

Incidencia de las transferencias de recursos nacionales en los indicadores de crecimiento local y empresarial en el departamento de Santander.

Nixon James Son Galeano

Esteban Gañan Ávila

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Industrial

Director

Vlakxmir Robles Marín

Magister en Ingeniería

Codirector

Aura Cecilia Pedraza Avella

PhD. Ciencias Económicas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2023

Tabla de Contenido

Introducción	16
1 Generalidades de la Investigación	19
1.1 Objetivos.....	19
1.1.1 Objetivo general.....	19
1.1.2 Objetivos específicos	19
1.2 Metodología	20
1.2.1 Fase I. Desarrollar una revisión de literatura científica y análisis web sobre el tema a tratar.	21
1.2.2 Fase II. Formular un modelo estadístico.....	21
1.2.3 Fase III. Analizar la relación entre las transferencias de recursos nacionales y el crecimiento económico.	22
1.2.4 Fase IV. Documentación.....	22
2 Revisión de literatura	23
2.1 Análisis Bibliométrico	23
2.1.1 Scopus.....	23
2.1.2 Web of Science	30
2.1.3 Análisis de la literatura	35
3 Planteamiento del problema.....	47
3.1 Pregunta de investigación	50
4 Marco de antecedentes	51
4.1 Marco teórico	53
4.1.1 Modelos Lineales de Efectos Mixtos	53

4.1.2	Análisis de componentes principales	63
4.1.3	Sistema general de participaciones (SGP)	65
4.1.4	Sistema general de regalías (SGR)	65
4.1.5	Ingresos de capital de regalías	65
4.1.6	Ingresos de capital por transferencias	67
4.1.7	Autonomía tributaria.....	69
4.1.8	Índice de desempeño fiscal	71
5	Marco contextual	74
5.1	Proceso de descentralización en Colombia.....	74
6	Proceso de obtención de los datos	75
6.1	Fuentes de información.....	75
6.2	Selección y delimitación de datos.....	76
6.3	Descarga de los datos.....	77
7	Limpieza y procesamiento de datos	79
7.1	Cargue de bibliotecas	79
7.2	Cargue y depuración de información.....	80
7.2.1	Nighttime lights	80
7.3	Selección y creación de variables de modelo estadístico.....	86
7.3.1	Variable dependiente	86
7.3.2	Variables independientes	89
7.3.3	Variables de control	90
7.3.4	Creación de la base de datos	92
8	Estadísticas descriptivas.....	93

8.1	Estadísticas descriptivas de la variable dependiente.....	93
8.2	Estadísticas descriptivas variables independientes	94
8.3	Estadísticas descriptivas variables de control.....	94
9	Modelo de datos panel	95
9.1	Implementación del modelo de efectos mixtos.....	98
9.1.1	Análisis de multicolinealidad.....	98
9.1.2	Análisis de componentes principales	100
9.1.3	Selección del modelo de efectos mixtos	103
10	Resultados.....	115
11	Conclusiones y recomendaciones	128
	Referencias Bibliográficas	133
	Apéndices.....	139

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Tabla de cumplimiento de objetivos.</i>	18
Tabla 2 <i>Estadísticas descriptiva variable dependiente con logaritmo y sin logaritmo</i>	93
Tabla 3 <i>Estadísticas descriptivas variables independientes</i>	94
Tabla 4 <i>Estadísticas descriptivas variables de control</i>	95
Tabla 5 <i>Tabla de correlaciones de Pearson</i>	99
Tabla 6 <i>Tabla de eigenvalues</i>	101
Tabla 7 <i>Tabla de eigenvectors</i>	101
Tabla 8 <i>Primeros resultados del modelo de efectos mixtos</i>	104
Tabla 9 <i>Bondad de ajuste de modelo sin transformación logarítmica en su variable dependiente</i>	107
Tabla 10 <i>Segundos resultados del modelo de efectos mixtos</i>	108
Tabla 11 <i>Bondad de ajuste de modelo con transformación logarítmica en su variable dependiente</i>	111
Tabla 12 <i>Resultados linktest</i>	114
Tabla 13 <i>Resultados completos del modelo de efectos mixtos</i>	116

Lista de Figuras

<i>Figura 1 Metodología general del estudio</i>	20
<i>Figura 2 Ecuación de búsqueda en Scopus</i>	23
<i>Figura 3 Desarrollo del tema con el pasar de los años, Adaptador de Scopus (2022)</i>	24
<i>Figura 4 Área temática, adaptada de Scopus (2022)</i>	25
<i>Figura 5 Autores más relevantes. Adaptado de Scopus (2022)</i>	26
<i>Figura 6 Países destacados en temas de investigación. Adaptado de Scopus (2022)</i>	27
<i>Figura 7 Concurrencia palabras clave en Scopus. Elaboración propia en VOSviewer (2022)</i> ...	29
<i>Figura 8 Autores más importantes teniendo en cuentas las citaciones en Scopus. Elaboración propia en VOSviewer (2022).</i>	30
<i>Figura 9 Ecuación de búsqueda en Web of Science</i>	30
<i>Figura 10 Desarrollo del tema con el pasar de los años. Adaptado de Web of Science (2022)</i> ...	31
<i>Figura 11 Área temática. Adaptado de Web of Science (2022)</i>	32
<i>Figura 12 Autores más relevantes en Web of Science</i>	32
<i>Figura 13 Países destacados en tema de investigación. Adaptado de Web of Science (2022)</i>	33
<i>Figura 14 Concurrencia palabras clave en Web of Science. Elaboración propia en VOSviewer (2022).</i>	34
<i>Figura 15 Autores más importantes teniendo en cuenta las citaciones en Web of Science. Elaboración propia en VOSviewer (2022)</i>	35
<i>Figura 16 Modelo de regresión lineal múltiple</i>	53
<i>Figura 17 Modelo de regresión lineal múltiple forma matricial</i>	54
<i>Figura 18 Distribución normal multivariada</i>	54
<i>Figura 19 Ecuaciones para estimar los Parámetros</i>	55

Figura 20 <i>Distribución de muestreo de las estimaciones de los coeficientes</i>	55
Figura 21 <i>Modelo mixto lineal</i>	56
Figura 22 <i>Distribuciones de los efectos aleatorios y los errores en un modelo mixto lineal</i>	56
Figura 23 <i>Distribución marginal de la respuesta y_i en un modelo lineal mixto</i>	58
Figura 24 <i>Matriz de covarianza de las observaciones y_i</i>	58
Figura 25 <i>Función de verosimilitud</i>	59
Figura 26 <i>Función de verosimilitud marginalizada</i>	59
Figura 27 <i>Función Q en el contexto del Algoritmo EM (Expectation-Maximization)</i>	61
Figura 28 <i>Estimación de los efectos aleatorios b_i en el contexto de modelos lineales mixtos</i>	62
Figura 29 <i>Índice de Autonomía tributaria</i>	71
Figura 30 <i>Panel Municipal del CEDE (2022)</i>	77
Figura 31 <i>Repositorio luces nocturnas armonizadas (2020)</i>	78
Figura 32 <i>Índices de precios al consumidor históricos</i>	78
Figura 33 <i>Índices de precios al consumidor obtenidos según la delimitación temporal suministrada</i>	79
Figura 34 <i>Bibliotecas cargadas en Python para la limpieza y organización de datos</i>	80
Figura 35 <i>Primer paso para cargue de capa ráster</i>	82
Figura 36 <i>Segundo paso para cargue de capa ráster</i>	82
Figura 37 <i>Capa ráster cargada</i>	83
Figura 38 <i>Primer paso para cargue de capa vectorial</i>	83
Figura 39 <i>Segundo paso para cargue de capa vectorial</i>	84
Figura 40 <i>Capa vectorial cargada</i>	84
Figura 41 <i>Generación de las estadísticas zonales</i>	85

Figura 42 <i>Configuración de las estadísticas zonales</i>	86
Figura 43 <i>Estructura de la tabla de datos</i>	96
Figura 44 <i>Primer modelo de efectos mixtos</i>	103
Figura 45 <i>Residuos vs regalías</i>	105
Figura 46 <i>Residuos vs transferencias de capital</i>	105
Figura 47 <i>Residuos vs autonomía tributaria</i>	106
Figura 48 <i>Residuos vs índice de descentralización fiscal</i>	106
Figura 49 <i>Segundo modelo de efectos mixtos</i>	108
Figura 50 <i>Residuos vs regalías</i>	109
Figura 51 <i>Residuos vs transferencias de capital</i>	110
Figura 52 <i>Residuos vs autonomía tributaria</i>	110
Figura 53 <i>Residuos vs índice de descentralización fiscal</i>	111
Figura 54 <i>Distribuciones de los errores</i>	112
Figura 55 <i>Gráfico Q-Q de los errores</i>	113
Figura 56 <i>Comando introducido en Stata</i>	115
Figura 57 <i>Resultados obtenidos en Stata</i>	115

Glosario

CEDE Universidad de los Andes: El Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE) se distingue como uno de los pioneros y más prominentes institutos de investigación y asesoramiento en el ámbito económico y social en Colombia. Es ampliamente valorado por la excelencia e innovación en sus investigaciones, así como por su equipo de profesionales altamente capacitados en investigación y docencia. Su influencia en asuntos de política pública en Colombia es notable. Además, el CEDE posee una amplia colección de microdatos clasificados por regiones y sus correspondientes departamentos.

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, es la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia. (DANE). Aporta al presente trabajo de investigación los Datos históricos de PIB por departamentos de acuerdo a actividades Económicas.

Datos de panel: Son un tipo de datos utilizados en estadísticas y economía para estudiar la evolución de variables a lo largo del tiempo y entre diferentes entidades o unidades observadas. Estos datos se recopilan de múltiples observaciones a lo largo de un periodo de tiempo y para varias entidades, lo que permite analizar tanto las tendencias temporales como las diferencias entre las unidades. Son una herramienta valiosa en la investigación social y económica, ya que permiten abordar preguntas de investigación complejas que involucran tanto cambios temporales como diferencias entre unidades observadas.

Descentralización fiscal: Es un concepto en economía y política que refiere a la transferencia de responsabilidades y recursos financieros desde un nivel central de gobierno hacia niveles subnacionales, como estados, provincias o municipios. Esto implica que las autoridades locales o regionales tienen cierta autonomía y capacidad para tomar decisiones sobre el gasto público y los ingresos tributarios en su área geográfica.

La descentralización fiscal se implementa de diferentes formas en distintos países y puede variar en el grado de autonomía otorgado a las entidades subnacionales. Su objetivo principal es promover y garantizar una asignación más eficiente y efectiva de los recursos públicos y fomentar el desarrollo nacional.

DNP: El Departamento Nacional de Planeación - DNP es un Departamento Administrativo que forma parte de la Rama Ejecutiva del poder público y se encuentra bajo la directa supervisión de la Presidencia de la República. Esta entidad, de carácter técnico, promueve la implementación de una perspectiva estratégica nacional en ámbitos social, económico y ambiental. Lo hace mediante el diseño, dirección y evaluación de las políticas públicas colombianas, la gestión y distribución de la inversión pública, y la materialización de estas políticas en planes, programas y proyectos gubernamentales. (DNP). Proporciona para a la presente investigación toda la información relacionada con los históricos de transferencias de recursos de SGP y SGR por departamentos.

Google Colaboratory: Es un producto derivado de Google Research que tiene la capacidad de permitir a los usuarios escribir y trabajar con código Python arbitrariamente en el navegador. Es muy útil para temas como aprendizaje automático, análisis de datos y la educación. Colab es un

servicio exclusivo de notebook Jupyter sin configuración que ofrece acceso gratuito a recursos informáticos proporcionados por la GPU.

MHCP: El Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) se encarga principalmente de establecer y poner en marcha la política fiscal y económica del país. Esta entidad promueve el crecimiento económico nacional y supervisa los gastos operativos del Estado. Colabora estrechamente con el Banco de la República y el Departamento Nacional de Planeación. Uno de sus roles es coordinar, junto con el Departamento Nacional de Planeación, la elaboración de propuestas para el Plan Nacional de Desarrollo y el Presupuesto General de la Nación, que posteriormente serán presentadas al Congreso de la República. Además, tiene la responsabilidad de liderar la gestión, ajuste y monitoreo del Presupuesto General de la Nación. La contribución de este ministerio al estudio se basa en los registros históricos de transferencias de fondos al Departamento de recursos de SGP y otros fondos de cofinanciamiento nacional.

Night Times lights: Se refiere a la iluminación artificial que es visible desde el espacio durante la noche. Estas luces a menudo se utilizan en imágenes satelitales y teledetección para estudiar varios aspectos de la actividad humana, como la urbanización, la densidad de población, el desarrollo económico y el consumo de energía.

La observación remota de las emisiones lumínicas nocturnas proporciona un enfoque distinto para examinar ciertas actividades humanas. Los dispositivos del Radiómetro de Captura de Imágenes Visibles e Infrarrojas (VIIRS) en la Asociación de Orbitación Polar Suomi de la NASA/NOAA (Suomi NPP) y los satélites NOAA-20 suministran registros diarios a nivel mundial de luz nocturna visible y próxima al infrarrojo (NIR) que son relevantes para investigaciones científicas

y aplicaciones del ecosistema terrestre. La información de la Banda Día/Noche (DNB) de VIIRS sirve para calcular la población, analizar la electrificación en regiones aisladas, supervisar catástrofes y enfrentamientos, y entender los efectos biológicos del incremento en la polución lumínica.

La información de luz nocturna (NTL) proveniente del Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa (DMSP) y su Sistema Operacional de Líneas de Exploración (OLS) es esencial para analizar acciones humanas en niveles locales, regionales y mundiales. Estos datos NTL, al ser contrastados con otros registros satelitales, permiten una valoración cuantitativa de la magnitud de las dinámicas socioeconómicas y de urbanización. Gracias a su amplio alcance geográfico y duración en el tiempo, esta información ha sido clave en investigaciones relacionadas con el uso de electricidad, dinámicas socioeconómicas, contaminación por luz, sistemas urbanos y delimitación de áreas urbanas.

PIB: Es la abreviatura de Producto Interno Bruto y representa el valor total de todos los bienes y servicios que se producen dentro de un país en un período determinado, frecuentemente en años. El PIB se suele utilizar como una medida importante para evaluar la salud económica de una nación y su capacidad para producir riqueza.

Phyton: Desde su aparición en 1991, Python se ha establecido como un lenguaje de programación interpretado destacado, especialmente en desarrollo web con frameworks como Django. A menudo referido como un lenguaje de script, su evolución lo ha llevado a ser fundamental en ciencia de datos y aprendizaje automático tanto en ámbitos académicos como industriales. Aunque existen otras herramientas para el análisis y visualización de datos, como R o MATLAB, el apoyo robusto

de Python a través de bibliotecas como pandas y scikit-learn, combinado con su habilidad para el desarrollo de software, lo consolida como una opción principal en aplicaciones analíticas.

Proxy: Se utiliza para referirse a una variable o indicador que se utiliza como sustituto o representación de otra variable que es más difícil de medir o no está directamente disponible en un conjunto de datos. Los proxies se utilizan en diversas situaciones cuando se realiza investigación económica o análisis de datos y no se puede obtener información directa sobre variables de interés

QGIS: es una herramienta profesional de SIG, es un software libre de código abierto (FOSS). Es un Sistema de Información Geográfica de libre acceso, con licencia bajo la GNU - General Public License y es un emblema oficial de la Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Funciona en diversas plataformas como Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android, siendo compatible con múltiples formatos y funcionalidades tanto para datos vectoriales como ráster y bases de datos.

Stata: Se trata de una herramienta muy útil para el análisis de datos. Stata es un software basado en comandos, la estructura de comandos es muy sencilla e intuitiva. El software provee una gran variedad de herramientas para la administración, gestión y visualización de los datos. Los procedimientos que se pueden encontrar en Stata son comúnmente aplicados a diferentes sectores y áreas, suele ser muy usado a la hora de realizar investigación académica, entidades gubernamentales, financieras, comerciales y prestadoras de servicios son también partidarias del uso de Stata para la administración y tratamiento de sus datos e información.

Resumen

Título: Incidencia de las transferencias de recursos nacionales en los indicadores de crecimiento local y empresarial en el departamento de Santander*

Autor: Esteban Gañan Avila y Nixon James Son Galeano**

Director: Vlaxxmir Robles Marín

Codirector: Aura Cecilia Pedraza Avella

Palabras Clave: Economía, transferencias nacionales, descentralización fiscal, desarrollo económico, datos panel, modelo de efectos mixtos.

Descripción: La presente investigación examina la relación entre las transferencias nacionales a entidades municipales y el desarrollo económico y empresarial de dichos municipios, utilizando un modelo de datos panel con efectos mixtos. A pesar de las expectativas, las regalías no mostraron un impacto significativo en el desarrollo económico. Sorprendentemente, se encontró que las transferencias nacionales tienen una relación negativa con el desarrollo, sugiriendo posibles incentivos perversos o dependencias fiscales creadas por estas transferencias. Por otro lado, la autonomía tributaria y el índice de desempeño fiscal emergieron como factores clave para el desarrollo económico regional, destacando la importancia de la auto-gestión y la eficiencia en la administración fiscal local. Los hallazgos sugieren que no es simplemente la cantidad de recursos lo que impulsa el desarrollo, sino cómo se administran a nivel local y cómo interactúan con las capacidades y autonomías fiscales de las regiones.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

Director: Vlaxxmir Robles Marín, Magister en Ingeniería. Codirector: Aura Cecilia Pedraza Avella PhD. Ciencias Económicas.

Abstract

Title: Incidence of the transfers of national resources in the indicators of local and business growth in the department of Santander

Author(s): Esteban Gañan Avila and Nixon James Son Galeano

Director: Vlaxxmir Robles Marín

Co-director: Aura Cecilia Pedraza Avella

Key Words: Economy, national transfers, fiscal decentralization, economic development, panel data, mixed effects model.

Description: This research examines the relationship between national transfers to municipal entities and the economic and entrepreneurial development of these municipalities, using a mixed-effects panel data model. Contrary to expectations, royalties did not show a significant impact on economic development. Surprisingly, national transfers were found to have a negative relationship with development, suggesting possible perverse incentives or fiscal dependencies created by these transfers. On the other hand, tax autonomy and the fiscal performance index emerged as key factors for regional economic development, highlighting the importance of self-management and efficiency in local fiscal administration. The findings suggest that it's not merely the amount of resources driving development, but how they are managed locally and how they interact with the fiscal capacities and autonomies of regions.

* Bachelor's degree

** Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies.

Director: Vlaxxmir Robles Marín, Master's degree in engineering. Co-director: Aura Cecilia Pedraza Avella PhD. Economic Sciences.

Introducción

En las últimas décadas, Colombia ha experimentado un proceso de descentralización significativo que ha desempeñado un papel crucial en su desarrollo. Esta tendencia, que comenzó en la década de 1980, no solo es característica de Colombia; otros países de América Latina, como Brasil y Bolivia, también han integrado sistemas descentralizados. Estos procesos han tenido una serie de implicaciones, desde un importante fortalecimiento de la recaudación de impuestos hasta el aumento de las transferencias a entidades territoriales. Sin embargo, la descentralización también ha enfrentado desafíos como el déficit fiscal, posibles conexiones con las transferencias de la descentralización y problemas de corrupción en el manejo de recursos.

Las dinámicas descentralizadoras en América Latina han generado un aumento en el gasto de los gobiernos subnacionales, promoviendo nuevas dinámicas regionales, incluidas aquellas con bases económicas localizadas en diversas áreas del país. Estas transferencias de recursos son vitales para impulsar la economía, financiar infraestructura y robustecer el ecosistema empresarial. No obstante, la verdadera eficacia de estas transferencias, en cuanto a impulsar el crecimiento, sigue siendo objeto de investigación y debate.

