454	0.288	0.517	1.00	
Violencia intrafamiliar	0.260	0.441	0.342	0.034	-0.041	0.23	0.417	0.607	0.482	1.00

La correlación entre "fe pública" y "estafa" es de aproximadamente 0.421, lo que sugiere una correlación positiva moderada entre estas dos variables. Esto significa que en general, cuando el número de casos de estafa per cápita aumenta en un municipio, también tiende a aumentar el número de casos de fe pública per cápita. Esto puede tener mucho sentido ya que cuando los ciudadanos caen recurrentemente en estafas pueden creer que el estado no hace mucho por protegerlos y perder la confianza ante estas entidades.

- Índice burocracia

Tabla 18. Correlaciones del Índice Burocracia 2011

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Fe pública	1.00					
Estafa	0.421	1.00				
Personas y bienes protegidos	-0.031	-0.033	1.00			
Reclutamiento	-0.049	-0.023	0.465	1.00		
Régimen constitucional	-0.001	-0.012	0.508	0.571	1.00	
Seguridad pública	0.028	0.014	0.427	0.408	0.385	1.00

Tabla 19. Correlaciones del Índice Burocracia 2019

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Fe pública	1.00					
Estafa	0.522	1.00				
Personas y bienes protegidos	-0.066	-0.066	1.00			
Reclutamiento	-0.063	-0.094	0.355	1.00		
Régimen constitucional	-0.052	-0.036	0.348	0.317	1.00	
Seguridad pública	0.02	0.041	0.273	0.207	0.276	1.00

El punto de partida es la construcción de los índices sintéticos para cada una de las categorías previamente descritas utilizando el Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés). Para mantener la simplicidad en el análisis, se van a mantener solo dos componentes; además, la regla dicta que cada eigenvalor por encima de 1 es un buen componente para conservar. En su mayoría, los dos primeros componentes capturan la mayoría de la variación. Las siguientes tablas muestran el resultado para el Índice Fiscal del PCA y la estadística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) o la medida de adecuación de la muestra que determina si otras variables en el conjunto de datos podrían explicar las correlaciones entre las variables (Mooi, Sarstedt y Mooi-Reci, 2018). Según la regla de KMO, un valor por encima de 0,7 es el umbral para ser aceptable. La presenta las estadísticas de KMO para cada año del estudio.

Como en las tablas anteriores, los resultados para el año inicial del estudio, 2011, y el año final del estudio, 2019, se mostrarán. El eigenvalor representa

cuánta varianza de las variables originales es capturada por cada componente, mientras que el eigenvector explica la correlación entre la variable y el componente.

En general, los dos primeros componentes para el Índice Fiscal capturan entre el 80% y el 90% de la variación entre las variables, como se puede ver en la Tabla lo cual es bueno. Además, el eigenvector para los dos componentes está positivamente correlacionado con el primer componente, excepto para la variable desempeño fiscal, que está más correlacionada positivamente con el segundo componente. Además, la estadística KMO para cada año está por encima de 0,7, lo que significa que los componentes tienen variables lo suficientemente correlacionadas, lo que indica que el PCA para el Índice Fiscal es válido.

COMPONENTES PRINCIPALES

- Índice fiscal

Tabla 20. PCA Índice Fiscal 2011

	inertia	cum	cum(%)
Componente 1	2.6662	2.666	66.65
Componente 2	0.7949	3.461	86.53
Componente 3	0.3639	3.825	95.62
Componente 4	0.1750	4.000	100.00

Tabla 21. PCA Índice Fiscal 2011. Componentes

	Componente 1	Componente 2
Ingreso per cápita	-0.5148295	0.30269934
Ingreso propio	-0.5617805	0.22465422
Independencia fiscal	-0.5501490	0.06118819
Desempeño fiscal	-0.3415981	-0.92420755

Como ayuda grafica para la selección de componentes se utiliza el método del codo. A continuación se presenta la gráfica para el índice fiscal en el año 2011.

Figura 7. Gráfica codo índice Fiscal 2011.