El departamento de Santander, con su prominente economía, la cuarta más grande de Colombia y dominada por sectores como servicios, industria y comercio, sirve como un caso de estudio pertinente. La presente investigación se centra en evaluar cómo las transferencias territoriales han influenciado el crecimiento económico y empresarial de Santander durante los últimos 18 años.

Estudios previos, como los realizados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, han abordado el desarrollo económico local en el contexto de la descentralización. Para fortalecer y ampliar estos análisis, el proyecto en cuestión lleva a cabo un análisis bibliométrico

inicial, seguido de una extensa recolección de datos, principalmente de la Universidad de los Andes (CEDE). Estos datos alimentan un modelo de panel con efectos mixtos, ofreciendo perspectivas sobre patrones y correlaciones. Con base en los resultados, se proponen conclusiones y recomendaciones para guiar futuras políticas públicas y decisiones estratégicas.

La investigación presentada se enmarca en un proyecto más amplio dirigido por el docente Vlaxmir Robles Marín, centrado en la descentralización fiscal y las finanzas locales, llevado a cabo en The Hague Academy for Local Governance en La Haya, Países Bajos.

Tabla 1*Tabla de cumplimiento de objetivos*

Objetivos	Capítulos y subcapítulos
Desarrollar una revisión de literatura científica y análisis web sobre la descentralización y su implementación en Colombia y el departamento de Santander.	Capítulo 2
<ul style="list-style-type: none"> • Construir la ecuación de búsqueda • Realizar el análisis bibliométrico de los resultados de la ecuación de búsqueda 	Subcapítulo 2.1
Diseñar un modelo estadístico el cual proporcione datos que determine el efecto de las transferencias de recursos nacionales con el crecimiento económico en el departamento de Santander.	Capítulo 6, 7, 8 y 9
Analizar la relación entre las transferencias de recursos nacionales y el crecimiento económico del departamento de Santander.	Capítulo 10
Elaborar un artículo publicable en base a la investigación realizada.	Apéndice A

1 Generalidades de la Investigación

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar estadísticamente el efecto de las transferencias nacionales en el crecimiento económico y empresarial del departamento de Santander.

1.1.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una revisión de literatura científica y análisis web sobre la descentralización y su implementación en Colombia y el departamento de Santander.
- Diseñar un modelo estadístico el cual proporcione datos que determine el efecto de las transferencias de recursos nacionales con el crecimiento económico en el departamento de Santander.
- Analizar la relación entre las transferencias de recursos nacionales y el crecimiento económico del departamento de Santander.
- Elaborar un artículo publicable en base a la investigación realizada.

1.2 Metodología

Figura 1

Metodología general del estudio



Fuente: Elaboración propia

1.2.1 Fase I. Desarrollar una revisión de literatura científica y análisis web sobre el tema a tratar.

- Revisión en base de datos Scopus y Web of Science del proceso de descentralización.
- Revisión de literatura sobre la descentralización y su aporte al desarrollo económico.
- Recolección de datos históricos del nivel de transferencias y estadísticas en entidades gubernamentales.
- Verificación de datos, análisis de bases de datos encontradas y selección de la información.

1.2.2 Fase II. Formular un modelo estadístico.

- Recopilación de datos previamente seleccionados e identificar variables de estudio.
- Estudio de indicadores de crecimiento regionales.
- Determinación del objetivo el modelo.
- Identificación del criterio de valoración.
- Elección del método estadístico apropiado en función del resultado y tipo de predicción.
- Creación del modelo adecuado.
- Validación del modelo estadístico mediante métricas de desempeño.

1.2.3 Fase III. Analizar la relación entre las transferencias de recursos nacionales y el crecimiento económico.

- Interpretación de datos obtenidos a través del modelo estadístico
- Análisis estadístico de la influencia del proceso de descentralización en el desarrollo económico local y empresarial según las variables seleccionadas.

1.2.4 Fase IV. Documentación

- Elaboración del documento de proyecto de grado
- Escritura del artículo de carácter publicable con la información destacada de la investigación y los resultados obtenidos.

2 Revisión de literatura

2.1 Análisis Bibliométrico

El proceso de descentralización ha sido ampliamente estudiado por organizaciones de investigación económica y demás autores. Es un fenómeno que ha influenciado el desarrollo de los países en términos económicos, políticos y productivos, así mismo existen muchos estudios enfocados en la efectividad de su aplicación y su impacto en las economías regionales.

Respecto al desarrollo del plan de trabajo, se utilizaron dos principales bases de datos, como lo son: Scopus y Web of Science, para obtener la información necesaria dado que cuentan con un gran volumen de referencias bibliográficas permitiendo extraer y analizar la información de fuentes confiables, seleccionando artículos correspondientes al espacio temporal entre los años 2000 hasta el 2022, para la obtención de información bibliográfica actualizada.

Dada la gran variedad de información encontrada, para facilitar el análisis bibliométrico se hizo uso de la herramienta VOSviewer a fin de construir y visualizar una red bibliométrica. A continuación, se presenta la ecuación de búsqueda utilizada y los análisis realizados con las bases de datos anteriormente mencionadas.

2.1.1 Scopus

Para realizar la búsqueda en Scopus se utilizó la siguiente ecuación:

Figura 2

Ecuación de búsqueda en Scopus

fiscal decentralization) AND (local economic development) AND (productivity) (1)

La consulta se llevó a cabo el día 6 de julio del año 2022. La información se limitó teniendo en cuenta los documentos con enfoque al proyecto de investigación en desarrollo. Esta búsqueda arrojó como resultado 74 resultados de documentos entre los años 2008-2022.

2.1.1.1 Indicadores básicos

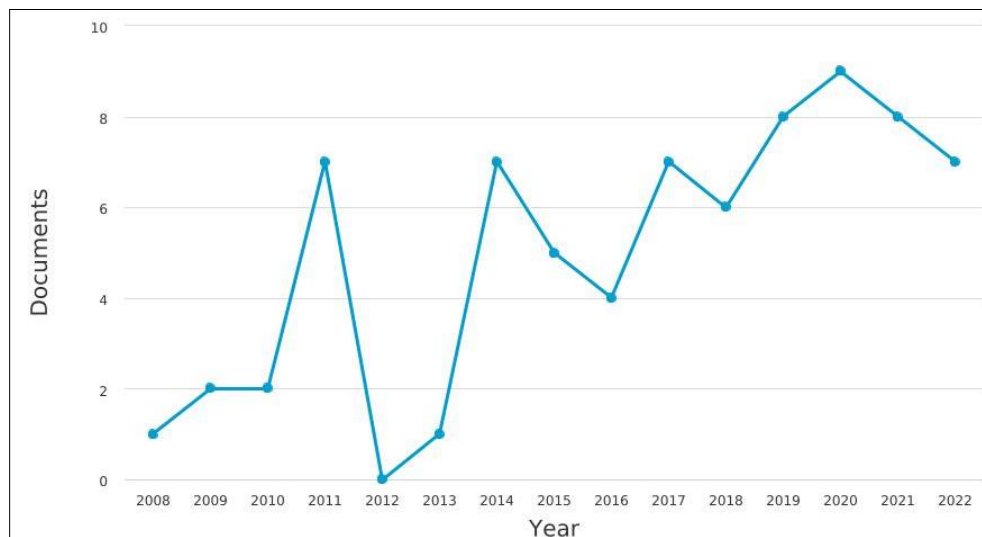
Se obtienen las siguientes estadísticas al analizar la información encontrada.

2.1.1.1.1 Documentos por año

En la figura 3 se observa que la descentralización, su afectación a la productividad y a la economía de las regiones es un tema que se ha estudiado al transcurrir los años. Se evidencia una tendencia positiva en el interés de estudiar este proceso, sólo exceptuando el año 2012 donde no se cuenta con documentos publicados.

Figura 3

Desarrollo del tema con el pasar de los años, Adaptador de Scopus (2022)



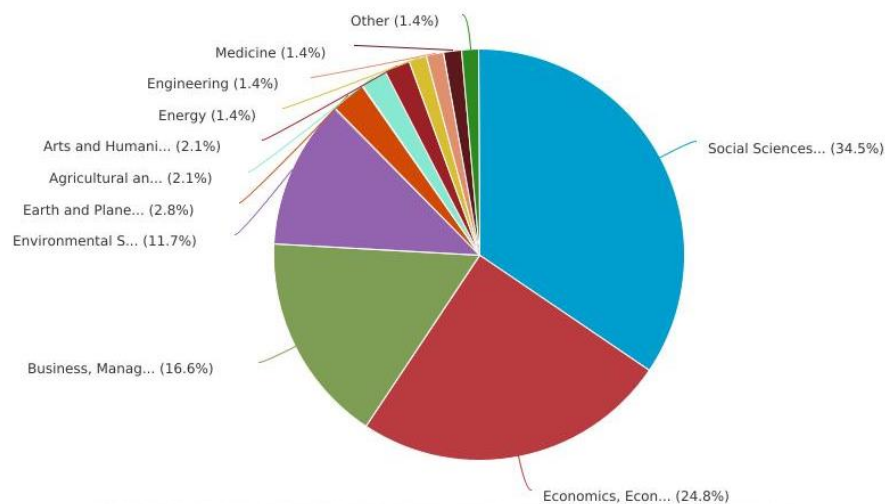
Fuente: Scopus, búsqueda realizada según la Ecuación 1. (Scopus, 2022)

2.1.1.1.2 Área temática

En la figura 4 las áreas de investigación más significativas en esta temática son ciencias sociales y economía; econometría, finanzas y negocios; administración y contabilidad con un 34,5%, 24,8% y 16,6% respectivamente. Se evidencia que estas 3 áreas de investigación son las que predominan con un 75,9%. Lo que indica que existe una relación entre el trabajo y la disciplina de administración como la ingeniería industrial.

Figura 4

Área temática, adaptada de Scopus (2022)



Fuente: Scopus, búsqueda realizada según la Ecuación 1. (Scopus, 2022)

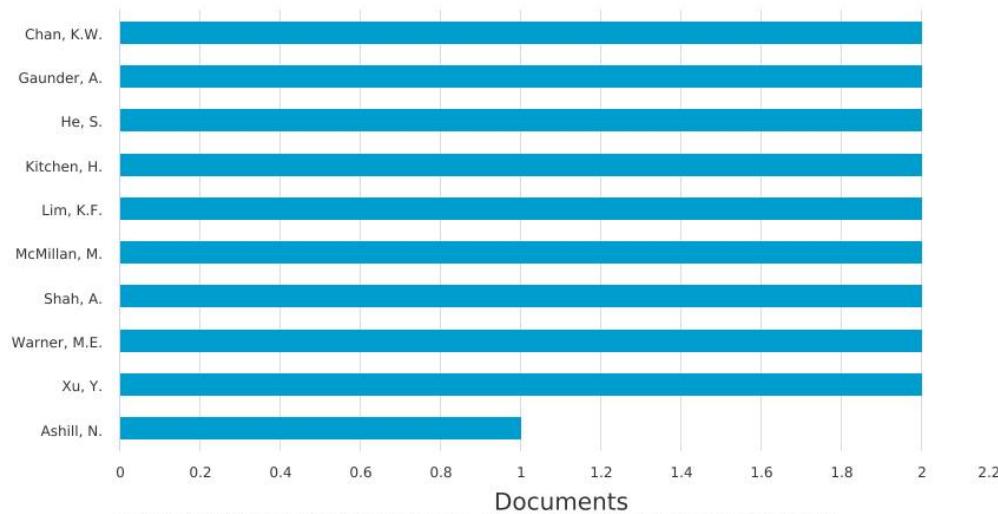
2.1.1.1.3 Autores

En la figura 5 se observa los 10 autores más importantes para la investigación teniendo presente la cantidad de documentos publicados. Los autores Chan, K.W., Gaunder, A., He, S., Kitchen, H., Lim, K.F., McMillan, M., Shah, A., Warner, M.E. y Xu, Y. comparten todos 2 documentos publicados exceptuado el último autor Ashill, N., quien cuenta con 1 documento

relacionado con el tema. Asimismo, se refleja diversidad de autores los cuales pueden servir para referencias de la investigación.

Figura 5

Autores más relevantes. Adaptado de Scopus (2022)



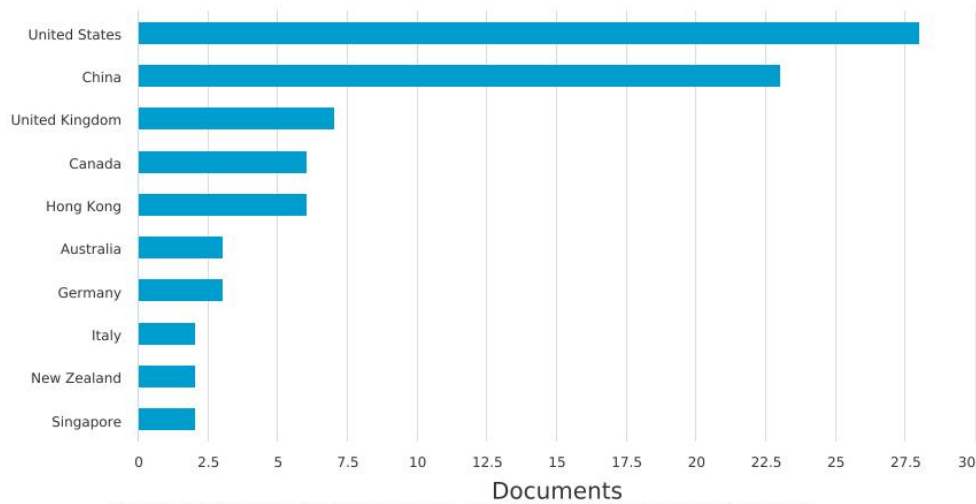
Fuente: Scopus, búsqueda realizada según la Ecuación 1. (Scopus, 2022)

2.1.1.1.4 Países

En la figura 6 se observa a los países con la mayor cantidad de documentos publicados. Se evidencia que Estados Unidos lidera con un total de 28 documentos relacionados con el tema de investigación. Luego se encuentra China con 23 documentos, después Reino Unido con 7 documentos y así mismo se observa que los países con menos investigaciones en este tema son Italia, Nueva Zelanda y Singapur con un total de 2 documentos cada uno.

Figura 6

Países destacados en temas de investigación. Adaptado de Scopus (2022)



Fuente: Scopus, búsqueda realizada según la Ecuación 1. (Scopus, 2022)

Finalmente, la ecuación de búsqueda utilizada genera resultados que son favorables al tema de investigación, por ejemplo, se evidencia un aumento significativo de los artículos publicados relacionados con el tema en los últimos años. Además de acuerdo con los gráficos estadísticos obtenidos del análisis bibliométrico anterior, el enfoque de la planificación de trabajo es en gran medida consistente con el campo de la ingeniería industrial.

2.1.1.2 Indicadores de relación

Para los indicadores de relación se hace uso del software VOSviewer, que permite construir y visualizar redes bibliométricas, en base a citas, acoplamiento bibliográfico, co-citas o relaciones de autorías.

2.1.1.2.1 Palabras claves

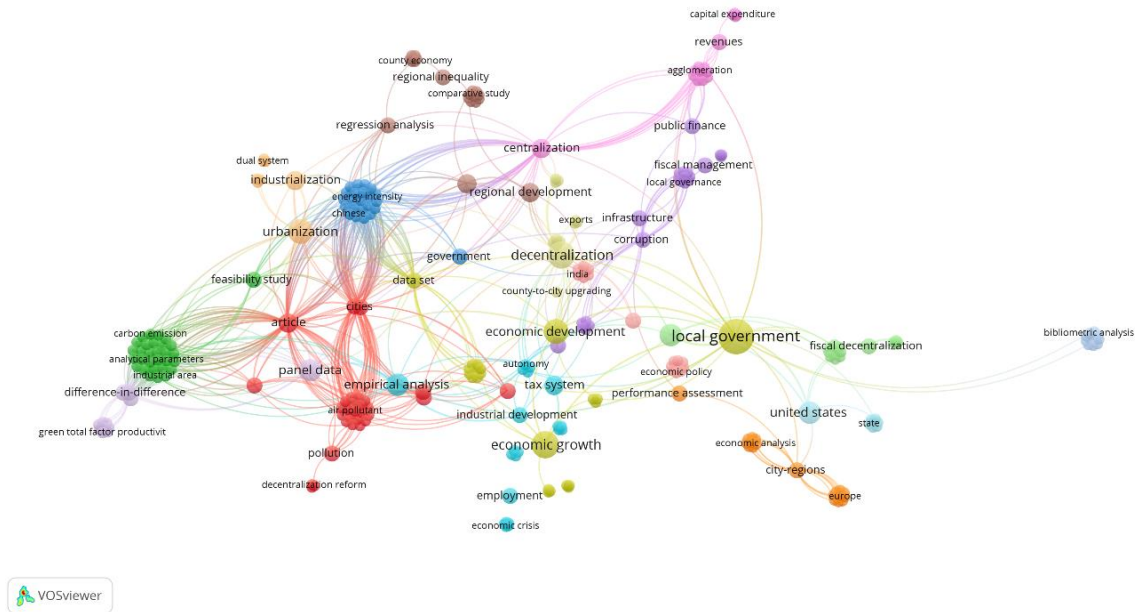
En la figura 7 se observa la concurrencia de palabras claves que se distribuyen en conjuntos identificados por colores, los círculos de mayor tamaño determinan frecuencia de aparición de la palabra en los artículos.

Las conexiones indican la relación de las palabras claves dentro de artículos o trabajos de investigación realizados, de manera que entre mayor sea el número de conexiones con una palabra, con más frecuencia aparece está en las palabras claves relacionadas con las demás. En la imagen se puede observar cómo gobierno local, descentralización, desarrollo económico, crecimiento económico, son palabras usadas frecuentemente en trabajos previos y que se relacionan entre sí.

Este análisis se realiza con el fin de identificar líneas de investigación más activas en este dominio de conocimiento. El análisis de co-ocurrencias evidencia las apariciones conjuntas de las palabras relacionadas en un texto dado, siendo las de mayor visibilidad las que mayor presencia en los textos tienen y sus respectivas relaciones se dan a través de los enlaces. Esto demuestra que existe relación entre conceptos como descentralización y desarrollo industrial, desarrollo económico, entre otros, que son relaciones fundamentales para el propósito de la presente investigación.

Figura 7

Concurrencia palabras clave en Scopus. Elaboración propia en VOSviewer (2022)



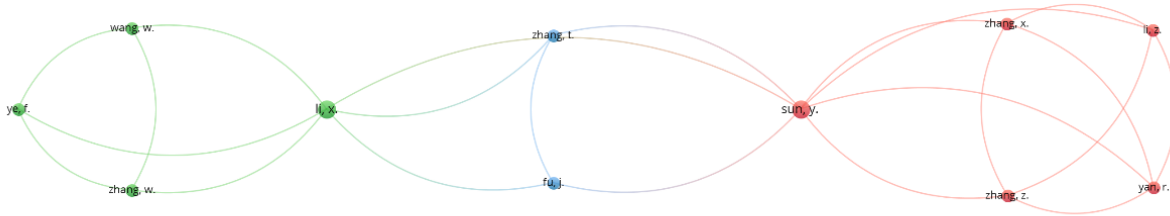
En la Figura 7, se detecta una co-ocurrencia entre palabras clave tales como crecimiento económico, gobierno local, descentralización y desarrollo regional, entre otras. Esto sugiere que los documentos seleccionados por la base de datos Scopus, basándose en la ecuación de búsqueda, abordan estos temas y exploran las posibles interrelaciones entre ellos en sus investigaciones.

2.1.1.2.2 Citación de autores

La relación de líneas y colores indica la relación entre los autores y número de citas por otros autores. Los que se encuentran dispersos o por fuera de la red son los autores que han sido referenciados pocas veces.

Figura 8

Autores más importantes teniendo en cuenta las citaciones en Scopus. Elaboración propia en VOSviewer (2022).



La figura 8 muestra la relación entre los autores que han estudiado el tema, que han publicado artículos con temáticas similares y cómo estos han usado de referencia los otros autores que se ven representados por las conexiones.

2.1.2 Web of Science

De manera complementaria al análisis realizado con documentos de Scopus, se consultó la base de datos Web of Science, mediante la siguiente ecuación:

Figura 9

Ecuación de búsqueda en Web of Science

$$(fiscal\ decentralization)AND (economic\ development)AND (innovative) \quad (2)$$

La información se limitó teniendo en cuenta los documentos con enfoque al proyecto en desarrollo y el horizonte temporal elegido para esta investigación, que previamente se trazó en el intervalo de tiempo 2000-2020. Esta búsqueda arrojó como resultado 14 resultados de documentos.

2.1.2.1 Indicadores básicos

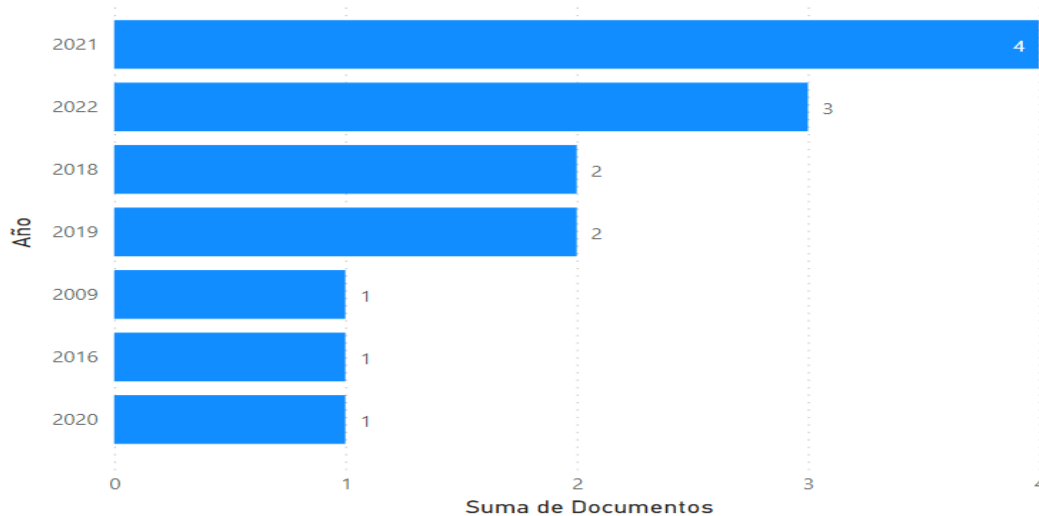
Se obtienen los siguientes gráficos estadísticos al analizar la información encontrada.

2.1.2.1.1 Documentos por año

En la figura 10 se observa que en los años más recientes es donde mayor indagación del tema se ha presentado, siendo el año 2021 el de mayor número de documentos encontrados, demostrando así que los estudios sobre el tema han causado interés en los investigadores en los últimos años. Al igual que en la base de datos Scopus se puede concluir nuevamente que los estudios sobre este tipo de investigaciones son cada vez mayores.

Figura 10

Desarrollo del tema con el pasar de los años. Adaptado de Web of Science (2022)

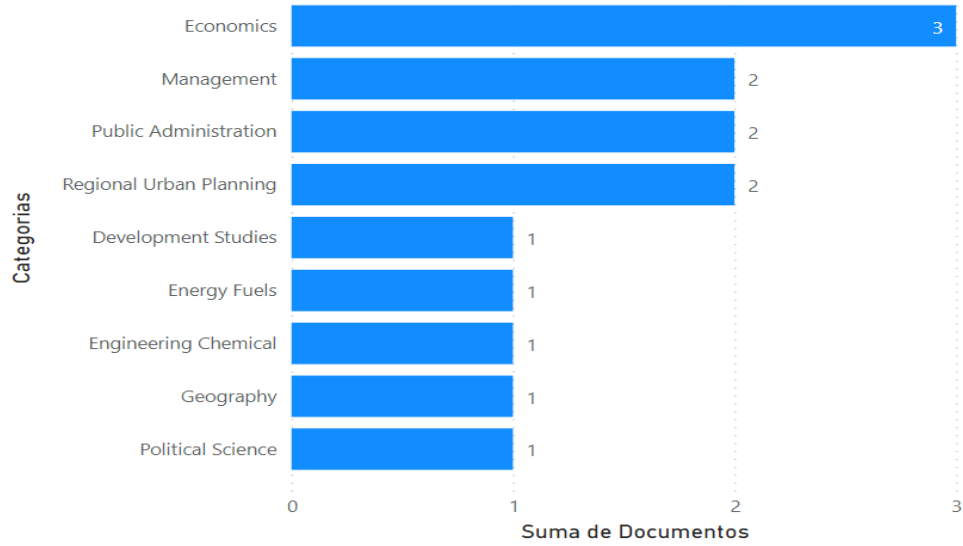


2.1.2.1.2 Área temática

En la figura 11 las áreas de investigación más significativas son economía con 21,42%, administración y administración pública con un 14,28% cada una de estas. Se evidencia que estas 3 áreas de investigación son las que predominan con un 49,98%.

Figura 11

Área temática. Adaptado de Web of Science (2022)

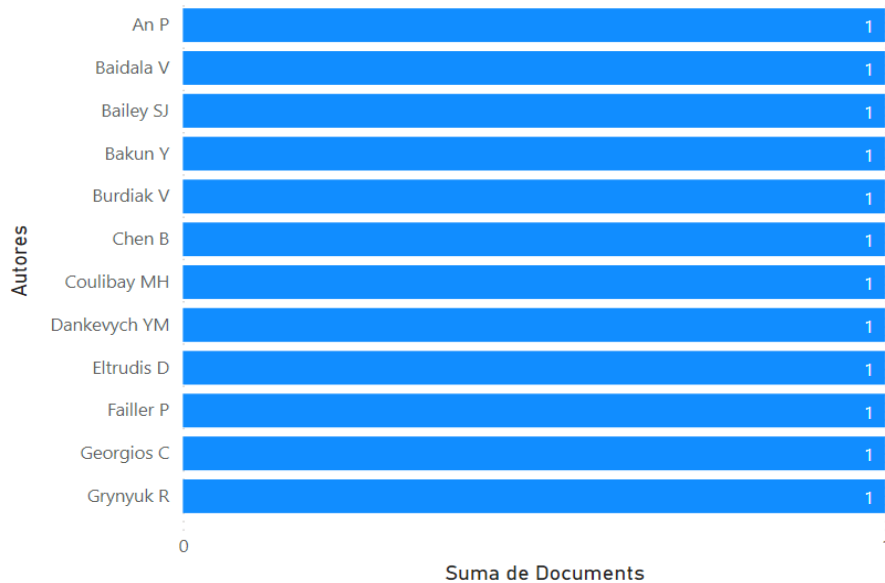


2.1.2.1.3 Autores

En la figura 12 se muestran los 12 autores más destacados en la investigación, donde se evidencia que cada uno de estos autores cuenta con la misma cantidad de documentos publicados.

Figura 12

Autores más relevantes en Web of Science

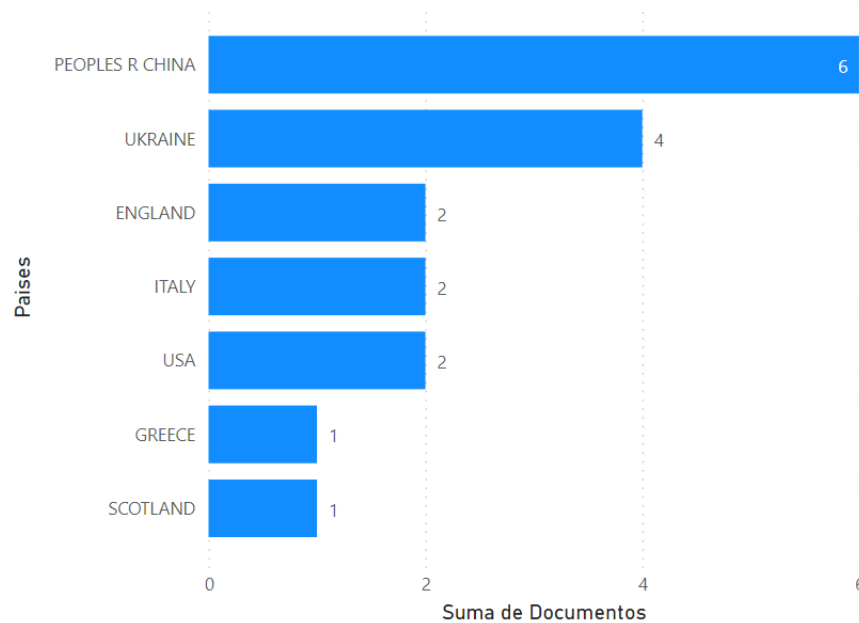


2.1.2.1.4 Países

En la figura 13 se muestra los países con el mayor número de documentos publicados. Ucrania encabeza la lista con un total de 4 documentos relacionados con el tema de investigación, seguido por China con 3 y Estados Unidos e Italia con 2 cada uno.

Figura 13

Países destacados en tema de investigación. Adaptado de Web of Science (2022)



2.1.2.2 Indicadores de relación

Para los indicadores de relación se hace uso del software VOSviewer, la cual permite construir y visualizar redes bibliométricas, en base a citas, acoplamiento bibliográfico, co-citas o relaciones de autorías.

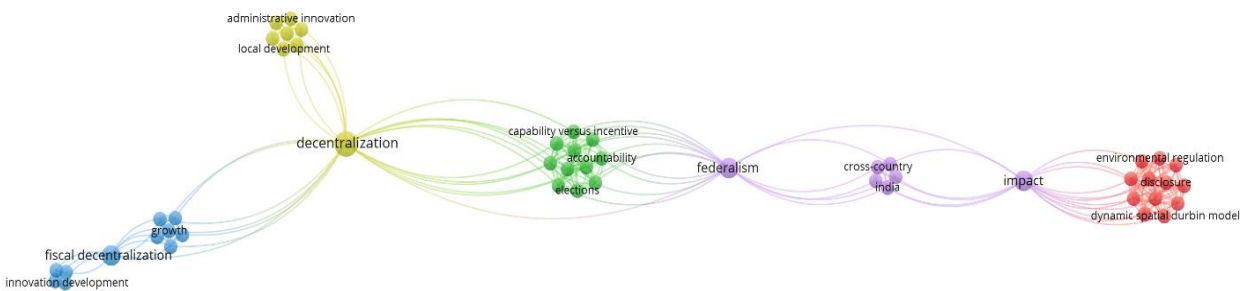
2.1.2.2.1 Palabras claves

En la figura 14 se muestra la distribución de palabras clave, agrupadas en conjuntos identificados por diferentes colores. Los círculos de mayor tamaño indican la frecuencia con la que aparece cada palabra en los artículos.

Se identifican las líneas de relación entre los conceptos claves para la investigación, como lo son: descentralización y desarrollo local, crecimiento, innovación, esto a través la aparición conjunta de estas palabras en los textos de investigación obtenidos a través de las bases de datos.

Figura 14

Concurrencia palabras clave en Web of Science. Elaboración propia en VOSviewer (2022).



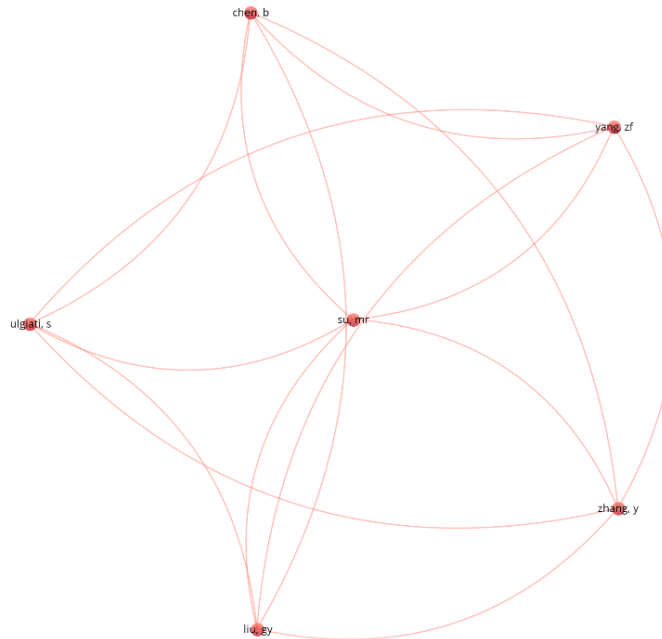
En la figura 14 se observa la co-ocurrencia entre las palabras claves como: descentralización, gobierno local, innovación administrativa, descentralización fiscal, crecimiento, desarrollo e innovación, entre otras. Esto indica que los documentos que han sido seleccionados por la base de datos Web of Science dada la ecuación de búsqueda han usado estos temas y las relaciones que pueden tener entre ellos mismos en sus investigaciones. Sugiere que hay una relación entre los términos mencionados, importante para complementar el análisis que se desarrolla en el presente trabajo.

2.1.2.2 Citación de autores

La relación de líneas indica la relación entre los autores y número de citas por otros autores.

Figura 15

Autores más importantes teniendo en cuenta las citaciones en Web of Science. Elaboración propia en VOSviewer (2022)



La figura 15 muestra la relación entre los autores que han estudiado el tema y han publicado artículos con temáticas similares, y cómo estos han usado de referencia los otros autores que se ven representados por las conexiones.

2.1.3 Análisis de la literatura

En el estudio actual, la descentralización se examina como un fenómeno que puede ser interpretado tanto desde la perspectiva de un proceso (una búsqueda continua de la situación ideal) como de un estado (una configuración ideal en un momento dado). Se puede caracterizar como un aspecto multidimensional, que abarca áreas fiscales, administrativas y políticas. Este proceso demanda un firme compromiso social, ya que redefine las interacciones y jerarquías del poder estatal. La construcción de consensos es esencial, sobre todo entre legisladores, representantes de

la sociedad civil y gobiernos a nivel subnacional. (Fuente: Gobierno de Chile, Ministerio del Interior, 2009).

De acuerdo con Finot (2001), en América Latina, el mayor avance se ha dado en la descentralización administrativa. Sin embargo, la dificultad persiste por la superposición de poderes entre los niveles de gobierno, muchos de estos no han aportado los recursos necesarios para la implementación. Para la descentralización fiscal, hay más descentralización por gasto que por ingreso. En particular, los gobiernos unitarios tienen poco poder para recaudar sus propios impuestos a nivel local, lo que genera una gran dependencia del sistema de transferencia de impuestos. Con respecto a la descentralización política, casi cualquier persona puede elegir democráticamente los órganos de gobierno local sobre la base de la representación de sistemas en todos los niveles regionales. Sin embargo, el proceso de participación de las personas en la toma de decisiones de la sociedad aún está en crecimiento.

Este proceso ha sido ampliamente estudiado en el mundo, debido a la importancia de este en la construcción de las sociedades contemporáneas al mejorar la prestación del sector público y elevando la calidad de vida de la población. Gracias a esto, existe una cantidad de apoyo bibliográfico que proporciona teoría, datos y metodologías, que son significativos para la elaboración del proyecto de investigación en cuestión. A continuación, se toman 14 documentos, los cuales exponen puntos de vistas congruentes a la descentralización, regalías y transferencias como eje para el desarrollo, crecimiento económico e innovación de las naciones.

2.1.3.1 ¿Influye la descentralización fiscal en la eficiencia de la gestión del desarrollo innovador del país?

El autor Motolok (2020) en su investigación resume los argumentos y contraargumentos de la discusión científica sobre el impacto de las medidas de descentralización fiscal en la gestión

del desarrollo de la innovación nacional de los países. Su propósito principal es probar la hipótesis de que la descentralización de los gastos e ingresos impactan de manera positiva en el desarrollo innovador de los países. La prueba de hipótesis considera la realización del análisis de regresión de datos de panel y consta de varias etapas, tales como: 1) eliminación de la multicolinealidad de las variables de control con base en el análisis de correlación; 2) identificación de la especificación del modelo de regresión; 3) realización del análisis de regresión y caracterización de sus resultados. Se determina que los hallazgos en términos de descentralización fiscal aseguran un equilibrio entre la redistribución del poder (gasto) del gobierno central al local y la capacidad fiscal de los presupuestos locales. En términos de desarrollo de la innovación nacional, afirma que se debe tener en cuenta que los presupuestos locales carecen de recursos financieros para cubrir todas las competencias redistribuidas desde el nivel del gobierno central y, por lo tanto, no pueden invertir en el desarrollo de la innovación. Sin embargo, mejorar la capacidad fiscal de los gobiernos locales crea oportunidades no solo para financiar funciones básicas, sino también para invertir en funciones avanzadas como la innovación y el desarrollo.

2.1.3.2 Optimización del nivel de descentralización financiera como instrumento para la regulación del desarrollo económico innovador del país.

Los autores Vasylieva, Harust, Vinnichenko y Vysochyna (2018). se centran en la determinación de nivel óptimo de descentralización que fomentará el desarrollo innovador del país, ya que la tarea clave de la descentralización no es solo expandir el poder de ingresos y gastos de los gobiernos locales, sino también comprender el objetivo final de este proceso: el cambio cualitativo del sistema económico nacional, con el fin de mejorar su capacidad de innovación y competitividad. Por lo tanto, las reformas de descentralización deben ser el motor de un desarrollo

económico innovador, un resultado esperado de una mayor libertad en la toma de decisiones a nivel local, una mayor autosuficiencia fiscal local y políticas de gasto más efectivas.

2.1.3.3 Descentralización fiscal y crecimiento económico en Europa central y oriental.

La investigación estudia la relación entre el nivel de descentralización fiscal y las tasas de crecimiento económico en 16 países de Europa central y oriental durante el período 1990-2004 (Rodríguez & Krøijer, 2009). Se determina, que, si bien el gasto y las transferencias a los niveles locales de gobierno están negativamente correlacionados con el crecimiento económico, los impuestos asignados de los gobiernos locales cambian de una correlación negativa significativa con el crecimiento nacional a una correlación positiva significativa. Esto respalda la idea de que los gobiernos locales con sus propios flujos de ingresos responden mejor a las necesidades locales y promueven una mayor eficiencia económica.

2.1.3.4 Incentivos fiscales, gasto público y productividad: evidencia a nivel de condado de una provincia china

El artículo desarrolla un nuevo enfoque empírico para analizar el vínculo potencial entre la descentralización fiscal y la eficiencia económica basado en un modelo de frontera estocástica con corrección de error espacial (Brehm, 2013). La descentralización fiscal no se ve como una fuente de crecimiento per se, sino como un programa de incentivos que influye en el gasto de los gobiernos locales como un mecanismo para mejorar las condiciones de inversión. Los datos de panel de la provincia de Zhejiang de 1995 a 2005 muestran que la descentralización de ingresos y gastos promueve la eficiencia en la asignación. Sin embargo, el impacto del beneficio fiscal disminuyó a medida que aumentó la desigualdad de ingresos entre los gobiernos de los condados.