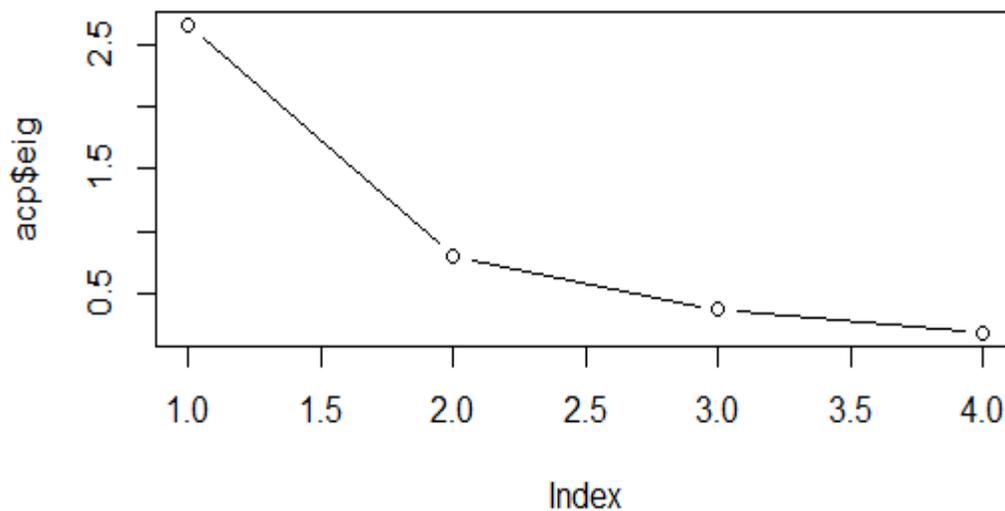


Tabla 22. PCA Índice Fiscal 2019

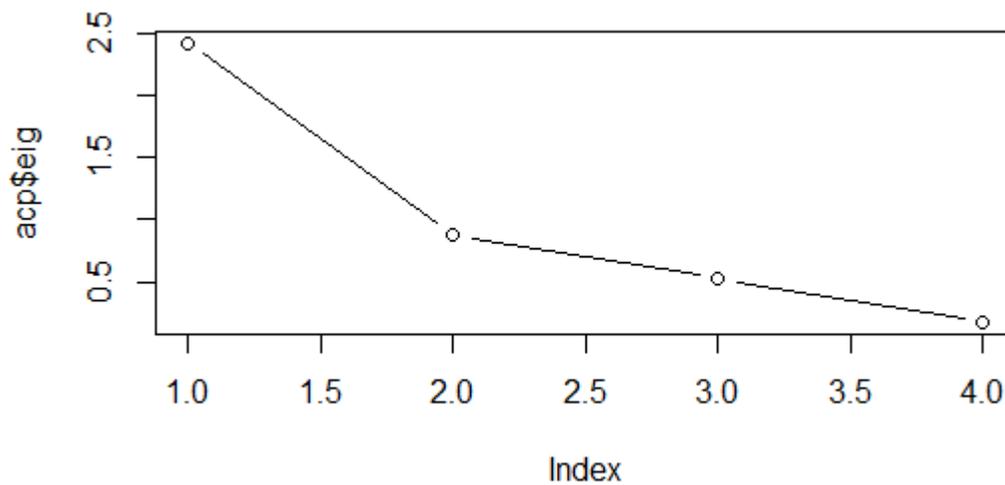
	inertia	cum	cum(%)
Componente 1	2.4228	2.423	60.57
Componente 2	0.8774	3.300	82.50

Componente 3	0.5265	3.827	95.67
Componente 4	0.1734	4.000	100.00

Tabla 23. PCA Índice Fiscal 2019. Componentes

	Componente 1	Componente 2
Ingreso per cápita	-0.4857825	0.5120191
Ingreso propio	-0.5812942	0.2780177
Independencia fiscal	-0.5355580	-0.2211966
Desempeño fiscal	-0.3732158	-0.7820580

Figura 8. Gráfica codo índice Fiscal 2019



El Gráfico presenta las cargas de componentes para el índice fiscal en 2011 y 2019. Estas cargas implican la dirección en la que cada variable está correlacionada con cada componente. En este sentido, podemos llamar a la

agregación de variables en términos de los componentes como PC1Fiscal el factor de Ingresos Municipales y PC2Fiscal el factor de desempeño fiscal.

Figura 9. Círculo de Correlaciones 2011

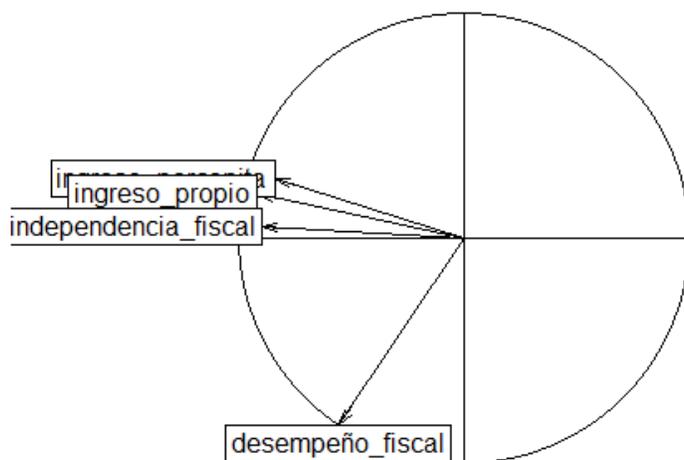
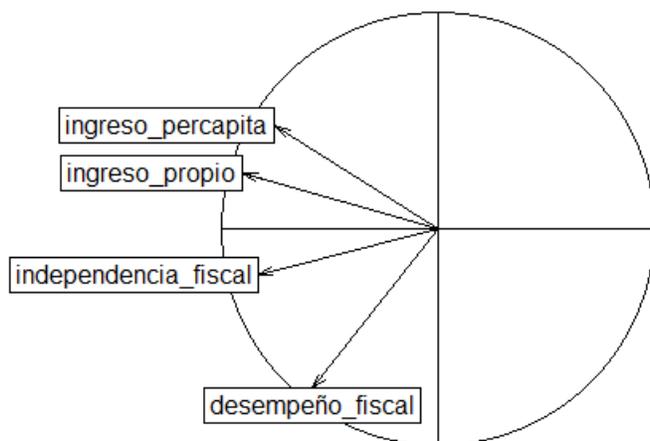


Figura 10. Círculo de Correlaciones 2019



De manera similar, los resultados para el segundo índice, el Índice Operativo, también muestran una fuerte captura de variabilidad por los dos primeros componentes, un 63% para 2011 y un 79% para 2019, como se

muestra en la Tabla. Dado que el tercer componente tiene un valor propio de 1,66 se considera necesario agregarlo al análisis. Por lo tanto, es preferible mantener este tercer componente.

- Índice operacional

Tabla 24. PCA Índice Operacional 2011

	Inertia	Cum	Cum %
componente 1	4.5311	4.531	45.31
componente 2	1.787	6.319	63.19
componente 3	1.644	7.963	79.63
componente 4	0.7628	8.726	87.26
componente 5	0.534	9.26	92.6
componente 6	0.332	9.592	95.92
componente 7	0.209	9.802	98.02
componente 8	0.107	9.91	99.1
componente 9	0.056	9.996	99.6
componente 10	0.033	10	100

Tabla 25. PCA Índice Operacional 2011. Componentes

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Inversión en personal per cápita	4.5311	4.531	45.31
Inversión en personal km2	1.787	6.319	63.19
Inversión en capital humano per cápita	1.644	7.963	79.63
Inversión en capital humano	0.7628	8.726	87.26

km2			
Inversión cyd per cápita	0.534	9.26	92.6
Inversión cyd km2	0.332	9.592	95.92
Ahorro per cápita	0.209	9.802	98.02
Ahorro km2	0.107	9.91	99.1
Instituciones educativas per cápita	0.056	9.996	99.6
Instituciones educativas km2	0.033	10	100

Cada dimensión tiene su propio valor de inercia, que representa cuánta variación de los datos se captura en esa dimensión. El valor de inercia acumulativa se refiere a la suma acumulativa de la inercia de las dimensiones anteriores. Por ejemplo, la dimensión "Componente 1" captura el 45.31% de la variación total de los datos, mientras que las dos primeras dimensiones, "Componente 1" y "Componente 2", juntas capturan el 63.19% de la variación total. A medida que avanzamos en las dimensiones, la cantidad de variación capturada disminuye gradualmente.

En este caso, las primeras cuatro dimensiones explican el 87.26% de la variación total, lo que sugiere que estas dimensiones son las más importantes para comprender la estructura de los datos en el ACP. Sin embargo con la ayuda de la gráfica del codo se decide seleccionar 3 componentes, además de facilitar su interpretación.

Figura 11. Gráfica codo índice Operacional 2011

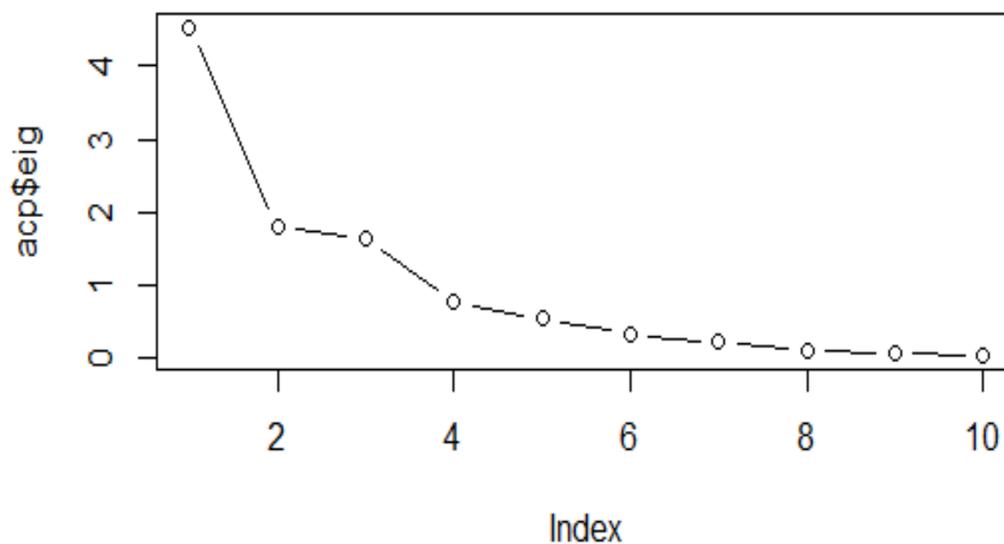


Tabla 26. PCA Índice Operacional 2019

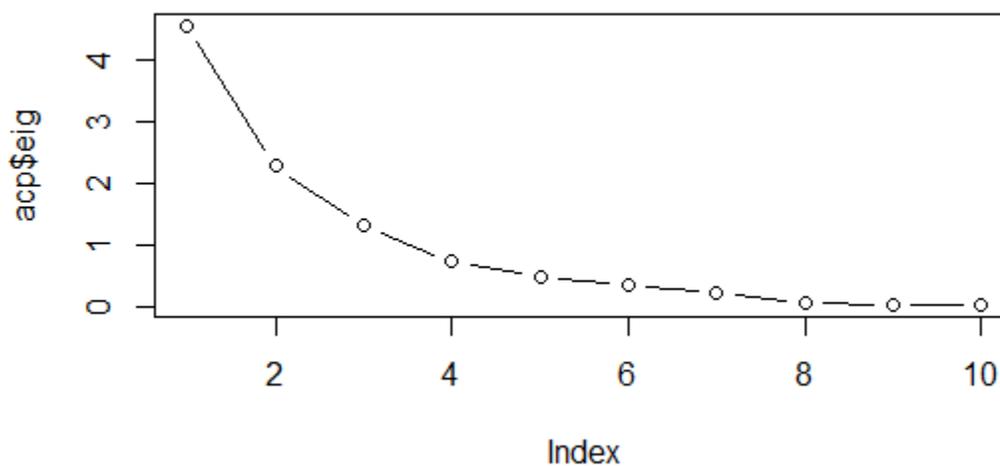
	Inertia	Cum	Cum %
componente 1	4.5413	4.541	45.41
componente 2	2.271	6.813	68.13
componente 3	1.307	8.121	81.21
componente 4	0.721	8.842	88.42
componente 5	0.48	9.323	93.23
componente 6	0.335	9.659	96.59
componente 7	0.21	9.869	98..69
componente 8	0.067	9.936	99.36
componente 9	0.035	9.972	99.72
componente 10	0.028	10	100

Tabla 27. PCA Índice Operacional 2019. Componentes

	Componente	Componente	Componente
--	------------	------------	------------

	1	2	3
Inversión en personal per cápita	-0.06	-0.574	-0.279
Inversión en personal km2	-0.435	-0.024	-0.028
Inversión en capital humano per cápita	0.009	-0.229	0.616
Inversión en capital humano km2	-0.438	0.054	0.173
Inversión cyd per cápita	0.036	-0.548	0.215
Inversión cyd km2	-0.451	-0.008	0.102
Ahorro per cápita	-0.117	-0.402	-0.553
Ahorro km2	-0.437	-0.034	-0.049
Instituciones educativas per cápita	0.113	-0.382	0.365
Instituciones educativas km2	-0.437	0.05	0.11

Figura 12. Gráfica codo índice Operacional 2019



De acuerdo a los valores de los vectores y valores propios las categorías pueden ser nombradas como pc1operativa las cuales son variables relacionadas

con la inversión en educación. la segunda componente pc2operativa reúne variables de inversión y ahorro en km2. Finalmente la tercera componente reúne variables de inversión y ahorro pero per cápita