2.1.3.5 Descentralización, desarrollo económico y crecimiento en las provincias turcas

El documento investiga el desarrollo y crecimiento económico de las provincias de Turquía. Los autores Tosun, y Yilmaz (2008) comienzan describiendo los cambios desde principios de la década de 1980 y los recientes esfuerzos de reforma de descentralización. Luego realizan un análisis empírico de los efectos de la descentralización en las provincias turcas utilizando métodos de datos de panel y transversales. El conjunto de datos del panel consta de 67 provincias desde 1976 hasta 2001. El análisis examina si los cambios en la descentralización local entre provincias y a lo largo del tiempo han tenido un impacto significativo en el crecimiento económico y el desarrollo en esas provincias.

Se concluyó que los hallazgos indicaron que la descentralización tuvo un impacto negativo más débil en la economía per cápita de algunas ciudades. Sin embargo, los hallazgos no mostraron ningún impacto significativo de la creación de nuevas provincias mediante la división de las existentes.

2.1.3.6 Descentralización fiscal, crecimiento económico y desarrollo humano: evidencia empírica

El objetivo del artículo publicado es analizar la interacción simultánea entre la descentralización fiscal, el incremento económico y el desarrollo humano usando datos de panel de 18 territorios a lo largo del lapso 2011-2017 (Hung, y Thanh, 2022). Los resultados indican que hay una interacción significativa entre la descentralización fiscal, el incremento económico y el desarrollo humano a partir de diferentes direcciones. Especialmente, en el aumento económico y el desarrollo humano se ven afectados positiva y de manera negativa por la descentralización fiscal, respectivamente. De forma particular, el índice de desarrollo humano fomenta el crecimiento

económico, sin embargo, los resultados también son consistentes con la descentralización basada en el gasto. No obstante, en sentido opuesto, el impacto del desarrollo humano sobre el incremento económico es ambiguo y solo es significativo en la situación de la descentralización del gasto usada deliberadamente como variable explicativa. Además, el crecimiento económico no aumenta la eficiencia de la descentralización fiscal, pero aun así puede reducir el desarrollo humano. El crecimiento económico no aumentará la eficiencia de la descentralización fiscal, pero reduciría el desarrollo humano.

2.1.3.7 Impacto de las regalías en los índices de desarrollo en los municipios del Departamento de Casanare en el período 2001-2015

Los autores Camilo Bottia Wilches y Diana Cuestas Rodríguez en su trabajo de grado de maestría en gerencia para el desarrollo en la Universidad del Externado de Colombia llevaron a cabo una investigación donde el objetivo central del estudio fue examinar el impacto de las regalías en el desarrollo de los municipios pertenecientes al departamento de Casanare, Colombia. Para ello, se categorizaron los municipios en función de su dependencia de estos recursos y se creó un índice de desarrollo basado en indicadores claves: salud, educación y autonomía fiscal. Mediante la técnica de agrupación en conglomerados, específicamente K-medias, se categorizaron los municipios. Posteriormente, se utilizó ANOVA para identificar variaciones significativas en el índice entre los diferentes grupos. Los resultados evidenciaron discrepancias notables entre municipios con alta y baja dependencia de regalías en su desarrollo. De un total de siete municipios altamente dependientes entre 2012 y 2015, cinco experimentaron un aumento o sostenimiento en su índice de desarrollo, mientras que, en contraposición, solo cinco de doce municipios con baja dependencia observaron una mejoría. En conclusión, si bien las regalías influyen en el desarrollo, no siempre garantizan un impacto positivo. A menudo, pueden propiciar una "pereza fiscal", donde

los municipios se vuelven excesivamente dependientes de estos recursos, descuidando la generación de ingresos propios. Este estudio sugiere una correlación de 0,55 entre regalías y desarrollo, resaltando la necesidad de fortalecer la institucionalidad, optimizar la ejecución de recursos y garantizar que estos se adecuen a las demandas reales de la población para maximizar su impacto en el desarrollo local.

2.1.3.8 Los pecados de las regalías en Colombia: impacto en el buen gobierno local

Los autores María Camila Giraldo Giraldo y Cristian Camilo Largo Álvarez llevaron a cabo un estudio que aborda el análisis del Índice de Desempeño Municipal en relación con diversas variables independientes, centrándose particularmente en el contexto de los municipios en Colombia que reciben ingresos por concepto de regalías. El objetivo principal es entender la influencia de variables institucionales, sociales y contextuales sobre el desempeño municipal, especialmente en el contexto de un enfoque neoinstitucional.

Una observación visual destacada en el estudio es que la mayoría de los municipios se sitúan entre valores de 40 y 60 en el Índice de Desempeño Municipal. Se infiere que muchos municipios tienen limitadas capacidades institucionales para gestionar adecuadamente sus recursos y satisfacer las necesidades sociales a nivel local. Además, se observó una tendencia decreciente entre el Índice de Desempeño Municipal y la proporción de regalías en el presupuesto, sugiriendo que, a mayor dependencia de regalías, menor es el desempeño municipal.

Para el análisis detallado, se presentaron dos modelos de regresión. El primero se enfocó en variables institucionales, mientras que el segundo incluyó también variables sociales y contextuales. Los resultados mostraron que el aumento en la proporción de regalías en el presupuesto municipal se correlaciona con una disminución en el Índice de Desempeño Municipal.

Además, las capacidades iniciales y la categoría de ruralidad también mostraron ser significativas y confiables en el modelo.

En conclusión, el estudio valida la hipótesis de que la dependencia de los municipios de las regalías puede tener efectos negativos en su desempeño, sugiriendo que estos recursos pueden ser más una "maldición" que una "bendición" para las entidades territoriales.

2.1.3.9 Impactos de las regalías sobre el crecimiento económico del departamento de La Guajira (1986-2014)

Los autores Nicolette Gavilán Muñoz y Yeferson Alejandro Rincón Rivera realizan un estudio que se centra en la descentralización en Colombia, un proceso en el que el gobierno nacional otorga autonomía económica y política a los gobiernos subnacionales. Esta descentralización busca promover el desarrollo y crecimiento económico en condiciones de equidad y eficiencia, y se consolidó en la Constitución de 1991 en Colombia. El estudio pone particular atención en el Departamento de La Guajira entre 1986 y 2014. La Guajira fue elegida debido a su alto ingreso por regalías (pagos relacionados con la explotación de recursos) pero también a sus elevados índices de pobreza y desigualdad. A través de análisis de datos, se buscó contrastar teorías sobre descentralización y regalías con la realidad socioeconómica de La Guajira.

En cuanto a los resultados, se llevó a cabo una regresión que reveló que, durante el período estudiado, las variables como impuestos, regalías y variación de población explicaban el crecimiento económico de La Guajira. Se encontró que un aumento del 1% en los impuestos llevaba a un cambio del 2,666817 en el PIB per cápita del departamento, un incremento del 1% en las regalías estaba relacionado con una disminución del 0,132542 en el PIB per cápita y un incremento del 1% en la población causaba un cambio de 0,488232 en el PIB per cápita.

El estudio concluye que, a pesar de las expectativas teóricas, el aumento en las regalías no ha llevado a un aumento proporcional en el PIB per cápita en La Guajira. Esto podría estar relacionado con la dependencia del departamento en la explotación de minerales y la volatilidad de sus precios. A pesar de que el PIB total del departamento ha crecido, su PIB per cápita no ha seguido la misma tendencia. Esto se atribuye a factores como la migración y la economía regional. En general, la descentralización, medida a través de las regalías, no ha tenido el impacto positivo esperado en La Guajira, y el estudio señala deficiencias en áreas como salud, educación, y servicios básicos en relación con los ingresos del departamento.

2.1.3.10 Transferencias gubernamentales e inversión en capital en municipios peruanos: el caso de las rentas por recursos naturales

El autor Luis Sánchez en su estudio se centró en analizar los efectos de distintas variables en relación con los ingresos y gastos municipales de Perú en el año 2014. Los datos empleados provinieron del RENAMU, publicado por el INE en 2014, y se basaron en 1838 observaciones. El estudio examinó las transferencias per cápita (transferencia por habitante) que los municipios reciben por recursos naturales. Siguiendo la clasificación de López (2011), se categorizaron los municipios en tres grupos según las transferencias: altas, medias y bajas. Para ello, se usó el promedio de transferencia per cápita nacional como punto de referencia.

Posteriormente, se especificó un modelo econométrico para analizar el gasto de capital en cada grupo, basándose en un modelo anterior de Neyra y Baldárrago (2005). Este modelo buscó entender el impacto de las transferencias, tanto condicionadas como no condicionadas, sobre el gasto de capital. El análisis reveló que, en los municipios con altas y bajas transferencias, estas tuvieron un efecto positivo significativo en el gasto de capital. Por otro lado, en los municipios con transferencias medias, el FONCOMUN tuvo un impacto más grande en el gasto de capital que

las transferencias por recursos naturales. Interesantemente, los ingresos corrientes no mostraron un efecto significativo en el gasto de capital en ninguno de los modelos, sugiriendo la posible presencia del efecto "flypaper".

Finalmente, el estudio muestra que los municipios peruanos dependen ampliamente de transferencias de recursos naturales para financiar sus gastos. A menudo, estas transferencias son vistas solo como ingresos, sin considerar su origen. A pesar de recibir menores transferencias, algunos municipios invirtieron más en salud y educación. En general, los municipios no generan suficientes ingresos propios, confiando en transferencias gubernamentales. Esta investigación, basada en datos de RENAMU 2014, sugiere la necesidad de revisar políticas para un desarrollo más sostenible en el país.

2.1.3.11 Movimientos sociales y desarrollo económico en Chocó, Colombia

Los autores Jaime Bonet-Morón, Yuri Reina-Aranza y Diana Ricciulli-Marin llevaron a cabo un estudio que busca comprender la relación entre las demandas de movimientos sociales en el departamento del Chocó, Colombia y las condiciones socioeconómicas del área. Se llevó a cabo una revisión histórica de las demandas de protestas y se analizaron indicadores económicos y sociales locales. Los hallazgos revelan que las demandas de las protestas se alinean con las deficiencias en desarrollo de la región. Aunque las transferencias del Gobierno nacional a Chocó han aumentado, la eficiencia en la gestión de estos recursos ha sido baja. En Chocó, los fondos del Sistema General de Participaciones (SGP) aumentaron significativamente entre 2002 y 2017, siendo la educación y salud los sectores más financiados. Sin embargo, al evaluar la gestión de estos recursos, Chocó muestra bajos puntajes en movilización de fondos y ordenamiento territorial. Además, el Índice de Transparencia de las Entidades Públicas (ITEP) señala que Chocó tiene el mayor grado de riesgo en términos de transparencia. A pesar del aumento en los recursos por parte

del Gobierno nacional, la financiación sigue siendo insuficiente para cubrir las necesidades de la población. En resumen, aunque los recursos han aumentado en Chocó, la gestión y eficiencia deben mejorarse para abordar adecuadamente las demandas de los residentes.

2.1.3.12 Las transferencias intergubernamentales y el gasto local en Colombia.

El autor Ignacio Lozano en su estudio se centró en analizar el impacto de diferentes fuentes de financiamiento sobre el gasto público local en 958 municipios de Colombia, representando aproximadamente el 92% de la muestra total, utilizando datos fiscales del Banco de la República y el DNP en 1994. A través de dos versiones del modelo, se estimaron diversas ecuaciones que revelaron, entre otros hallazgos, que por cada mil pesos que incrementan los ingresos de un municipio, ya sea por transferencias, renta, deuda u otros ingresos, el gasto en bienes públicos locales aumenta en \$44 pesos si el municipio asume totalmente el pago, o \$40 si parte del pago lo cubre el gobierno central. Sorprendentemente, se encontró que solo \$0,044 de cada peso transferido por el gobierno nacional a los municipios se gasta en bienes públicos locales, mientras que el resto se destina a aliviar la carga fiscal. Además, las transferencias nacionales a los municipios y el endeudamiento local fueron las principales fuentes de expansión del gasto público local.

2.1.3.13 Descentralización fiscal y crecimiento económico en Colombia: evidencia de datos de panel a nivel regional

El estudio titulado "Descentralización fiscal y crecimiento económico en Colombia: Evidencia de datos de panel a nivel regional" realizado por Ignacio Lozano y Juan Manuel Julio, se centra en analizar el impacto de la descentralización fiscal en el crecimiento económico regional en Colombia, particularmente desde la promulgación de la Constitución Política de 1991. A través de un enfoque empírico basado en un panel de datos, el estudio utiliza el estimador "promedio del

grupo aumentado" (AMG) para incorporar determinantes del crecimiento no observados propuestos en la literatura previa. Esta técnica de análisis se complementa con modelos de corte transversal, pruebas de hipótesis sobre la complementariedad de los bienes públicos suministrados por diferentes jurisdicciones y evaluaciones de la convergencia en las diferencias de ingreso regionales.

Los hallazgos del estudio indican una relación positiva y robusta entre la descentralización fiscal y el crecimiento económico en todas las regiones de Colombia, lo que sugiere que la transferencia de responsabilidades fiscales a los gobiernos regionales ha tenido un efecto fortalecedor en el crecimiento. Se destacan varios factores comunes no observables, como la cultura, costumbres, clima, geografía y calidad de las instituciones, que pueden influir en el crecimiento. Además, los resultados evidencian que los bienes públicos, especialmente los relacionados con la infraestructura, suministrados por diferentes jurisdicciones tienen un impacto indirecto positivo en el crecimiento de otras regiones.

2.1.3.14 Capacidad del Estado regional y desempeño económico en Colombia

El autor Wilfred Alonso Romero Arciniegas en su estudio se centra en la capacidad estatal y su impacto en el desarrollo económico de las 32 regiones de Colombia. Utilizando datos de los municipios colombianos, se crearon cuatro índices: Fiscal, Violencia, Burocrático y Operacional, mediante un análisis de componentes principales. Dado que los datos del PIB no estaban disponibles a nivel municipal, se utilizó la iluminación nocturna (NTL) como proxy para el desarrollo económico. A través de modelos de regresión, el estudio concluyó que un mayor nivel de capacidad estatal se correlaciona con un mayor desarrollo. Entre los hallazgos, se destaca que la autonomía fiscal tiene una fuerte correlación positiva con el desarrollo, mientras que el índice

operacional mostró una relación inesperadamente negativa, posiblemente debido a los desafíos que enfrentan los municipios más pequeños en términos de equilibrio fiscal anual.

A partir del análisis de las investigaciones citadas, es evidente que uno de los objetivos primordiales de estas es determinar si la descentralización contribuye a que países, departamentos y/o municipios experimenten un crecimiento y, con ello, un desarrollo económico. Existe un consenso en la literatura revisada que sostiene que la descentralización facilita que las transferencias otorgadas a los gobiernos subnacionales desempeñen un papel crucial en el impulso y renovación de las regiones. Así mismo, diversos estudios han explorado el impacto de las regalías y transferencias en indicadores de crecimiento a nivel regional. Aunque la mayoría reconoce un patrón recurrente: la mera recepción de estos ingresos por parte de las regiones no garantiza un desarrollo elevado. Este cúmulo de evidencia respalda y valida la dirección de la presente investigación propuesta, que busca entender la relación entre la descentralización y el desarrollo económico, específicamente en el departamento de Santander.

3 Planteamiento del problema

Desde los años 1980 empieza una tendencia descentralizadora en América latina que involucran a Brasil, Bolivia y Colombia, el gasto descentralizado de los gobiernos subnacionales sube de un 12% en 1980 a cerca de un 19% en el 2005 (Finance Yearbook FMI, Banco Mundial, Bancos Centrales, Fichas Nacionales) con esto se ve reflejado un claro ejemplo de cómo la descentralización causa un importante aumento en el gasto de los gobiernos subnacionales.

En Colombia, la constitución política de 1991 establece a través del artículo 1 que “Colombia es un Estado social de derecho, organizado en forma de República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y

pluralista, fundada en el respeto de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que la integran y en la prevalencia del interés general” (Constitución Política de la República de Colombia (Const). Art. 1. 4 de Julio de 1991. (Colombia)). La situación actual se basa en una estructura de gobierno donde el nivel nacional se encarga de crear condiciones para la provisión de bienes y servicios y los entes territoriales tienen la responsabilidad de asegurar la prestación de servicios públicos locales.

La descentralización en Colombia ha desempeñado un papel crucial en las esferas políticas, económicas y sociales. Desde una perspectiva política, este proceso ha consolidado la relevancia de los municipios, alcaldías, departamentos y gobernaciones, presentándolos como pilares esenciales dentro del tejido estatal y ofreciendo alternativas al centralismo tradicionalmente radicado en Bogotá, lejos de las dinámicas específicas de las diversas regiones. Económicamente, la descentralización ha otorgado a las entidades locales la capacidad de generar ingresos, permitiéndoles financiar sus funciones y respaldar políticas nacionales a través del traspaso de recursos del gobierno central. Esta cercanía con las comunidades es crucial para el éxito de la descentralización, ya que facilita una comprensión más clara de las necesidades y preferencias locales, asegurando una utilización más eficiente de los recursos y una entrega más adecuada de servicios públicos. A nivel social, la descentralización ha sido esencial para potenciar las habilidades y competencias de las regiones y localidades, permitiéndoles dirigir su propio desarrollo reconociendo y aprovechando sus recursos y capacidades para el beneficio de sus habitantes y territorios.

Dennis Rondinelli caracteriza la descentralización como el acto de delegar autoridad y deberes relacionados con la planificación, administración, obtención y distribución de recursos y otras funciones desde el gobierno central y sus entidades hacia unidades descentralizadas, ya sean

estas partes de ministerios, agencias gubernamentales, entidades subordinadas o niveles inferiores del gobierno, corporaciones semiindependientes, o incluso organizaciones no gubernamentales o voluntarias.

Por otro lado, el desarrollo económico local se describe como una metamorfosis de la economía y sociedad de un área específica, que busca enfrentar y superar los desafíos presentes en la moderna era de competencia y globalización económica, así como poner en valor la sostenibilidad medioambiental, con el propósito último de elevar la calidad de vida de sus habitantes. Para lograr esto, es imperativo un esfuerzo conjunto y decidido entre diferentes actores locales, ya sean públicos o privados, con el objetivo de cultivar un ambiente propicio para el crecimiento de actividades productivas. Esto es especialmente relevante para microempresas y empresas de pequeño y mediano tamaño. Se busca utilizar de manera eficaz y sustentable los recursos internos del territorio y capitalizar las oportunidades de crecimiento externo o el vigor de las actividades empresariales ya existentes en el área. Esta definición proviene del análisis de Aghón, G., Albuquerque, F., y Cortés, P. realizado en 2001, que compara el desarrollo económico local y la descentralización en el contexto latinoamericano.

Aunque se tiene la percepción de que el desarrollo económico se alcanza principalmente a través del acceso a recursos financieros, este enfoque es limitado. Es crucial considerar que un pilar fundamental para el progreso es la integración de innovaciones en el entramado productivo y corporativo. De especial interés son las innovaciones sociales e institucionales que se relacionan con la creación de redes, el desarrollo del capital social, la colaboración entre empresas y el entendimiento mutuo entre el sector público y privado. Además, es esencial profundizar en las perspectivas teóricas que examinan cómo el gasto público influye en el dinamismo empresarial.

La presente investigación surge de la necesidad de analizar el desarrollo económico y empresarial en el departamento de Santander, con el propósito de estudiar su afectación positiva o negativa como producto de la descentralización.

Se ha empleado el modelo estadístico de datos panel con efectos mixtos en este proyecto de investigación. Este modelo es particularmente útil para datos que registran observaciones sobre múltiples sujetos (como individuos, empresas, países, etc.) a lo largo de diferentes períodos de tiempo. En el contexto de la presente investigación, este modelo se ha aplicado para analizar los datos de los municipios de la región de Santander durante los 18 años propuestos como línea temporal para el estudio.