Figura 13. Círculo de Correlaciones 2011

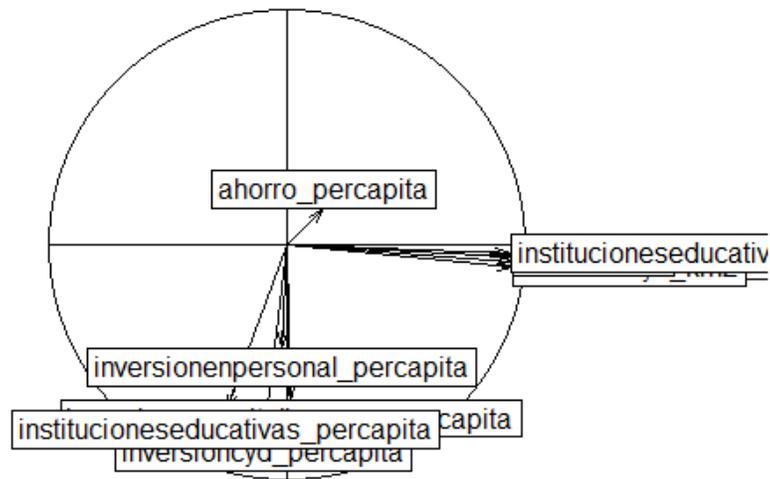
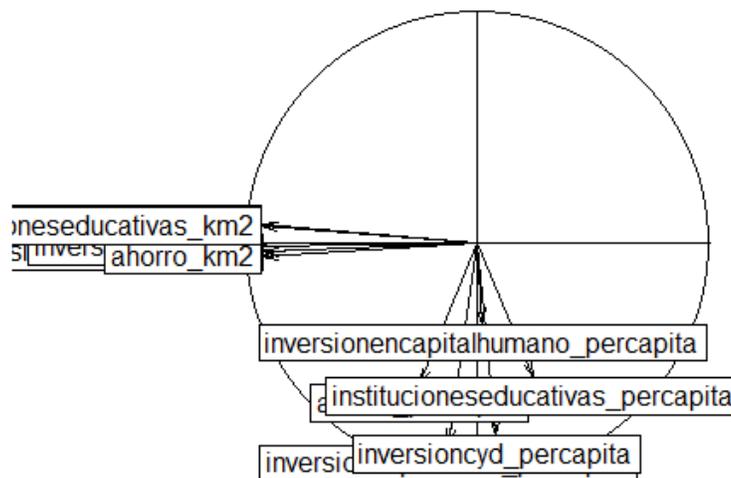


Figura 14. Círculo de Correlaciones 2019



El primer eje principal (Componente 1) captura una inercia de 3.7108, lo que significa que representa aproximadamente el 37.11% de la variabilidad total en los datos.

El segundo eje principal (Componente 2) contribuye con 1.5087 de inercia, llegando a un total acumulado del 52.19%.

Este patrón continúa para los ejes siguientes, donde cada uno contribuye con una cantidad de inercia y aumenta gradualmente el porcentaje acumulado. Estos resultados indican cómo se distribuye la variabilidad en los datos originales entre los diferentes ejes principales del PCA. Los primeros ejes principales suelen capturar la mayor parte de la variabilidad, lo que los hace importantes para reducir la dimensionalidad de los datos mientras se conserva la información más relevante.

- INDICE DE VIOLENCIA

Tabla 28. PCA Índice Violencia 2011

	Inertia	Cum	Cum %
componente 1	3.710	3.711	37.11
componente 2	1.508	5.219	52.19
componente 3	0.998	6.218	62.18
componente 4	0.727	6.945	69.45
componente 5	0.689	7.635	76.35
componente 6	0.589	8.224	82.24

componente 7	0.556	8.78	87.8
componente 8	0.458	9.239	92.39
componente 9	0.436	9.675	96.75
componente 10	0.325	10	100

Tabla 29. PCA Índice Violencia 2011. Componentes

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Amenazas	-0.287	-0.242	0.108
Contra familia	-0.406	0.1	0.065
Delitos Sexuales	-0.312	-0.156	0.19
Desaparición forzada	-0.050	-0.670	-0.058
Desplazamiento	0.024	-0.665	-0.082
Homicidio	-0.254	0.048	-0.738
Injuria y calumnia	-0.333	0.033	0.446
Lesiones personales	-0.438	0.05	0-086
Lesiones personales culposas	-0.364	0.08	-0.418

Violencia intrafamiliar	-0.386	0.05	0.096
-------------------------	--------	------	-------

Con ayuda de la gráfica del codo se seleccionaron tres componentes para la conformación del índice de violencia. Los componentes quedaron conformados de acuerdo a los vectores propios de la siguiente manera: La primera componente reúne variables asociadas a la violencia intrafamiliar e intrapersonal, por lo cual se llama violencia doméstica. La segunda componente reúne variables relacionadas con la violencia rural, estas son desaparición forzada y desplazamiento. Finalmente la tercer componente reúne variables relacionadas con la cultura de la violencia y la intolerancia, estas son Homicidio, injuria y calumnia y lesiones personales culposas.

Figura 15. Gráfica codo índice Violencia 2011

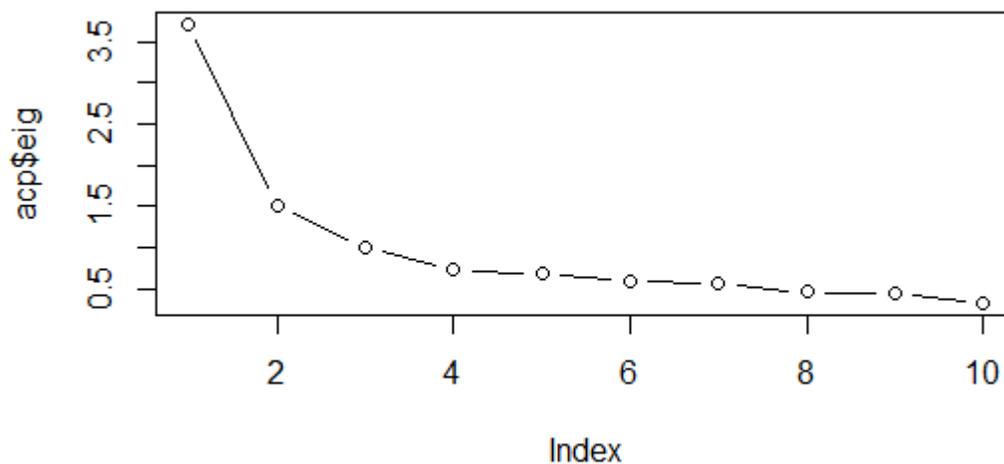


Tabla 30. PCA Índice Violencia 2019

	Inertia	Cum	Cum %
componente 1	3.321	3.322	33.22
componente 2	1.531	4.854	48.54
componente 3	1.01	5.864	58.64
componente 4	0.845	6.709	67.09
componente 5	0.72	7.43	74.3
componente 6	0.655	8.085	80.85
componente 7	0.581	8.667	86.67
componente 8	0.523	9.19	91.9
componente 9	0.409	9.599	95.99
componente 10	0.4	10	100

Tabla 31. PCA Índice Violencia 2019. Componentes

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Amenazas	-0.265	0.4	0.24
Contra familia	-0.351	-0.083	0.107
Delitos Sexuales	-0.291	0.122	0.196

Desaparición forzada	0.008	-0.610	-0.021
Desplazamiento	0.085	0.635	0.008
Homicidio	-0.197	0.16	-0.823
Injuria y calumnia	-0.392	-0.004	0.191
Lesiones personales	-0.446	-0.059	0.024
Lesiones personales culposas	-0.373	-0.096	-0.392
Violencia intrafamiliar	-0.427	-0.048	0.15

Figura 16. Gráfica codo índice Violencia 2019

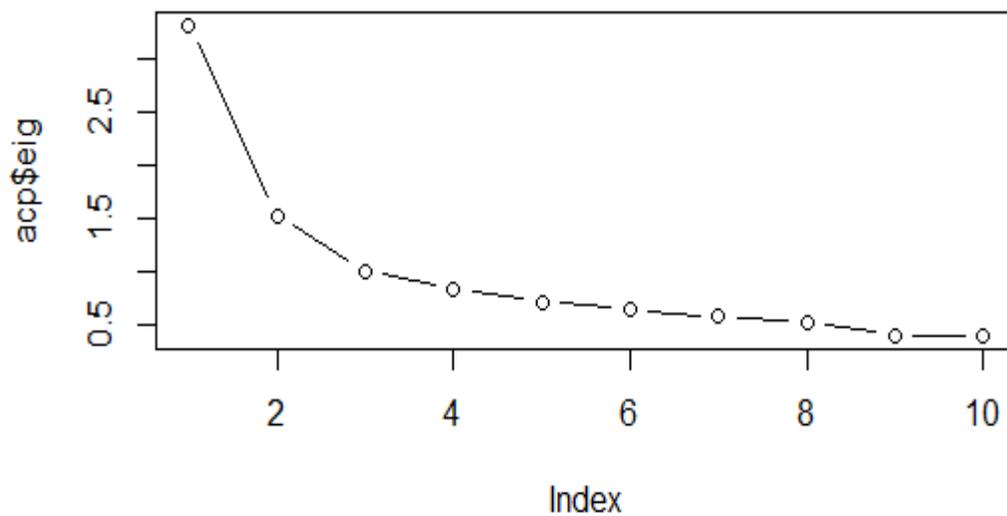


Figura 17. Círculo de Correlaciones 2011

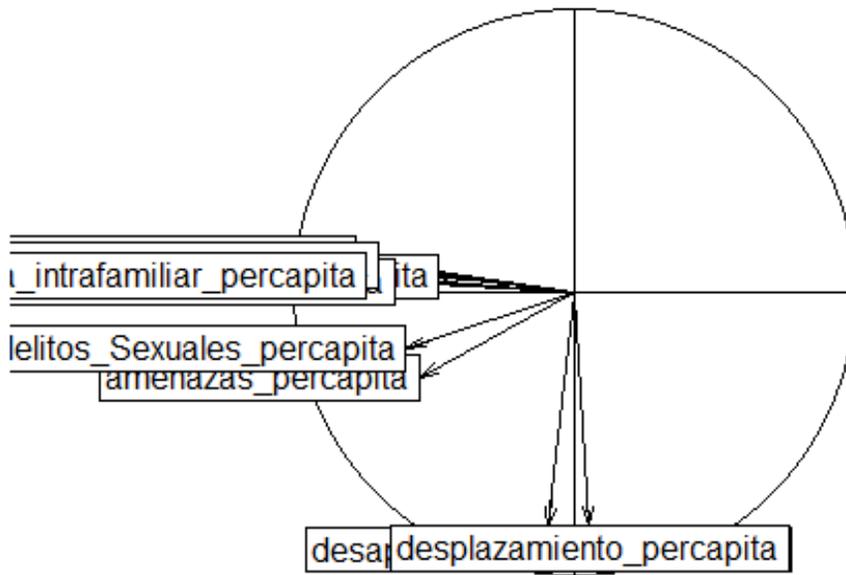
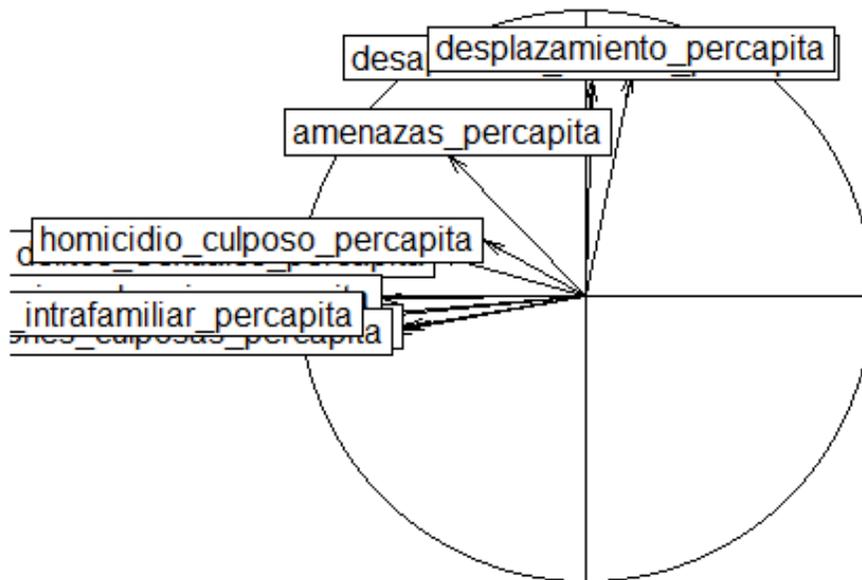


Figura 18. Círculo de Correlaciones 2019



- INDICE BUROCRACIA

El primer componente principal, captura una inercia de 2.3903, lo que significa que explica aproximadamente el 39.84% de la variabilidad total en el índice burocrático. A medida que avanzamos a través de los componentes, cada uno explica una cantidad decreciente de variabilidad. Por ejemplo, el segundo componente principal, agrega una inercia adicional de 1.4245, lo que significa que junto con el componente 1, los dos primeros componentes explican aproximadamente el 63.58% de la variabilidad total.