Se utilizó la herramienta Google Colab, donde se empleó el lenguaje de programación Python debido a su versatilidad en el manejo de datos. Esto facilitó el proceso de tratamiento, limpieza y selección de datos para construir la base de datos panel. Posteriormente, para las operaciones estadísticas, se recurrió al software especializado Stata. Este enfoque permitió determinar la relación entre las variables estudiadas y realizar un análisis profundo de los resultados. A través de este análisis, se pudo determinar la influencia del proceso de descentralización y las transferencias de recursos nacionales en el crecimiento del desarrollo empresarial y los sectores que experimentaron un aumento económico.

3.1 Pregunta de investigación

¿La organización descentralizada de los poderes públicos y de las administraciones, en Colombia, específicamente en la región de Santander, ha favorecido el surgimiento de dinámicas económicas, generando un desarrollo local?

4 Marco de antecedentes

Se exponen tres trabajos de grados, uno presentado como tesis de maestría en la universidad de los Andes, también un proyecto de grado de Economía en la Universidad Industrial de Santander y una tesis de doctorado en la Universidad Libre. Estos proyectos de grado sirven como referencia en el marco conceptual al tema de las incidencias de las transferencias de recursos territoriales y la incidencia en el desarrollo económico local del departamento de Santander.

Gutiérrez Orozco (2006) desarrolló un trabajo de grado para optar por el título de Maestría en Economía, titulado “Impacto de la descentralización fiscal sobre el crecimiento económico en Colombia”. Se hace una revisión histórica, un análisis cuantitativo y una estimación empírica del impacto que conlleva la descentralización fiscal en el crecimiento económico nacional desde que se instauró la constitución de 1991. En conclusión, se halla un impacto levemente negativo, más no significativo, de la descentralización como pieza clave del crecimiento económico en el territorio. Esto quiere decir que la descentralización no afectó de manera positiva el crecimiento como supone la teoría económica tradicional. Esto debido a algunas causas como lo son las deficiencias institucionales que llevan a un aumento desmedido del gasto público en los gobiernos locales. Igualmente se aumentaron las diferencias fiscales, sociales y económicas a través de gastos inequitativos e ineficientes, provocando un incremento en las brechas regionales, perjudicando el crecimiento económico. Si bien las estimaciones para el caso colombiano no demuestran de manera contundente el impacto negativo de la descentralización sobre el crecimiento, ni aclaran la incertidumbre en el debate económico actual, el trabajo parece haber encontrado resultados en esta dirección, y agrega con base en los resultados empíricos existentes, que puede haber una relación negativa entre la descentralización y el crecimiento.

Nader Orfale (2015) llevó a cabo una investigación para obtener su título de Doctor en Derecho, bajo el nombre “Descentralización de la descentralización: Incidencia de los procesos de descentralización sobre los municipios y distritos en su organización y división territorial”. En este estudio, se aborda el acto legislativo 01 de 1968, que permite a las entidades territoriales a nivel municipal establecer divisiones administrativas. Con ello, se introduce un nuevo nivel de descentralización dentro de la entidad territorial. Esto juega un papel esencial al potenciar la participación ciudadana en las regiones, ya que permite que las comunidades tomen un rol activo en su desarrollo. Esta acción refuerza la democracia participativa y redefine su alcance. Se destaca la relevancia de la descentralización y la participación ciudadana, pues son esenciales para consolidar un territorio, fortalecer la democracia y generar confianza en las instituciones y en el estado. En este contexto, la descentralización se presenta como la herramienta ideal para impulsar el desarrollo social, económico y político, y promover la participación social en la toma de decisiones sobre el futuro de la comunidad.

Su propósito se basa en la caracterización de la incidencia de la descentralización en la organización y división de los territorios distritales y municipales en Colombia a partir del estudio de realidades locales.

Hernández Gutiérrez & Mendoza Delgado (2019) llevaron a cabo un trabajo de grado para optar por el título de Economistas, titulado “Incidencia del sistema fiscal en las economías regionales: Un análisis comparado para Santander, Antioquia y Valle del Cauca. 2008-2016” El propósito de este proyecto es evaluar, a través de un análisis comparativo, las desigualdades que se presentan en la estructura tributaria de Colombia. A partir de la relación entre las desigualdades económicas regionales y los sistemas fiscales, desde un marco constitucional, Colombia revela los principios del proceso de descentralización que guían su estructura fiscal. Para las regiones, bajo

un marco sectorial, el impacto fiscal de las disparidades económicas se configura a partir de las transferencias con base en el análisis estadístico comparativo del ingreso per cápita en relación con la densidad de población en los sectores estudiados.

Como resultado se encuentra que las transferencias del Sistema General de Participaciones ayudaron a mejorar la distribución de los ingresos en los departamentos de Antioquia, Santander y Valle del Cauca, mientras que los efectos de los recursos provenientes del Sistema General de Regalías son pocos significativos a pesar su intención de una mejor distribución territorial. Así mismo, desde un enfoque de autonomía fiscal por medio de los ingresos propios se halló que los esfuerzos de dichos departamentos no se concentran en impulsar la reducción de las desigualdades económicas.

Los trabajos mencionados anteriormente son de gran aporte para la presente investigación, debido a que presentan literatura concisa y pertinente para el trabajo de grado que se está llevando a cabo y a su vez presentan características en común como la inversión pública siendo eje principal para el desarrollo local y la descentralización como proceso importante para abarcar una mayor área de incidencia en procesos de desarrollo económico, social y político.

4.1 Marco teórico

4.1.1 Modelos Lineales de Efectos Mixtos

4.1.1.1 Modelos de regresión lineal

Un modelo de regresión lineal general para datos transversales se puede escribir como:

Figura 16

Modelo de regresión lineal múltiple.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} + \epsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

Donde y_i es la respuesta para el individuo i , los β_j son parámetros desconocidos, x_{ij} es la j -ésima covariable para el individuo i , $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$, $\beta = (\beta_0, \dots, \beta_p)^T$, y ϵ_i , son los errores aleatorios.

$$y_i = \begin{pmatrix} y_1 \\ \cdot \\ n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1p} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{np} \end{pmatrix}, \epsilon_i = \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \cdot \\ \epsilon_n \end{pmatrix}$$

Modelo 4 puede ser escrito de la siguiente forma:

Figura 17

Modelo de regresión lineal múltiple forma matricial

$$y = X\beta + \epsilon \quad (4)$$

Las suposiciones estándar para los modelos 4 y 5 son (1) los errores ϵ_i son independientes, (2) los errores ϵ_i tienen media cero, $E(\epsilon) = 0$, y una varianza constante σ^2 , es decir, $\text{Var}(\epsilon) = \sigma^2 \text{In}$, donde In es la matriz identidad de $n \times n$, y (3) los errores ϵ_i se distribuyen como una normal, $\epsilon \sim N(0, \sigma^2 \text{In})$. La distribución marginal de y , bajo las suposiciones del modelo, está dada por:

Figura 18

Distribución normal multivariada

$$y \sim N(X\beta, \sigma^2 \text{In}) \quad (5)$$

Bajo las suposiciones del modelo.

El método de mínimos cuadrados para estimar los β es minimizar $Q(\beta) = (y - X\beta)^T (y - X\beta)$. Las estimaciones de los parámetros son:

Figura 19*Ecuaciones para estimar los Parámetros*

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y, \quad \hat{\sigma} = \frac{RSS}{n - p - 1} = \frac{r^T r}{n - p - 1} \quad (6)$$

Donde $r = y - X\hat{\beta}$ es un vector de residuos, y $RSS = r^T r$ es la suma residual de cuadrados. Los residuos representan las diferencias entre los valores ajustados y los valores observados de la respuesta, por lo que se pueden usar para verificar si el modelo se ajusta bien a los datos. Para el modelo lineal 5, las estimaciones de mínimos cuadrados son idénticas a las estimaciones de máxima verosimilitud. Se demuestra que:

Figura 20*Distribución de muestreo de las estimaciones de los coeficientes*

$$\hat{\beta} \sim N(\beta, \sigma^2 (X^T X)^{-1}) \quad (7)$$

Este resultado se puede usar para construir intervalos de confianza y realizar pruebas de hipótesis para β .

Las expresiones en forma cerrada o analíticas de los resultados en (6) - (8) dependen de la linealidad del modelo en los parámetros y otras suposiciones. Para modelos lineales generales o no lineales, que son no lineales en los parámetros, dichas expresiones en forma cerrada o analíticas no están disponibles.

Para el diagnóstico del modelo, se debe verificar: 1) si las suposiciones del modelo son válidas, es decir, revisar su bondad de ajuste, varianza constante y normalidad; 2) si hay valores atípicos; y 3) si hay observaciones influyentes, las cuales pueden tener grandes impactos en las estimaciones de parámetros, pero no necesariamente son valores atípicos. El diagnóstico del

modelo a menudo se basa en herramientas gráficas como gráficos de residuos, aunque también están disponibles algunos métodos formales.

4.1.1.2 Modelos LME

Para datos longitudinales o agrupados, el modelo de regresión lineal clásico (5) no es adecuado porque las observaciones dentro de cada individuo o grupo pueden estar correlacionadas (por lo que la suposición de independencia para el modelo (5) no se cumple). Para incorporar la correlación dentro de individuos o grupos y la variación entre individuos o grupos, se puede extender el modelo (5) introduciendo efectos aleatorios en el modelo y así obtener un modelo LME.

El modelo:

Se tiene que y_{ij} sea el valor de respuesta para el individuo i en el tiempo t_{ij} , donde $i = 1, 2, \dots, n$ y $j = 1, 2, \dots, n_i$. Y que $y_j = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ini})^T$ sea las n_i observaciones repetidas dentro del individuo i . Un modelo LME general puede ser escrito como (Laird y Ware 1982):

Figura 21

Modelo mixto lineal

$$y_i = X_i\beta + Z_i b_i + e_i \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (8)$$

Figura 22

Distribuciones de los efectos aleatorios y los errores en un modelo mixto lineal

$$b_i \sim N(0, D), \quad e_i \sim N(0, R_i), \quad (9)$$

Donde $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)^T$ Son los parámetros de población (o efectos fijos), $b_i = (b_{i_1}, \dots, b_{i_q})^T$ son los efectos aleatorios, X_i , es una matriz de diseño de $n_i \times (p+1)$ que contiene las covariables del individuo i , Z_i es una matriz de diseño de $n_i \times q$ (frecuentemente Z_i es una

submatriz de X_i), $e_i = (e_{i_1}, \dots, e_{i_q})^T$ son los errores aleatorios de las mediciones dentro del individuo, R_i es una matriz de varianza-covarianza de $n_i \times n_i$ de las mediciones dentro del individuo, y D es la matriz de varianza-covarianza de los efectos aleatorios.

Se realiza una suposición distribucional para los efectos aleatorios en (10) ya que se considera que los sujetos muestreados representan una población de sujetos. La matriz D suele ser no estructurada, pero puede ser estructurada, como una matriz diagonal (Jennrich y Schluchter 1986). Las varianzas de los efectos aleatorios b_i , o los elementos diagonales de D , a veces se llaman componentes de varianza, que miden la variabilidad de las trayectorias longitudinales entre individuos que no son explicadas por las covariables. Las varianzas de e_{ij} , o los elementos diagonales de R_i , miden la variabilidad de las mediciones repetidas dentro de cada individuo. Se asume que b_i y e_i son independientes.

Se supone a menudo que la matriz de covarianza R_i , depende de i solo a través de sus dimensiones. Por ejemplo, a menudo se supone que $R_i = \sigma^2 I_{n_i}$. Esto sugiere que las mediciones dentro del individuo son condicionalmente independiente dados los efectos aleatorios. Esta suposición puede ser razonable cuando las mediciones dentro del individuo están bastante separadas, de modo que la autocorrelación dentro del individuo es prácticamente despreciable, o que la variación entre individuos es dominante. En muchos casos, una caracterización precisa de R_i es menos crítica.

El modelo LME 9 y 10 incorpora específicamente dos fuentes de variabilidad: la variación dentro del individuo y la variación entre individuos. Por lo tanto, se puede interpretar como un modelo jerárquico de dos etapas: la etapa 1 especifica la variación dentro del individuo que está dada por 9 y la etapa 2 especifica la variación entre individuos, que está dada por 10.

Es importante destacar que el modelo LME 9 y 10, difiere del modelo clásico de regresión lineal 5 sólo por el término $Z_i b_i$, que vincula los efectos aleatorios a la respuesta.

La distribución marginal de la respuesta y_i , es dada por:

Figura 23

Distribución marginal de la respuesta y_i en un modelo lineal mixto

$$y_i \sim N(X_i \beta, Z_i D Z_i^T + R_i) \quad (10)$$

Por lo tanto, la estructura de varianza-covarianza de las observaciones repetidas dentro del individuo i está dada por:

Figura 24

Matriz de covarianza de las observaciones y_i

$$Cov(y_i) = V_i = Z_i D Z_i^T + R_i \quad (11)$$

La media marginal $E(y_i) = X_i \beta$ puede interpretarse como un promedio sobre todos los efectos aleatorios, por lo que no refleja las trayectorias individuales. En cambio, la inferencia específica para el individuo se realiza condicionando a los efectos aleatorios b_i . La inferencia para los parámetros de la población β se basa en la distribución marginal (11).

Se debe tener en cuenta que la capacidad de derivar la distribución marginal de y_i en forma cerrada en (11) depende de las suposiciones de que los efectos aleatorios b_i y los errores aleatorios e_i son lineales en el modelo LME (9) y que b_i y e_i son independientes y distribuidos normalmente.

La identificabilidad de parámetros (o identificabilidad del modelo) es un problema importante en modelos de efectos mixtos. Se dice que los parámetros o modelos son no identificables si dos conjuntos de diferentes parámetros conducen a la misma distribución de probabilidad. Demidenko (2004) y Wang y Heckman (2009) discutieron la identificabilidad de

parámetros para modelos LME. En particular, Wang y Heckman (2009) mostraron que el modelo LME (9) y (10) siempre es identificable cuando $R_i = \sigma^2 I$.

La inferencia estadística para un modelo LME típicamente se basa en el método de máxima verosimilitud o en el método de máxima verosimilitud restringida (Laird y Ware 1982; Lindstrom y Bates 1988).

Se denota η como el vector de todos los parámetros distintos en las matrices de varianza-covarianza D y R_i , y se deja que $\theta = (\beta, \eta)$ denote todos los parámetros en el modelo LME (9) y (10). La verosimilitud para los datos observados $y = \{y_1, \dots, y_n\}$ es dada por:

Figura 25

Función de verosimilitud

$$L(\theta|y) = \prod_{i=1}^n f(y_i | \beta, \eta) \tag{12}$$

Figura 26

Función de verosimilitud marginalizada

$$= \prod_{i=1}^n \int f(y_i | b_i, \beta, R_i) f(b_i | D) db_i \tag{13}$$

Donde

$$f(y_i | b_i, \beta, R_i) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n_i}{2}} |R_i|^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2} (y_i - X_i\beta - Z_i b_i)^T R_i^{-1} (y_i - X_i\beta - Z_i b_i)\right),$$

$$f(b_i | D) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{q}{2}} |D|^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2} b_i^T D^{-1} b_i\right)$$

En el caso de que $R_i = \sigma^2 I$, dados los parámetros de varianza-covarianza η (o $V_i = V_i(\eta)$), los valores de β y σ^2 que maximizan la verosimilitud son:

$$\hat{\beta} = \left(\sum_{i=1}^n X_i^T V_i^{-1} X_i \right)^{-1} \sum_{i=1}^n X_i^T V_i^{-1} y_i$$

$$\widehat{\sigma^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - X_i \hat{\beta})^T V_i^{-1} (y_i - X_i \hat{\beta})$$

los cuales pueden ser usados para derivar la verosimilitud del perfil.

Las estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros desconocidos en el modelo LME (9) y (10) se pueden obtenerse utilizando un algoritmo iterativo como el algoritmo de maximización de expectación (EM) o el método de Newton-Raphson (Laird y Ware 1982; Lindstrom y Bates 1988; Verbeke y Molenberghs 2001).

El algoritmo EM es un algoritmo iterativo popular típicamente usado para calcular las MLEs en presencia de datos faltantes o no observables (Dempster, Laird y Rubin 1977). Es general, simple y estable. Puede usarse para inferencia de verosimilitud en modelos de efectos mixtos en los que los efectos aleatorios se consideran como no observables o "datos faltantes".

El algoritmo EM itera entre un paso E, que calcula la expectativa condicional de la log-verosimilitud de "datos completos" dada la data observada y las estimaciones actuales de los parámetros, y un paso M, que maximiza la expectativa condicional en el paso E para obtener estimaciones de parámetros actualizadas. Dados valores iniciales de los parámetros desconocidos, uno itera entre el paso E y el paso M hasta la convergencia. Al converger, las estimaciones finales de los parámetros son maximizadores (posiblemente locales) de la verosimilitud de los datos observados. Los errores estándar de las MLEs no se producen directamente en el algoritmo EM, pero pueden obtenerse por separado.

Para el modelo LME (9) y (10), si se tratan los efectos aleatorios como "datos faltantes", entonces se tienen "datos completos" $(y, b) = \{(y_i, b_i), i = 1, 2, \dots, n\}$. Se permite que k denote el número de iteración, $k = 0, 1, 2, \dots$. El paso E del algoritmo EM en la iteración k calcula:

Figura 27

Función Q en el contexto del Algoritmo EM (Expectation-Maximization)

$$Q(\theta|\theta^{(k)}) = E[\log L(\theta|y, b)]_{y, \theta^{(k)}} \tag{14}$$

$$= E \left[\sum_{i=1}^n (\log f(y_i|b_i, \beta, R_i) + \log f(b_i|D))_{y_i, \theta^{(k)}} \right]$$

donde la expectativa condicional se toma respecto a la distribución condicional $f(b_i|y_i, \theta^k)$. Para los modelos LME, el paso E se simplifica al cálculo de las siguientes estadísticas suficientes de los parámetros de varianza-covarianza η en las matrices de covarianza D y R_i :

$$\sum_{i=1}^n E[e_i^T e_i | y_i, \widehat{\theta}^{(k)}] = \sum_{i=1}^n \left(\widehat{e_i^{(k)T} e_i^{(k)}} + \text{tr} \left[\text{Cov}[e_i | y_i, \widehat{\theta}^{(k)}] \right] \right)$$

$$\sum_{i=1}^n E[b_i b_i^T | y_i, \widehat{\theta}^{(k)}] = \sum_{i=1}^n \left(\widehat{b_i^{(k)} b_i^{(k)T}} + \text{Cov}[b_i | y_i, \widehat{\theta}^{(k)}] \right)$$

Donde

$$\widehat{e_i^{(k)}} = y_i - X_i \widehat{\beta}^{(k)} - Z_i \widehat{b_i^{(k)}}$$

$$\widehat{b_i^{(k)}} = D(\widehat{\eta}^{(k)}) Z_i^T V_i^{-1} (\widehat{\eta}^{(k)}) (y_i - X_i \widehat{\beta}^{(k)}),$$

$$V_i(\widehat{\eta}^{(k)}) = Z_i D(\widehat{\eta}^{(k)}) Z_i^T + R_i(\widehat{\eta}^{(k)}).$$

y las matrices de covarianza posteriores se pueden obtener de la densidad normal conjunta de (y_i, b_i, e_i) .