El objetivo principal de este análisis de inercia es determinar cuántos componentes principales deben retenerse en el PCA. En este caso, los dos primeros componentes explican la mayoría de la variabilidad en el índice burocrático, lo que sugiere que podrían ser suficientes para resumir los datos.

Tabla 32. PCA Índice Burocracia 2011

	Inercia	Cum	Cum(%)
componente 1	2.39	2.39	39.84
componente 2	1.42	3.81	63.58
componente 3	0.65	4.47	74.51
componente 4	0.57	5.05	84.17
componente 5	0.534	5.584	93.07
componente 6	0.415	6.00	100.00

Tabla 33. PCA Índice Burocracia 2011. Componentes

	componente 1	componente 2
Fe pública	0.03	0.705
Estafa	0.03	0.703
Personas y bienes protegidos	-0.504	-0.005
Reclutamiento	-0.517	-0.011
Régimen constitucional	-0.522	0.028
Seguridad pública	-0.45	0.08

Figura 19. Gráfica codo índice Violencia 2011

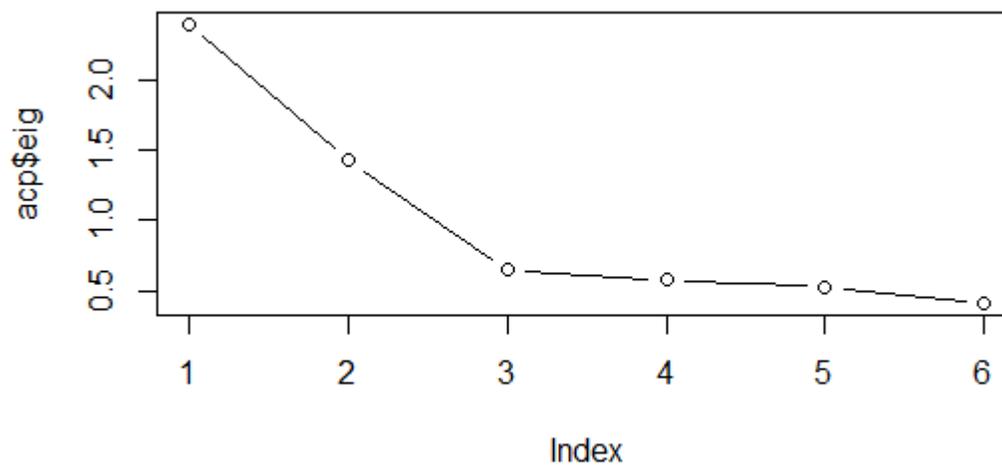


Tabla 34. PCA Índice Burocracia 2019

	Inertia	Cum	Cum(%)

componente 1	1.932	1.932	32.2
componente 2	1.504	3.436	57.27
componente 3	0.788	4.225	70.41
componente 4	0.668	4.893	81.55
componente 5	0.632	5.525	92.09
componente 6	0.474	6.00	100.00

Tabla 35. PCA Índice Burocracia 2019. Componentes

	componente 1	componente 2
Fe pública	0.203	-0.665
Estafa	0.202	-0.671
Personas y bienes protegidos	-0.519	-0.116
Reclutamiento	-0.491	-0.071
Régimen constitucional	-0.499	-0.149
Seguridad pública	-0.396	-0.256

Figura 20. Gráfica codo índice Burocracia 2019

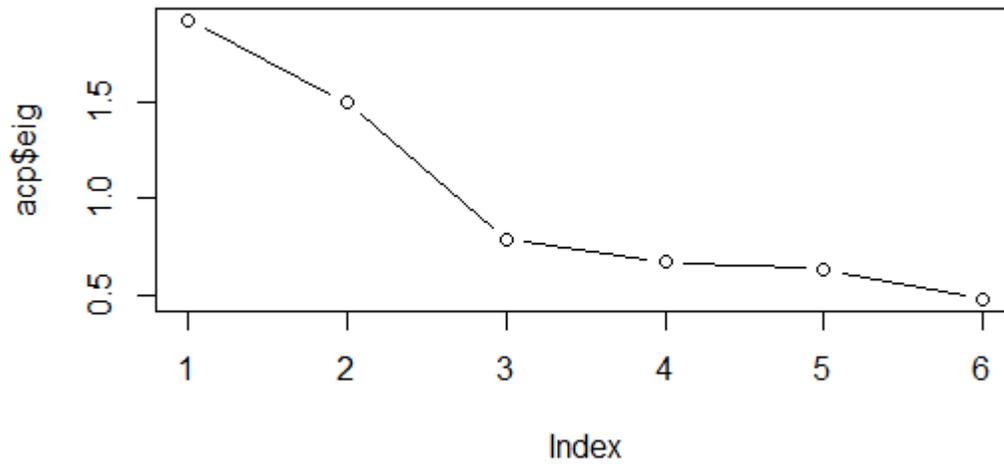


Figura 21. Círculo de Correlaciones 2011

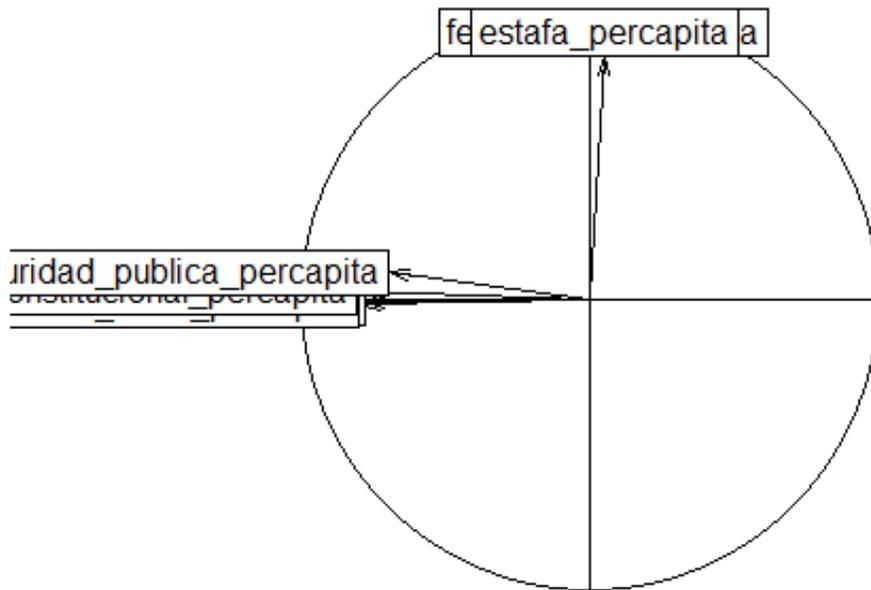
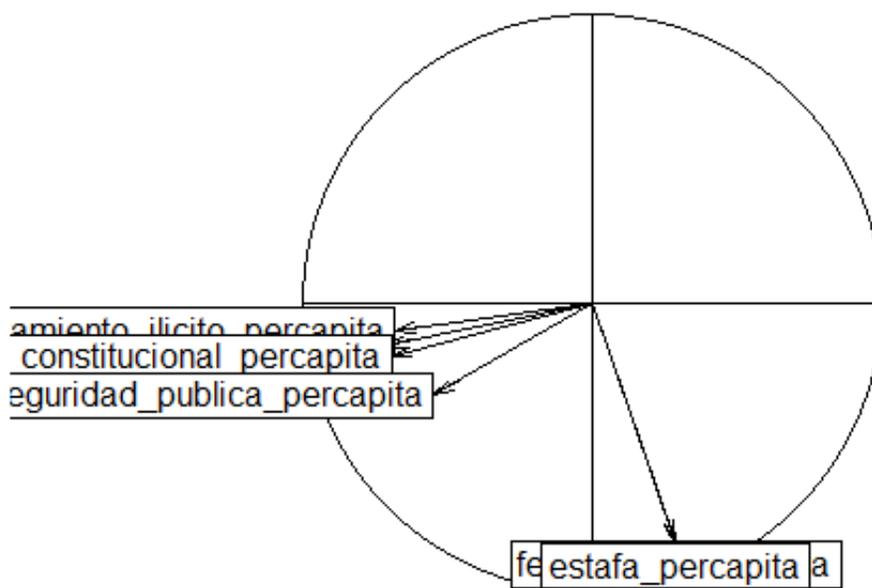


Figura 22. Círculo de Correlaciones 2019



- **MODELOS**

En el contexto del análisis de las capacidades del estado a nivel municipal, que se desglosan en cuatro índices principales: índice fiscal, índice operativo, índice de violencia e índice burocrático, el proceso de selección del mejor modelo es esencial para comprender cómo estos índices contribuyen al desarrollo en dichas áreas. La selección del mejor modelo es un paso crítico que ayuda a determinar cuáles de las variables predictoras son más relevantes para explicar las variaciones en el desarrollo municipal.

Para llevar a cabo este proceso, se utiliza la técnica estadística de un modelo de regresión lineal generalizada. Se construyen varios modelos, cada uno con diferentes combinaciones de variables predictoras de los índices mencionados. Luego, se evalúa el rendimiento de cada modelo utilizando medidas

como el AIC (Criterio de Información de Akaike) para determinar qué modelo proporciona el mejor ajuste a los datos.

El objetivo es identificar el modelo que tenga el menor valor AIC, lo que indica que es el que mejor se ajusta a los datos sin una complejidad excesiva. Además, se deben considerar las estadísticas de significancia de los coeficientes de las variables predictoras en cada modelo para determinar cuáles son estadísticamente significativas para explicar el desarrollo municipal.

El proceso de selección del mejor modelo en el contexto de estos cuatro índices de capacidades del estado implica construir y evaluar varios modelos estadísticos para determinar cuáles variables son las más importantes para explicar el desarrollo a nivel municipal. Esto ayuda a los analistas a comprender mejor las relaciones y los factores clave que influyen en el desarrollo en estas áreas y a tomar decisiones informadas para mejorar las políticas y la toma de decisiones a nivel municipal.

Tabla 36. Modelos propuestos

Modelo	AIC	Número de variables
Modelo1 = NTL_mean ~ ingresos fiscales + inversión en educación + inversión y ahorro km2 + inversión y ahorro per cápita + violencia doméstica + violencia rural + intolerancia + seguridad y protección estatal + confianza institucional	AIC=6374.6	9
Modelo2 = NTL_mean ~ ingresos fiscales + inversión en educación + inversión y ahorro km2 + violencia	AIC=6371.2	6

doméstica + violencia rural + confianza institucional		
Modelo3 = NTL_mean ~ ingresos fiscales + inversión en educación + inversión y ahorro km2 + violencia doméstica + violencia rural + confianza institucional + desempeño fiscal	AIC=6324.9	7

El AIC es un indicador de la calidad del modelo y la cantidad de información que proporciona. Un valor AIC más bajo sugiere un mejor ajuste del modelo. En este caso, el valor del AIC del modelo 3 es de 6324.9, por tal motivo se selecciona como el mejor modelo.

Tabla 37. Estimadores del modelo 3.

coeficiente	estimador	std.error	t value	Pr(> t)
intercepto	3.435	1.111	3.091	0.00205
Ingreso fiscal	-0.805	0.115	-6.977	5.32e-12
Inversión en educación	2.15	0.071	29.996	< 2e-16
inversión y ahorro km2	1.86	0.145	12.794	< 2e-16
violencia doméstica	-0.158	0.098	-1.607	0.10844
violencia rural	0.75	0.117	6.375	2.73e-10
confianza institucional	0.976	0.157	6.211	7.56e-10
desempeño fiscal	0.016	0.016	0.973	0.33091

La salida del modelo glm (Modelo de Regresión Lineal Generalizada) proporciona información esencial sobre la relación entre la variable de respuesta NTL_mean (promedio de medida de luminosidad nocturna) y las variables predictoras en el modelo.