El paso M encuentra una estimación de parámetro actualizada $\theta^{(k+1)}$ que maximiza $Q(\theta|\theta^k)$ es decir,

$$\widehat{\beta}^{(k+1)} = \left(\sum_{i=1}^n X_i^T \widehat{V}_i^{-1}(\widehat{\eta}^{(k)}) X_i \right)^{-1} \sum_{i=1}^n X_i^T \widehat{V}_i^{-1}(\widehat{\eta}^{(k)}) y_i.$$

$$\widehat{\sigma}^{(k+1)2} = \frac{\sum_{i=1}^n E[e_i^T e_i]_{y_i, \widehat{\theta}^{(k)}}}{\sum_{i=1}^n n_i}.$$

$$\widehat{D}^{(k+1)} = \frac{\sum_{i=1}^n E[b_i b_i^T]_{y_i, \widehat{\theta}^{(k)}}}{n}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Se itera el procedimiento anterior hasta la convergencia, obteniendo el estimador de máxima verosimilitud (EMV) de θ . Cabe destacar que, para los modelos LME, los efectos aleatorios no observables se pueden integrar en el paso E del algoritmo EM, por lo que se pueden obtener expresiones analíticas (o en forma cerrada) del paso E y el paso M, lo cual no es posible para los modelos GLMM y NLME.

Los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis para los parámetros en un modelo LME a menudo se basan en resultados asintóticos (Miller 1977), ya que no se puede derivar explícitamente la distribución de muestra finita exacta de los EMV. Es decir, se puede usar la distribución normal asintótica del EMV para obtener intervalos de confianza aproximados y pruebas de hipótesis para los parámetros.

Dado un conjunto de datos, los efectos aleatorios se pueden estimar mediante los siguientes estimadores empíricos bayesianos.

Figura 28

Estimación de los efectos aleatorios b_i en el contexto de modelos lineales mixtos

$$\widehat{b}_i = E(b_i | y_i, \widehat{\theta}) = D(\widehat{\eta}) Z_i^T V_i^{-1}(\widehat{\eta}) (y_i - X_i \widehat{\beta}). \quad (15)$$

Estas estimaciones de efectos aleatorios se pueden utilizar para inferencias específicas del individuo. Por ejemplo, una trayectoria de respuesta predicha para el individuo j se da por:

$$\hat{y}_j = X_j\hat{\beta} + Z_j\hat{b}_j.$$

4.1.2 Análisis de componentes principales

La idea central del análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés) es reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos que consta de un gran número de variables interrelacionadas, mientras se retiene tanto como sea posible de la variación presente en el conjunto de datos. Esto se logra transformando a un nuevo conjunto de variables, los componentes principales (PCs), que no están correlacionadas y que están ordenadas de tal manera que las primeras retienen la mayoría de la variación presente en todas las variables originales.

El análisis de componentes principales hace parte de las técnicas conocidas como unsupervised learning, donde se trata de predecir una variable y dependiente a través de una serie de variables independientes o predictores.

El método de análisis de componentes permite agrupar información aportada por un número mayor de variables en sus componentes. Es un método muy utilizado para análisis de regresión, entre otros, dado que permite enfrentar problemas como los de la multicolinealidad.

4.1.2.1 Eigenvectors

Se trata de una multiplicación entre una matriz y un vector. Donde el vector que resulta de la multiplicación aplicada será un múltiplo entero del vector original. Por lo tanto, los eigenvector de una matriz serán los vectores que, al multiplicarse por la matriz, resultarán en el mismo vector o en un múltiplo entero del mismo.

4.1.2.2 Eigenvalue

Cuando alguna matriz es multiplicada por uno de sus eigenvectores se obtiene un múltiplo del vector original. El valor que es multiplicado por el eigenvector obtenido se le conoce como eigenvalue. Todo eigenvector tiene un eigenvalue y viceversa.

4.1.2.3 Cálculo de las componentes principales

Cada componente principal (Z_i) es obtenida a través de una combinación lineal de las variables que se tenían originalmente. Son nuevas variables que son resultado de una combinación determinada de las variables originales. La primera componente principal de un determinado grupo de variables (X_1, X_2, \dots, X_p) será la combinación lineal normalizada de dichas variables que tienen mayor varianza:

$$Z_1 = \phi_{11}X_1 + \phi_{21}X_2 + \dots + \phi_{p1}X_p$$

Que la combinación lineal sea normalizada implica que:

$$\sum_{j=1}^p \phi_{j1}^2 = 1$$

Los ϕ son conocidos como loadings y tienen la función de describir la componente. Estos se pueden interpretar como el peso o la importancia que tiene cada una de las variables en cada componente. El proceso por seguir para calcular una componente es el siguiente:

- Centralización de variables: la media es restada a cada valor de su respectiva variable. Para que todas las variables tengan media cero.
- A través de un ejercicio de optimización se resuelve encontrar el valor de los loadings que maximizan la varianza. Esta optimización puede ser resuelta a través de un cálculo de eigenvector-eigenvalue de la matriz de covarianzas.

Al tener la primera componente (Z1) se procede a calcular la segunda componente haciendo uso del mismo procedimiento, con el único cambio de que se añade una condición que indica que la combinación lineal no puede estar correlacionada con la primera componente calculada. Es equivalente a decir que Z1 y Z2 deben ser perpendiculares.

4.1.3 Sistema general de participaciones (SGP)

El sistema general de participaciones es uno de los programas más relevantes de inversión social en el país. Su característica principal radica en que sus recursos financian municipios y otros servicios de los gobiernos locales, principalmente en las áreas de educación, saneamiento, agua potable y alcantarillado.

Así, el SGP se convierte en un instrumento esencial para la implementación de la descentralización. Sin esta transferencia de recursos, las entidades territoriales enfrentarían desafíos para asumir las responsabilidades delegadas en el marco de la descentralización. De ahí la importancia de que el SGP opere de forma adecuada y transparente, asegurando un uso eficiente de los recursos para beneficiar a quienes más lo requieren.

4.1.4 Sistema general de regalías (SGR)

El sistema general de regalías es un plan que busca una distribución más justa, basada en los principios de descentralización y autonomía de las entidades locales, que garantice el uso eficiente de los recursos. Para ello se han creado nuevos fondos e instituciones para incrementar la transparencia y el uso eficiente de los recursos de las regalías.

4.1.5 Ingresos de capital de regalías

Son las regalías no asignadas directamente a los departamentos y municipios productores, distribuidas por el Fondo Nacional de Regalías. Sus recursos se destinan en la promoción de la minería, medio ambiente, y en proyectos regionales de inversión. (Universidad de los Andes, Panel

municipal del CEDE, Panel Buen Gobierno, 2022). La variable independiente fue seleccionada basándose en el criterio personal del investigador y con referencia en literatura previa, debido a que las regalías son pagos que hace el sector extractivo (como el minero o petrolero) al gobierno por el derecho a extraer recursos naturales. Estos recursos, a menudo, se distribuyen a nivel local y regional para financiar proyectos de desarrollo.

Algunos investigadores, tales como Camilo Wilches, Diana Cuestas, María Giraldo, Cristian Largo, Nicolette Muñoz y Yeferson Rincón han llevado a cabo estudios de investigación donde analizaron la influencia de las regalías en indicadores de desarrollo regional.

Los ingresos de capital derivados de regalías, como los que provienen del sector extractivo (minería, petróleo, gas, entre otros), tienen el potencial de influir significativamente en el desarrollo económico regional por varias razones:

Financiamiento de Proyectos de Inversión: Los recursos de regalías pueden ser invertidos en proyectos de infraestructura, tales como carreteras, puertos, aeropuertos, y sistemas de transporte público. Estas infraestructuras pueden mejorar la conectividad y eficiencia del transporte, facilitando el comercio y la inversión.

Estímulo al Empleo: La inversión en proyectos de desarrollo puede generar empleo en la región, tanto en la fase de construcción como en la operación y mantenimiento.

Mejora de Servicios Públicos: Los fondos pueden ser destinados a mejorar servicios públicos esenciales como educación, salud y seguridad. Una población más educada y sana puede contribuir de manera más productiva a la economía.

Desarrollo de Otras Industrias: La inversión en sectores específicos, como tecnología, turismo o agricultura, puede diversificar la economía regional y reducir la dependencia del sector extractivo.

Aumento del Consumo Local: Con una mayor disponibilidad de recursos, las administraciones locales pueden invertir en la mejora de las condiciones de vida de sus habitantes, lo que podría llevar a un aumento en el consumo y, por lo tanto, estimular la economía local.

Investigación y Desarrollo: Parte de las regalías puede ser asignada a la investigación y desarrollo, impulsando la innovación y el desarrollo tecnológico en la región.

Capacitación y Formación: Los recursos pueden ser empleados en programas de capacitación y formación para los trabajadores, lo que aumentaría su productividad y podría atraer empresas que buscan una mano de obra calificada.

Sin embargo, es importante señalar que la influencia positiva de las regalías en el desarrollo económico regional no está garantizada. Factores como la gestión adecuada de los recursos, la transparencia en su asignación y gasto, y la capacidad institucional local son esenciales para que los ingresos por regalías se traduzcan en desarrollo sostenible. En ausencia de una buena gestión, estos recursos pueden desperdiciarse, o incluso, en algunos casos, pueden contribuir a conflictos o a la llamada "maldición de los recursos naturales", donde la dependencia excesiva de los ingresos por recursos naturales lleva a problemas económicos y políticos.

Por lo tanto, se espera que estos ingresos, si se invierten adecuadamente, tengan un impacto positivo en el desarrollo y crecimiento local y empresarial.

4.1.6 Ingresos de capital por transferencias

Ingresos capital transferencias nacionales corresponden a las transferencias de SGP, SGR y Otros. (Universidad de los Andes Panel municipal del CEDE, Panel Buen Gobierno, 2022). La variable independiente fue seleccionada basándose en el criterio personal del investigador teniendo como base literatura previa, algunos autores como Luis Sánchez, Jaime Bonet-Morón, Yuri Reina-Aranza, Diana Ricciulli-Marin, Andrés Rodríguez, Anne Krøijer e Ignacio Lozano han llevado a

cabo estudios de investigación donde analizaron las transferencias y su posible relación con diferentes indicadores regionales que podrían conducir a un mayor desarrollo económico.

Los ingresos por transferencias de capital nacionales, que provienen del gobierno central para ser destinados a entidades territoriales (como departamentos y municipios), pueden tener un impacto significativo en el desarrollo económico regional por las siguientes razones:

Ampliación del Presupuesto Local: Estas transferencias aumentan la capacidad financiera de las entidades territoriales, permitiéndoles llevar a cabo proyectos o programas que, de otra manera, podrían no ser financiados con sus propios recursos.

Inversión en Sectores Clave: Las transferencias pueden ser destinadas a áreas prioritarias para el desarrollo, como infraestructura, salud, educación, y agricultura, lo cual puede potenciar la productividad y bienestar de la región.

Desarrollo de Infraestructura: Una porción significativa de estas transferencias puede ser asignada a la construcción o mejoramiento de infraestructura vital, como carreteras, escuelas, hospitales, y servicios públicos.

Estímulo Económico: La inversión en proyectos a través de estas transferencias puede generar empleo y dinamizar sectores específicos de la economía local, lo que a su vez puede aumentar el consumo y la demanda en la región.

Equidad Territorial: Las transferencias nacionales pueden ser vistas como un mecanismo para reducir las disparidades entre regiones más ricas y pobres, asegurando que todas las regiones tengan acceso a fondos suficientes para su desarrollo.

Apoyo a la Autonomía Local: Permitiendo a las autoridades locales decidir sobre el uso de una parte de estos recursos, se respalda la autonomía y se fomenta una gestión más cercana y acorde a las necesidades y características particulares de cada territorio.

Fomento de la Planeación Estratégica: Estos recursos, al ser programados, permiten a las entidades territoriales llevar a cabo una planificación a mediano y largo plazo, basada en metas claras y estrategias definidas.

Sin embargo, es vital mencionar que la eficacia de las transferencias de capital en promover el desarrollo económico regional depende en gran medida de la adecuada gestión y utilización de estos recursos. Si no se administran correctamente, pueden no generar el impacto deseado o, peor aún, pueden dar lugar a ineficiencias, corrupción y malversación. Es esencial que haya transparencia, monitoreo y rendición de cuentas en la asignación y uso de estas transferencias para garantizar que realmente beneficien a la población y contribuyan al desarrollo sostenible de la región.

Las transferencias tienen el potencial de dinamizar la economía local si se destinan a proyectos productivos. Estos recursos pueden ser un factor determinante en el crecimiento local si se utilizan de manera efectiva.

4.1.7 Autonomía tributaria

La autonomía en relación con los impuestos se refiere a aquellos tributos sobre los cuales los gobiernos regionales poseen un cierto grado de autonomía jurídica, delegada por el gobierno central. Estas acciones se complementan con una medida del gasto del gobierno regional en proporción al gasto consolidado de las administraciones públicas. Este último se destaca como uno de los indicadores de descentralización más frecuentemente empleados en estudios de panel de países (Blöchliger, 2013). Autores como Ignacio Lozano y Juan Manuel Julio en su investigación “Descentralización fiscal y crecimiento económico en Colombia: evidencia de datos de panel a nivel regional”, lo consideraron relevante como una forma de explicar la capacidad y facultad que

posee una entidad administrativa para establecer, recaudar y administrar sus propios impuestos (Lozano & Julio, 2016).

Un buen índice de Autonomía Tributaria sugiere que la entidad tiene una mayor capacidad para financiar sus propias necesidades y proyectos. Aquí están algunas razones por las que esto puede conducir a un mayor desarrollo económico:

Independencia financiera: Una alta autonomía tributaria significa que la entidad tiene menos dependencia de las transferencias del gobierno central o de fondos externos. Esto le otorga mayor libertad para decidir sobre el destino y uso de sus recursos de acuerdo con sus propias prioridades y necesidades.

Flexibilidad en la planificación: La capacidad de generar ingresos propios ofrece a las entidades territoriales una mayor flexibilidad en la planificación y ejecución de proyectos de desarrollo a largo plazo, sin tener que ajustarse estrictamente a las directrices o restricciones impuestas por entidades de financiamiento externo.

Responsabilidad fiscal: Al depender de sus propios ingresos, hay un incentivo para que las autoridades sean más eficientes y responsables en la administración de los recursos, lo que puede llevar a una mejor gestión fiscal y económica.

Empoderamiento Local y Participación Ciudadana: Una mayor autonomía tributaria puede promover una mayor participación y compromiso por parte de los ciudadanos en la toma de decisiones fiscales y presupuestarias. Esta inclusión puede llevar a decisiones más informadas y alineadas con las necesidades y aspiraciones de la comunidad.

En resumen, un buen Índice de Autonomía Tributaria puede proporcionar a las entidades territoriales la independencia, flexibilidad y responsabilidad necesarias para impulsar el desarrollo económico. Sin embargo, es esencial que esta autonomía se gestione de manera responsable y

transparente para garantizar que los ingresos se utilicen de manera efectiva para el beneficio de la comunidad.

El índice de autonomía tributaria es calculado a través de la siguiente ecuación.

Figura 29

Índice de Autonomía tributaria

$$\text{Autonomía tributaria} = \frac{AT_{i,t}}{TR_{i,t}} \quad (16)$$

$TR_{i,t}$: ingresos fiscales totales de cada región i .

$AT_{i,t}$: impuestos sobre los cuales los gobiernos regionales tienen cierto grado de autonomía con respecto a los ingresos tributarios del gobierno general.

4.1.8 Índice de desempeño fiscal

El índice de desempeño fiscal mide el resultado obtenido en cada año. Está medido de 0 a 100, siendo los valores cercanos a 0 los que hacen referencia a un bajo desempeño fiscal y los valores cercanos a 100 indican que la entidad territorial consiguió los siguientes resultados:

- Buen balance en su desempeño fiscal
- Suficientes recursos para sostener su funcionamiento
- Cumplimiento a los límites de gasto de funcionamiento según la Ley 617/00
- Importante nivel de recursos propios (solvencia tributaria) como contrapartida a los recursos de SGP
- Altos niveles de inversión
- Adecuada capacidad de respaldo del servicio de su deuda
- Generación de ahorro corriente, necesario para garantizar su solvencia financiera

El autor Wilfred Alonso Romero en su tesis de maestría titulada “Regional state capacity and economic performance in Colombia”, ha utilizado el presente índice como una importante forma de medir el desempeño fiscal dentro de todos los municipios de Colombia, considerándolo el más relevante dentro de su investigación para medir este aspecto (Romero, 2020). El índice se encuentra en la base de datos de Panel de buen gobierno suministrada por el CEDE de la Universidad de los Andes.

El Índice de Desempeño Fiscal (IDF) es una herramienta que mide la capacidad y eficiencia de las entidades territoriales en la gestión y manejo de sus recursos financieros. Un buen Índice de Desempeño Fiscal puede ser indicativo de una gestión financiera responsable y eficiente, y aquí hay varias razones por las que podría conducir a un mayor desarrollo económico:

Gestión responsable de recursos: Un alto IDF sugiere que una entidad territorial está utilizando sus recursos de manera eficiente. Esto significa que está maximizando los beneficios de cada unidad monetaria gastada, lo que puede traducirse en una mayor inversión en servicios y proyectos que impulsan el desarrollo económico.

Atracción de inversiones: Las regiones con un buen desempeño fiscal pueden ser más atractivas para inversionistas privados, ya que sugiere una administración responsable y menor riesgo de inestabilidad financiera. La inversión privada es un motor fundamental para el crecimiento económico.

Acceso a mejores términos de financiamiento: Entidades con buenos índices fiscales pueden acceder a préstamos y financiamientos en mejores términos debido a la confianza que generan en los mercados. Este financiamiento adicional puede ser utilizado en proyectos de desarrollo.

Mayor capacidad para la provisión de servicios públicos: Una buena gestión fiscal permite que las entidades territoriales ofrezcan servicios públicos de calidad, tales como educación, salud y seguridad. Estos servicios son esenciales para mejorar la calidad de vida, y, por ende, el desarrollo económico.

Estabilidad económica: Una administración fiscal sólida reduce la probabilidad de crisis financieras locales, garantizando un ambiente estable que favorece el desarrollo económico continuo.

Confianza ciudadana: Un buen IDF puede mejorar la confianza de los ciudadanos en su gobierno local. Esta confianza puede traducirse en un mayor compromiso cívico, lo que puede llevar a una mayor cooperación entre el gobierno y los ciudadanos para proyectos de desarrollo.

Incentivo para la innovación y mejora: Al monitorear y publicar el IDF, se crea un incentivo para que las entidades territoriales mejoren constantemente su desempeño, adoptando prácticas innovadoras y mejores procedimientos para la gestión de recursos.

En resumen, un buen Índice de Desempeño Fiscal es indicativo de una gestión financiera sana y responsable. Esta gestión es esencial para crear un ambiente propicio para el desarrollo económico, ya que asegura que los recursos se utilicen eficientemente, se atraigan inversiones, se provean servicios de calidad y se mantenga la estabilidad económica. Sin embargo, es importante notar que el IDF es solo una de muchas herramientas y factores que influyen en el desarrollo económico, y su impacto puede variar dependiendo del contexto local y regional.

5 Marco contextual

5.1 Proceso de descentralización en Colombia.

El proceso de descentralización en Colombia comenzó en la década de los ochenta, enfocándose en el fortalecimiento de la recaudación tributaria a nivel local, la delegación de responsabilidades que anteriormente eran competencia del gobierno nacional a los municipios, el aumento de las transferencias a las entidades territoriales y la elección democrática de alcaldes. Este proceso fue intensificado y ampliado por la Constitución Política de 1991, que permitió la elección democrática de gobernadores y estableció un inédito espacio para la participación ciudadana. Dicha evolución en la descentralización tomó un giro adicional con las reformas establecidas en la Ley 715 de 2001, que estableció el Sistema General de Participaciones de las entidades territoriales (Pening, 2003).

De acuerdo con la Constitución colombiana, la descentralización se percibe como una herramienta mediante la cual los gobiernos subnacionales pueden colaborar en la formulación y ejecución de políticas de índole social, así como en el apoyo a grupos vulnerables. Se la considera un medio para ejercer derechos políticos, ya sea a través de las elecciones de autoridades o mediante la inclusión ciudadana (conforme a Velásquez, 2010). Efectivamente, en las décadas de los 80 y 90, la descentralización política se centró en habilitar elecciones democráticas para alcaldes y gobernadores, además de establecer un marco normativo que fomenta la participación ciudadana. Estos cambios aspiran a incrementar la autonomía local, fortalecer la responsabilidad de los representantes electos ante sus votantes, expandir la democracia participativa y contraponer la influencia insurgente (Pening, 2003).

En la asignación de competencias a los diferentes niveles del Estado, el modelo colombiano considera la distribución de poderes sectoriales más que territoriales y tiene un carácter municipal.

La ley define qué áreas corresponderán a los diferentes niveles del estado en educación, salud y agua potable del país, que son las más importantes. Los municipios acreditados para este fin son responsables de la prestación de los servicios públicos, y cuando los municipios no son acreditados, los departamentos asumen esta responsabilidad. En cambio, el departamento es responsable de la visión territorial, la planificación y la infraestructura

6 Proceso de obtención de los datos

6.1 Fuentes de información

La totalidad de los datos fue obtenida a través de dos fuentes de información: Panel Municipal del CEDE y panel de buen gobierno, suministrados por la Universidad de los Andes a través de una solicitud vía correo electrónico donde se expresaba la necesidad de contar con los datos para el eficaz desarrollo del proyecto de investigación.

La otra fuente seleccionada para la obtención de algunas variables fue la del artículo “A harmonized global nighttime light dataset 1992–2018” (Xuecao Li, Yuyu Zhou , Min Zhao & XiaZhao, 2020), donde los autores consiguen obtener toda la información de luces nocturnas desde 1992 hasta el año 2018, utilizando diferentes fuentes de información. Descargaron datos del DMSP/OLS NTL estable (versión 4) del Payne Institute for Public Policy de la Colorado School of Mines (<https://eogdata.mines.edu/dmsp/downloadV4composites.html>) y VIIRS Day/Night Band (DNB) (https://eogdata.mines.edu/download_dnb_composites.html). Para finalmente Generar los datos NTL armonizados globales de 1992 a 2018 a través de la integración de los datos DMSP y VIIRS. Los datos se encuentran en el repositorio de figshare (<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9828827.v2>) en el respectivo formato de archivo GEOTIFF. Estos datos pueden ser procesados por un software GIS como QGIS.

Una última fuente de información seleccionada para el proyecto de investigación fue el Banco de la República, el cual cuenta con una gran variedad de datos de las cuales el Índice de Precios al Consumidor resultó de ayuda para el desarrollo del proyecto.

6.2 Selección y delimitación de datos

Los datos seleccionados para el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

- Ingresos de capital de regalías.
- Ingresos capital transferencias nacionales.
- Ingresos tributarios, son la suma de los ingresos por concepto de impuestos del orden departamental y/o municipal.
- Ingresos corrientes, corresponden a la suma de los ingresos tributarios, ingresos no tributarios y las transferencias.
- Índices de precios al consumidor.
- Datos de las luces nocturnas armonizados.
- Altura de los municipios.
- Distancia lineal a la capital del Departamento.
- Distancia lineal al principal mercado mayorista de alimentos.
- Distancia lineal del municipio respectivo al municipio en el que se encuentra un mercado de alimento cercano.
- Población Urbana de cada municipio.
- Población Total de cada municipio.

Con el fin de construir una base de datos panel equilibrada se elige el período de tiempo que va desde el año 2000 hasta el 2018, que fue el período en donde se encontraron todos los datos para los respectivos municipios del departamento de Santander.

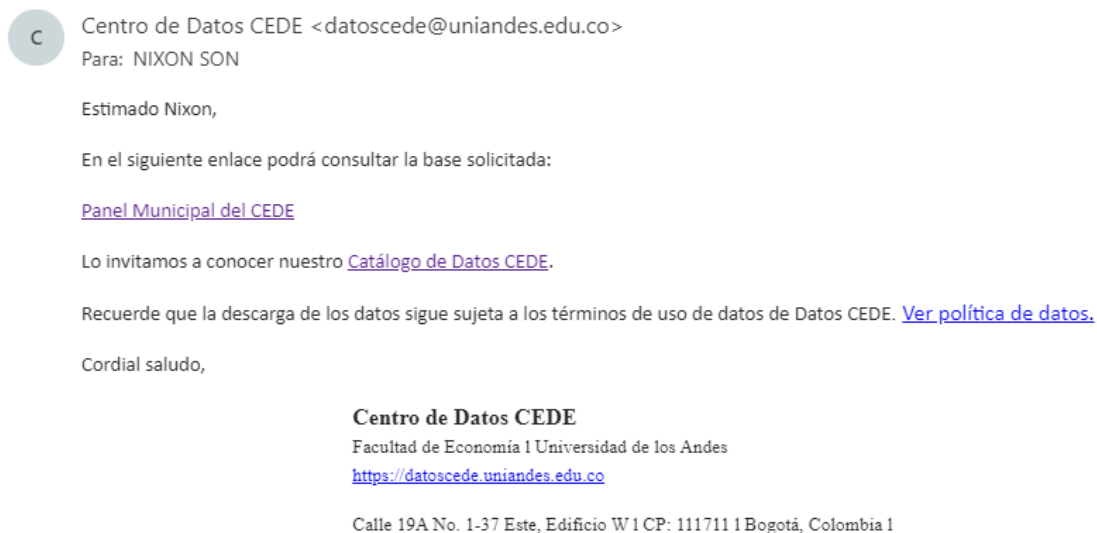
6.3 Descarga de los datos

Habiendo seleccionado las fuentes de información y teniendo claro los datos requeridos para la construcción de las respectivas variables que se usarían en modelo estadístico se procede con el descargue de estos a través de los diferentes medios.

El primer conjunto de datos se ha obtenido a través de una solicitud directa al CEDE de la Universidad de los Andes. En la figura 30 se observa el correo obtenido como respuesta a la solicitud y el respectivo enlace de descarga suministrado por la entidad, ya que para el público no perteneciente a la Universidad de los Andes el descargue está restringido.

Figura 30

Panel Municipal del CEDE (2022)

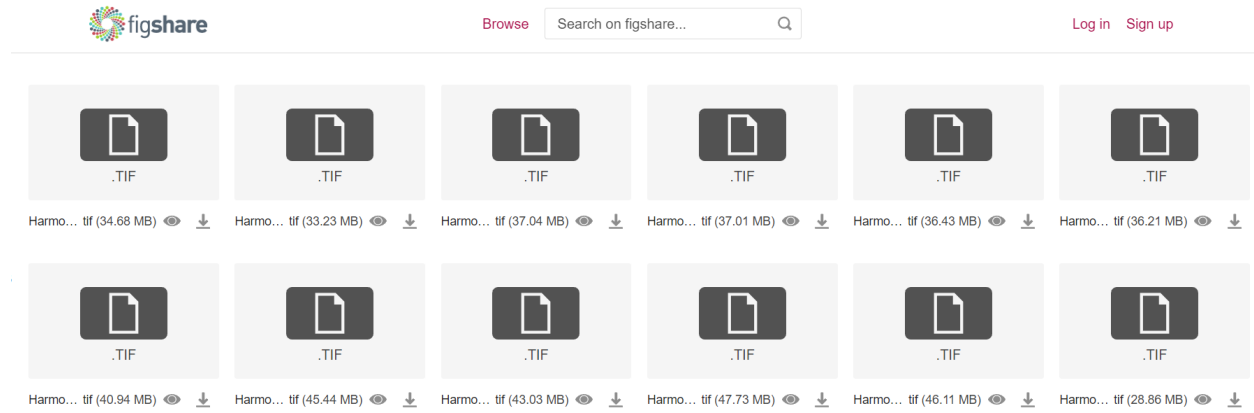


Nota: Dicha imagen es extraída del correo electrónico obtenido como respuesta a la solicitud enviada.

Los datos de las luces nocturnas fueron obtenidos a través de descarga directa por medio del repositorio compartido por los autores Xuecao Li, Yuyu Zhou, Min Zhao y Xia Zhao.

Figura 31

Repositorio luces nocturnas armonizadas (2020)



Nota: Dicha imagen es extraída del repositorio al que se dirige el siguiente enlace: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9828827.v2>.

Los últimos datos que se obtuvieron a través de descarga fueron los índices de precios al consumidor, calculados mensualmente por el DANE. El sitio de descarga elegido para la obtención fue el Banco de la república, el cual ofrece series históricas para los años seleccionados.

Figura 32

Índices de precios al consumidor históricos

IPC total al consumidor

1.2.5. Serie variaciones

Información disponible desde julio de 1954.

Seleccione la fecha inicial y la fecha final en formato aaaa-mm:

* ej.2023-08 Entre -

Figura 33*Índices de precios al consumidor obtenidos según la delimitación temporal suministrada*

1.2.5. Serie histórica periodicidad mensual

Información disponible desde julio de 1954.

Nota: De acuerdo con el literal j) del artículo 2 del Decreto 3167 de 1968 le corresponde al DANE "Establecer índices de precios a nivel del productor, del distribuidor y del consumidor (...)", y el literal i) del numeral 1 del artículo 2 del Decreto 262 de 2004 según el cual el DANE debe "certificar la información estadística, siempre que se refiera a resultados generados, validados y aprobados por el Departamento".

Consulte la plataforma que ha dispuesto el DANE por medio de la cual expide y certifica los Índices de Precios al Consumidor.

Año(aaaa)- Mes(mm)	Índice	Inflación anual %	Inflación mensual %	Inflación año corrido %
2000-01	40,30	8,25	1,29	1,29
2000-02	41,23	8,89	2,30	3,62
2000-03	41,93	9,73	1,71	5,39
2000-04	42,35	9,96	1,00	6,44
2000-05	42,57	10,00	0,52	7,00
2000-06	42,56	9,68	-0,02	6,98
2000-07	42,55	9,29	-0,04	6,94
2000-08	42,68	9,10	0,32	7,27
2000-09	42,86	9,20	0,43	7,73
2000-10	43,03	8,99	0,15	7,90

7 Limpieza y procesamiento de datos

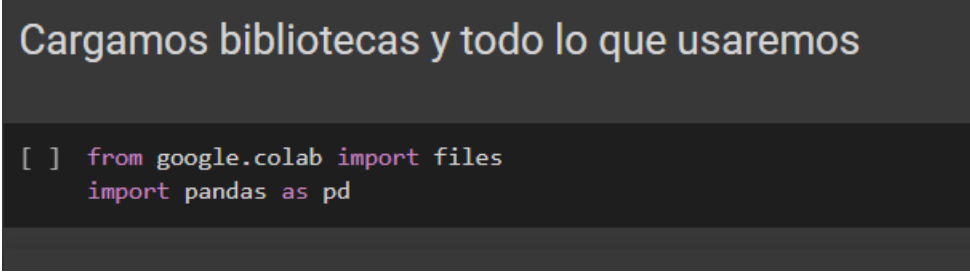
Previo a la construcción del modelo de datos panel y debido a la extensa cantidad de datos con los que cuenta el panel municipal del CEDE, específicamente los paneles de buen gobierno y características generales, con 42421 filas y 264 columnas el primero y el segundo con 32536 filas con 76 columnas, abarcando todos los municipios de Colombia, sólo se optará por trabajar con los municipios de Santander, es decir, todos lo que empiezan con el número 68 en la base de datos. La herramienta usada para este apartado es Google Colab que trabaja con Phyton.

7.1 Cargue de bibliotecas

En Python, para ejecutar el código de manera efectiva, hay diversas bibliotecas que incluyen módulos especializados. Estos módulos facilitan la gestión del sistema de archivos, tanto en la entrada como en la salida, asegurando así el correcto funcionamiento de las utilidades proporcionadas por la biblioteca en cuestión. De acuerdo con esto, es necesario instalar las bibliotecas siguientes:

Figura 34

Bibliotecas cargadas en Python para la limpieza y organización de datos



```
Cargamos bibliotecas y todo lo que usaremos

[ ] from google.colab import files
import pandas as pd
```

Es importante destacar que bibliotecas como pandas ya vienen preinstaladas en el sistema de Python. Pandas ofrece estructuras de datos y funciones avanzadas diseñadas para facilitar y agilizar el trabajo con datos estructurados o tabulares. Desde su aparición en 2010, Python se ha posicionado como un entorno robusto y eficiente para el análisis de datos. Los principales objetos de pandas que se utilizan en la presente investigación son el DataFrame, una estructura de datos tabular centrada en columnas con etiquetas tanto para filas como para columnas, y la Series, una matriz unidimensional etiquetada.

7.2 Cargue y depuración de información

El proceso de carga y depuración de la información se omite en detalle debido a su extensión para el alcance de este trabajo, este proceso se puede encontrar en el Apéndice C: Tratamiento de datos. Sin embargo, en esta sección se detalla la obtención de datos relacionados con las luces nocturnas. El tratamiento de estos datos se lleva a cabo utilizando Google Colab y se encuentra documentado en el Apéndice C: Tratamiento de Datos.

7.2.1 *Nighttime lights*

El proceso para extraer los datos de las luces nocturnas equivalentes al departamento de Santander se compone de dos etapas, una primera etapa consiste en utilizar las imágenes proporcionadas por los autores Xuecao Li, Yuyu Zhou, Min Zhao y Xia Zhao. en su artículo

harmonized global nighttime light dataset 1992–2018 y que se obtuvieron a través del siguiente enlace: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9828827.v2>. Los datos armonizados hacen referencia a los datos que ya se encuentran ajustados y estandarizados, de manera que se hacen coherentes y compatibles entre sí.

En segundo lugar, fue necesario el tratamiento de estas imágenes con el software QGIS.

7.2.1.1 Proceso de obtención de datos de las luces nocturnas del departamento de Santander

- Se descargan los Shapefile de la página oficial del DANE, geoportal, el siguiente archivo: Versión MGN2022-Colombia. Todos los niveles geográficos. Desde el siguiente enlace: <https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/datos-geoestadisticos/?cod=111>. El shapefile es un archivo de formas, o formato geoespacial que se usa para almacenar los datos de geolocalización, tienen gran relevancia para la definición de mapas y/o ubicaciones, en el presente caso, se descarga el shapefile de las divisiones políticas de Colombia, que hacen referencia a las divisiones por departamentos, ciudades y municipios, pero para el estudio en cuestión serán de interés las divisiones municipales.
- Con la descarga del Shapefile y las imágenes armonizadas de las luces nocturnas, se procede a crear el archivo de capas. Para esto primero a través del software QGIS se cargan las dos capas, una capa ráster, que se trataría de las luces nocturnas y posterior a esta, una capa vectorial, que se trata del shapefile de las divisiones políticas municipales de Colombia, como se muestra en las siguientes imágenes.

En las figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42 se evidencian los pasos a seguir para la obtención de los datos.