Los coeficientes representan las estimaciones de cómo cada variable predictora afecta la variable de respuesta NTL_mean. Cada coeficiente tiene un valor estimado, un error estándar, un valor t y un valor p. Los coeficientes significativos se indican con asteriscos (*). Por ejemplo, el coeficiente para "ingreso_fiscal" es -0.80563, lo que significa que un aumento en el ingreso fiscal se asocia con una disminución promedio de 0.80563 unidades en NTL_mean.

Los valores desviación nula y desviación residual se utilizan para evaluar la bondad de ajuste del modelo. La desviación nula mide la desviación total cuando no se incluyen las variables predictoras, mientras que la desviación residual (Residual deviance) mide la desviación después de ajustar el modelo. Una disminución significativa en la desviación residual indica que el modelo explica una cantidad sustancial de variabilidad en los datos.

En resumen, este análisis de regresión lineal generalizada sugiere que las variables "ingreso_fiscal", "cp1opera", "cp2opera", "cp2vio", "cp2buro" son estadísticamente significativas para predecir NTL_mean. Sin embargo, la variable "año2011\$desempeño_fiscal" no parece ser significativa en este modelo, ya que su valor p es alto.

CONCLUSIONES

En esta investigación, se exploró la relación entre las capacidades del estado a nivel municipal en Colombia y su impacto en el desarrollo económico, utilizando un enfoque multidimensional que abarcó cuatro índices principales: Fiscal, Operativo, Violencia y Burocracia. Estos índices se crearon a partir de datos obtenidos de diversas fuentes, incluyendo el Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE) de la Universidad de los Andes y la Fiscalía, y se utilizaron para evaluar cómo factores como la autonomía fiscal, el desempeño operativo la violencia y la eficiencia burocrática afectan el desarrollo económico a nivel municipal en Colombia.

Uno de los hallazgos más destacados de este estudio es la importancia de la capacidad fiscal de los municipios como factor determinante en el desarrollo económico. Se observó una relación positiva entre la autonomía fiscal y el crecimiento económico, lo que sugiere que los municipios con una mayor capacidad para generar ingresos locales experimentaron un desarrollo económico más sólido. Además, el desempeño operativo, tanto per cápita como por kilómetro cuadrado, se relacionó positivamente con el desarrollo económico, lo que subraya la importancia de la inversión en capital físico como catalizador del crecimiento económico.

Otro aspecto clave de este estudio fue la evaluación de la violencia y su impacto en el desarrollo económico. Los resultados revelaron que los municipios con mayores tasas de violencia doméstica y rural experimentaron un menor

desarrollo económico. Esto sugiere que la violencia tiene efectos perjudiciales tanto en el bienestar social como en el desarrollo económico de las regiones, lo que enfatiza la necesidad de políticas destinadas a abordar esta problemática.

El análisis de la eficiencia burocrática en los municipios también arrojó resultados interesantes. Se encontró una correlación positiva entre la confianza institucional y el desarrollo económico, lo que sugiere que la percepción de la calidad de las instituciones gubernamentales desempeña un papel importante en la promoción del crecimiento económico. Además, el desempeño fiscal, aunque débilmente correlacionado con otras variables, también influyó en el desarrollo económico de los municipios.

Esta investigación resalta la complejidad de los factores que influyen en el desarrollo económico a nivel municipal en Colombia. Si bien las capacidades fiscales y operativas del estado juegan un papel fundamental en el crecimiento económico, también es esencial abordar la violencia y mejorar la eficiencia burocrática para promover un desarrollo económico sostenible y equitativo en el país. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones, ya que sugieren que se deben implementar estrategias integrales que aborden tanto las capacidades estatales como la seguridad y la calidad de las instituciones.

En última instancia, esta investigación proporciona una base sólida para futuros estudios y esfuerzos destinados a promover el desarrollo económico y la prosperidad en Colombia. Abordar estos desafíos requerirá un enfoque multidimensional y colaborativo que involucre a gobiernos locales, regionales y nacionales, así como a la sociedad civil y el sector privado.

REFERENCIAS

Acemoglu, D. y Robinson, JA (2012). Por qué fracasan las naciones: los orígenes del poder, la prosperidad y la pobreza. Negocio de la Corona.

Bonet-Morón, J., Pérez-Valbuena, G., & Montero-Mestre, J. (2018). Las finanzas públicas territoriales en Colombia: dos décadas de cambios.

Cárdenas, M. (2010). La paradoja colombiana: un país más educado, más violento. Ediciones Uniandes.

Castro, JF y Robledo, JR (2016). Estudio de las relaciones entre las capacidades estatales y el desarrollo económico en Colombia (Informe Técnico No. 261). Universidad de los Andes, Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE).

Mann, M. (1984). El Poder Autónomo del Estado: Sus Orígenes, Mecanismos y Resultados. Revista Europea de Sociología, 25(2), 185-213.

Matt Lowe. (sin fecha). Luces nocturnas y ArcGIS: una breve guía. URL:
<https://www.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=e0bc26a08d154aaba5a99fbaf64b1b8c>

Mooi, E., Sarstedt, M. y Mooi-Reci, I. (2018). Investigación de mercado: el

proceso, los datos y los métodos que utilizan Stata. Saltador.

Norte, DC (1990). Instituciones, cambio institucional y desempeño económico. Prensa de la Universidad de Cambridge.

Perry, G., García, P. y Jiménez, W. (2014). Capacidad del Estado en América Latina. Publicaciones del Banco Mundial.

Perry, G., García, A. y Jiménez, G. (2014). Descentralización y Gobiernos Locales en Colombia. Banco Interamericano de Desarrollo.

Sánchez-Torres, J., & Pachón, M. (2013). Gobernanza municipal y capacidades estatales en Colombia. Publicaciones del Banco Mundial.

Tabachnick, BG y Fidell, LS (2019). Uso de estadística multivariada. Pearson.

Centro Nacional de Datos Geofísicos. (sin fecha). Datos de Luces Nocturnas.

URL: <https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>

Acemoglu, D., García-Jimeno, C. y Robinson, JA (2015). Capacidad estatal y desarrollo económico: un enfoque de red. Revista Electrónica SSRN.

Müller, D. (2004). Regresión lineal generalizada. Revista Colombiana de Estadística, 27(1), 1-14.