Figura 35

Primer paso para cargue de capa ráster

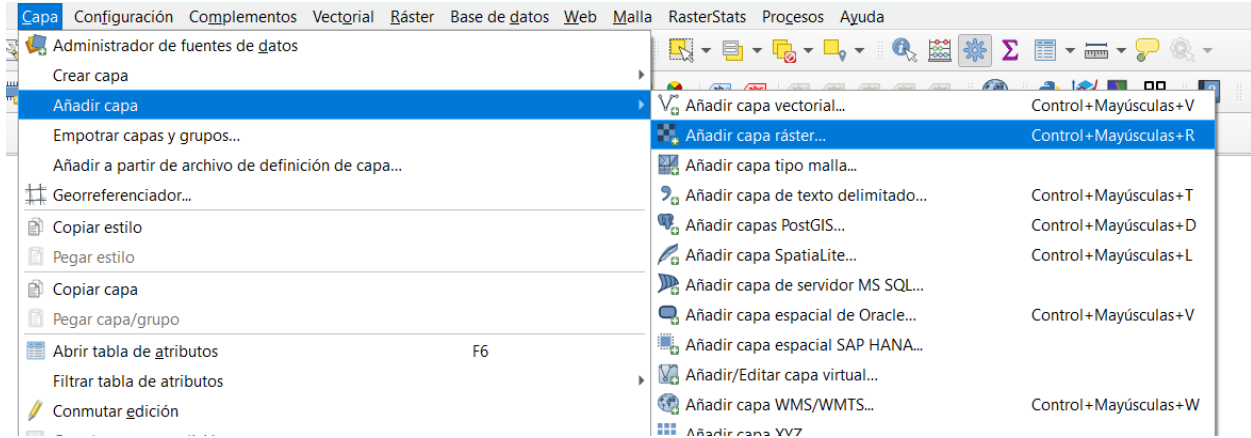


Figura 36

Segundo paso para cargue de capa ráster

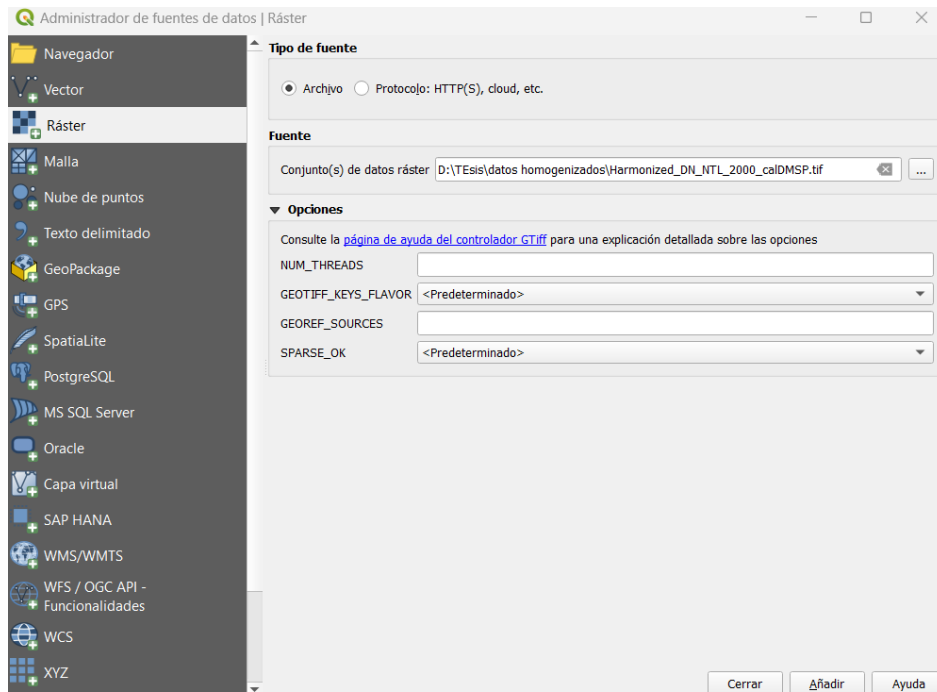


Figura 37

Capa ráster cargada

**Figura 38**

Primer paso para cargue de capa vectorial

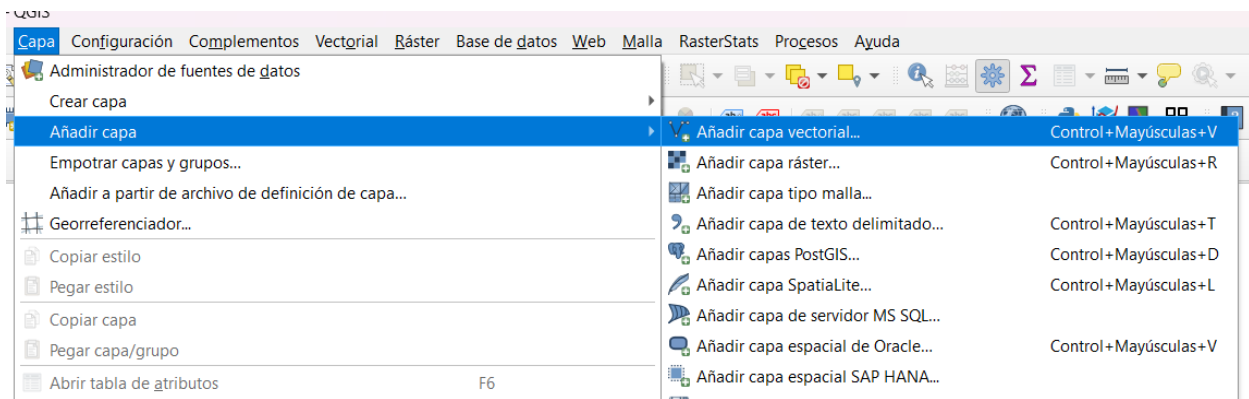


Figura 39

Segundo paso para cargue de capa vectorial

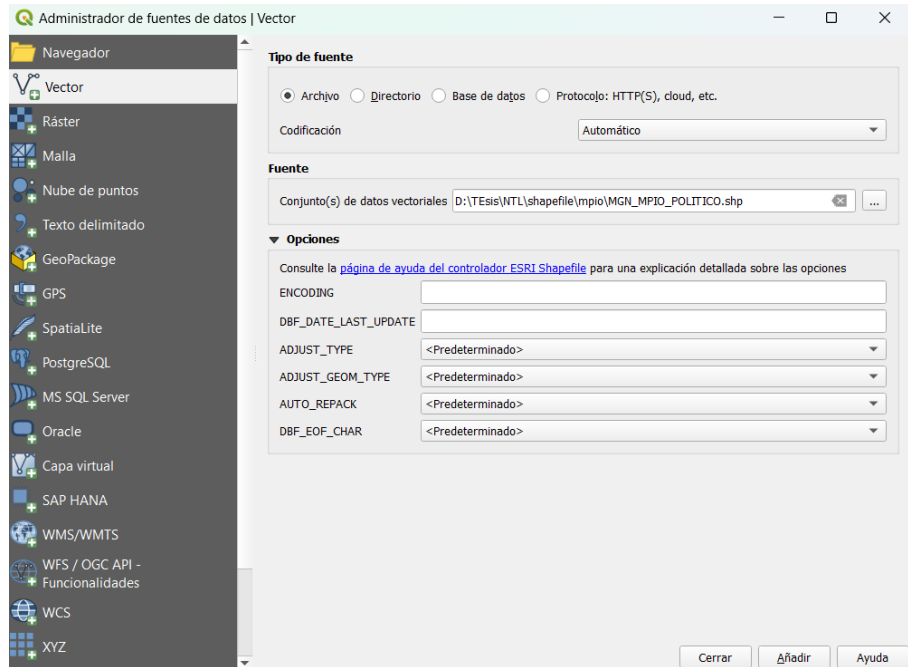
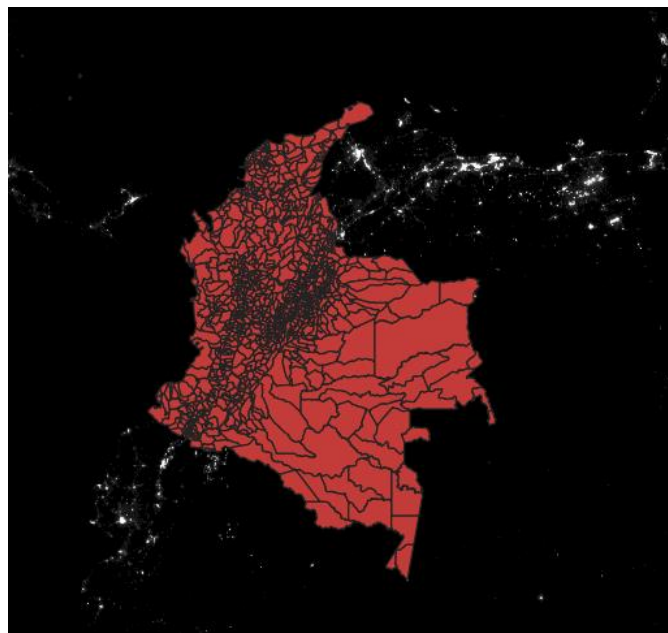


Figura 40

Capa vectorial cargada



- Una vez se tiene el archivo de capas listo, se procede a generar las estadísticas zonales. Para esto se usa la opción RasterStats que proporciona QGIS en su ventana de herramientas, para finalmente a través del cuadro de configuración generar las estadísticas generales del Raster, seleccionando como los ID el código del departamento. El archivo obtenido es un csv, de donde se extraerá lo que se usará en el modelo estadístico. El proceso se repite con cada una de las imágenes por los 18 años del rango de tiempo escogido, 2000-2018.

Figura 41

Generación de las estadísticas zonales

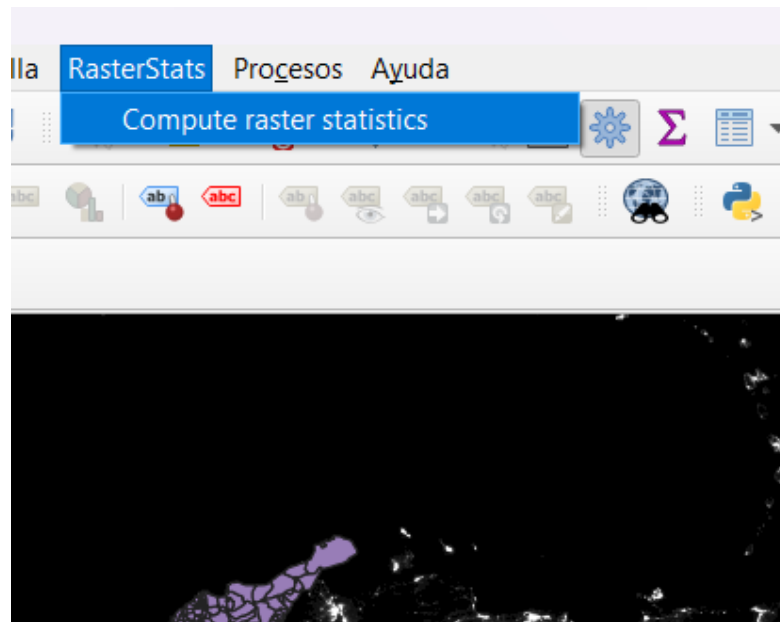
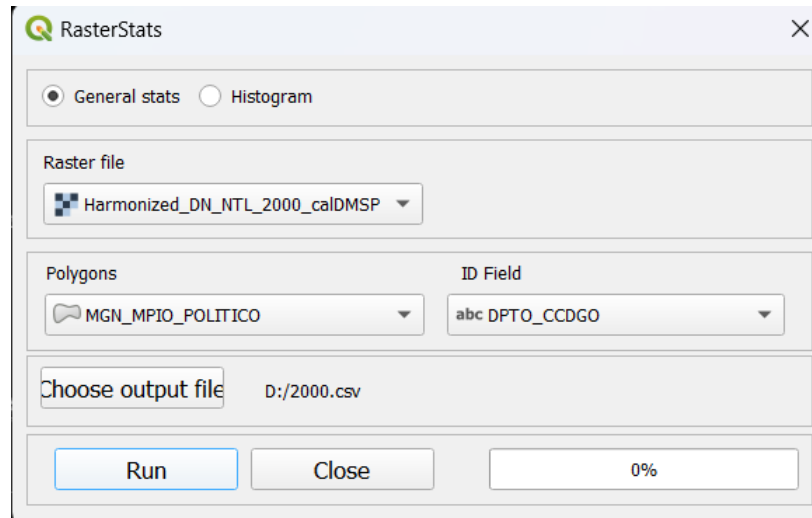


Figura 42

Configuración de las estadísticas zonales



7.2.1.2 Tratamiento de los archivos de luces nocturnas

Una vez obtenidos todos los archivos .csv, con las respectivas estadísticas zonales, se convierten a .xlsx, para posteriormente usar Google Colab para el tratamiento de los archivos. Este proceso se adjunta en los apéndices como Apéndice C: Tratamiento de Datos.

7.3 Selección y creación de variables de modelo estadístico

7.3.1 Variable dependiente

El presente proyecto de investigación tiene como fin buscar una relación entre las transferencias nacionales a los municipios del departamento de Santander y el desarrollo económico de cada región.

Para analizar el desarrollo económico de las regiones se tiene como referencia el PIB, pero este no se encuentra disponible para todos los municipios del departamento, por lo que se hace uso de un proxy, que en este caso sería Las luces nocturnas, este proxy ha sido ampliamente estudiado por algunos investigadores, que encontraron una relación entre el PIB y las NTL. La variable se

mide mediante la utilización de datos provenientes de imágenes satelitales que capturan la luz artificial emitida por zonas urbanas y otras fuentes lumínicas durante la noche. Estos datos son empleados para estimar la intensidad de la iluminación nocturna en diversas regiones geográficas y en distintos periodos de tiempo. Así mismo, la intensidad de las luces en las imágenes del DMSP-OLS se mide en unidades digitales (DN, por sus siglas en inglés: Digital Number). Estas unidades digitales son valores discretos que representan la intensidad de las luces en una escala de 6 bits, que va desde 0 (sin luz) hasta 63 (intensidad de luz máxima). Algunos economistas han empezado a usarlo dentro de sus investigaciones ya que el PIB a nivel regional o municipal suele ser un problema muy común, no sólo en países como Colombia, sino en continentes como el africano. A continuación, se enuncian algunos trabajos que sustentan el uso de las NTL como un buen proxy del PIB.

- Anna Bruederle y Roland Hodler, en su trabajo de investigación “Nighttime lights as a proxy for human development at the local level”, utilizando encuestas Demográficas y de Salud, en una muestra de 29 países africanos, construyeron unos indicadores de riqueza de hogar, educación y salud. En su trabajo demostraron que las luces nocturnas sí están positivamente asociadas con los indicadores creados del desarrollo humano en las ubicaciones seleccionadas. Así mismo, la investigación concluye que la variación de los NTL es capaz de explicar una buena parte de la variación de los indicadores. Las luces nocturnas son un buen indicador del desarrollo humano a nivel local.
- Charlotta Mellander¹, José Lobo, Kevin Stolarick y Zara Matheson en su trabajo de investigación “Night-Time Light Data: A Good Proxy Measure for Economic Activity”, logran demostrar a través de análisis de correlación y regresiones

geográficamente ponderadas que la luz puede funcionar como un indicador de actividades económicas a un nivel más minucioso. A través de emparejamiento de datos micro residencial e industrial para Suecia con emisiones de luz, descubrieron que la correlación entre NTL y la actividad económica es lo suficientemente fuerte como para considerarse un buen indicador de la actividad económica.

- Jeremy Proville¹, Daniel Zavala-Araiza y Gernot Wagner en su artículo Night-time lights: A global, long term look at links to socio-economic trends utilizaron una plataforma analítica espacial paralelizada para procesar la totalidad de veintiún años de la serie temporal más prolongada de datos de luces nocturnas, consiguieron realizar una revisión retrospectiva de las relaciones globales y a largo plazo entre las luces nocturnas y una serie de indicadores socioeconómicos. Encontraron una fuerte relación entre los NTL y el PIB.
- Xaquín S. Pérez-Sindín Tzu-Hsin Karen Chen y Alexander V. Prishchepov en su estudio “Are night-time lights a good proxy of economic activity in rural areas in middle and low-income countries? Examining the empirical evidence from Colombia”, se propusieron como objetivo probar la idoneidad de que las luces nocturnas son un buen proxy del Producto Doméstico Regional (PDR) que es una medida de la actividad económica total en una región específica de un país, similar al Producto Interno Bruto (PIB), pero a nivel regional en lugar de nacional. El estudio se realiza en municipios con diferentes grados de urbanización en Colombia. Los autores usaron una serie de modelos de regresión transversal para comparar la correlación entre el PDR municipal y la luminosidad de diferentes fuentes para 2012 (DMSP, VIIRS, DMSP/VIIRS armonizados y DMSP/VIIRS

armonizados enmascarados con Global Urban Footprint), así como modelos de regresión multinivel para estimar series temporales de PDR desde 2011 hasta 2018. Los resultados obtenidos revelan que todos los productos de luz nocturna comparados pueden servir como un buen indicador de los patrones de PDR municipal, mientras que los datos de VIIRS presentan el mejor ajuste del modelo. Los datos armonizados que tienen extensos registros de luz nocturna desde 2011 hasta 2018 estuvieron significativamente correlacionados con las series temporales de PDR.

Para el desarrollo de la presente investigación se hace uso de logaritmo de las luces nocturnas, ya que esto ayuda a tener una mejor especificación del modelo, según pruebas realizadas.

Siguiendo las sugerencias de los autores Anna Bruederle y Roland Hodler (2018), se procede a trabajar con la media del NTL; este indicador es preferible a la suma, ya que esta suele tener sesgo para unidades espaciales más extensas.

7.3.2 Variables independientes

Las variables independientes seleccionadas para el modelo serán, los ingresos del municipio obtenido a través de las regalías y los ingresos del municipio obtenidos a través de los ingresos transferidos de capital. Estas variables representan las transferencias locales a las entidades territoriales. Así mismo, se eligen tres indicadores de descentralización que son autonomía tributaria y el índice de desempeño de descentralización.

El proceso de creación de las variables dependientes comienza por deflactar las variables que se encuentran en términos corrientes para poder pasarlas a términos reales. Para este proceso se hace uso de dos archivos creados en procesos anteriores, como el archivo de los municipios de

Santander y el de índices de precios al consumidor. El archivo de índices de precios al consumidor contiene los IPC con año base de 2018, el cuál es de ayuda a la hora de pasar todas las variables a términos reales con año base 2018.

La variable autonomía tributaria se crea según lo propuesto por Ignacio Lozano y Juan Manuel Julio en su artículo “Descentralización fiscal y crecimiento económico en Colombia: evidencia de datos de panel a nivel regional”. Siguiendo la ecuación que se muestra a continuación:

$$\textit{Autonomía tributaria} = \frac{AT_{i,t}}{TR_{i,t}}$$

AT hace referencia a los impuestos sobre los cuales los gobiernos regionales tienen cierto grado de autonomía con respecto a los ingresos tributarios del gobierno general y en este dataframe está representado por la columna *y_corr_tribut_real* y TR ingresos fiscales totales de cada región, el cual está representado por la columna *y_corr_real*.

Todo el proceso por el cual se obtienen las variables independientes se adjunta en los apéndices como Apéndice C: Tratamiento de Datos.

7.3.3 Variables de control

Las variables de control son aquellas que se deben añadir a un análisis para eliminar algunas fuentes de variabilidad y garantizar que la relación objeto de estudio entre variables dependientes y explicativas sea precisa. Las variables son aquellas que comúnmente influyen sobre el fenómeno que se está estudiando; al controlarlas, se puede tener certeza de una no distorsión de los resultados. Esto aporta precisión estadística al modelo estadístico planteado. En un modelo estadístico estas variables son esenciales para la correcta validez del modelo y sus resultados.

En el proyecto de investigación en cuestión, se utilizó un proxy del PIB que fueron las luces nocturnas, así que, las variables de control se seleccionan del panel de características

generales del panel municipal del CEDE, las cuales pueden tener influencia en la variable dependiente.

Las variables dependientes seleccionadas para el modelo son índices de urbanización (indurb), densidad poblacional (densidad), altura delmunicipios (altura), distancia a la capital (discapital), distancia lineal al principal mercado mayorista de alimentos (dismdo) y distancia lineal del municipio respectivo al municipio en el que se encuentra un mercado de alimento cercano (distancia_mercado).

El autor Wilfred Alonso Romero en su tesis de maestría titulada “Regional state capacity and economic performance in Colombia”, ha utilizado las variables de control previamente seleccionadas, el estudio mencionado cuenta también con la naturaleza de usar las luces nocturnas como proxy del PIB.

A continuación, se presenta una breve justificación para la selección de las variables de control teniendo en cuenta que las luces nocturnas es nuestra variable dependiente:

Índices de urbanización: Los niveles de urbanización suelen estar correlacionados con la intensidad de las luces nocturnas. Las áreas más urbanizadas tienden a tener más infraestructura y actividad económica, lo que puede reflejarse en mayores niveles de iluminación nocturna. Controlar por esta variable permite aislar el efecto de las transferencias de recursos nacionales de la simple urbanización.

Densidad poblacional: Las áreas con mayor densidad poblacional pueden presentar mayores niveles de iluminación nocturna debido a la actividad humana concentrada. Controlar por densidad poblacional permite distinguir entre los efectos de la mera concentración de población y otros factores en la intensidad de las luces nocturnas.

Altura de los municipios: La altitud puede influir en las actividades económicas predominantes en una región (por ejemplo, agricultura en altitudes específicas o turismo en zonas montañosas). Además, las zonas de alta altitud pueden tener características infraestructurales diferentes que afecten la intensidad de la iluminación.

Distancia a la capital: Las áreas cercanas a la capital o a grandes ciudades suelen estar más desarrolladas y tener mayor actividad económica. La proximidad a centros de decisión y administración puede influir en la intensidad y tipo de desarrollo, y, por ende, en las luces nocturnas.

Distancia lineal al principal mercado mayorista de alimentos: La proximidad a un mercado mayorista puede indicar mayor actividad comercial y facilidad de acceso a bienes. Esto puede influir en la actividad económica local y, por lo tanto, en las luces nocturnas.

Distancia lineal del municipio al municipio con un mercado de alimento cercano: La cercanía a mercados de alimentos puede ser indicativa de redes de comercio y distribución. Las áreas más alejadas de estos mercados podrían tener menos actividad comercial y, por ende, menor iluminación nocturna. Además, la accesibilidad a bienes y servicios puede influir en el desarrollo local y empresarial.

Todo el proceso por el cual se obtienen las variables de control se adjunta en los apéndices como Apéndice C: Tratamiento de Datos.

7.3.4 Creación de la base de datos

Una vez se han manipulado los archivos para la construcción de indicadores, variables en términos reales, variables dependientes, independientes, de control, se procede a unir cada uno de estos archivos en un único dataframe con el fin de crear la base de datos que se usa para la implementación del modelo estadístico.

Todo el proceso por el cual se obtiene la base de datos se adjunta en los apéndices como Apéndice C: Tratamiento de Datos.

8 Estadísticas descriptivas

Una vez se ha conseguido el archivo base de datos, se carga a el software de estadísticas y análisis de datos Stata, con el fin de generar todas las estadísticas claves de la presente investigación. Se empieza con una realización de las estadísticas descriptivas de las variables que se consideran pertinentes para el apartado en cuestión.

8.1 Estadísticas descriptivas de la variable dependiente

En la tabla 2 se pueden observar las estadísticas descriptivas de la variable dependiente del modelo (en su forma logarítmica y original). En la forma original la variable cuenta con 1533 observaciones, media de 3,953 y unos valores mínimos y máximos de 0,008 y 42,675 respectivamente.

En su forma logarítmica se cuenta con un total de 1533 igualmente, una media de 0,460 y unos datos mínimos y máximos que al ser la variable transformada en su logaritmo pasó de su escala original (0-63) a una escala con un intervalo más reducido que va desde -4,82 hasta 3,75. Las unidades de la variable \ln_mean hacen referencia al grado de luminosidad presentado en cada zona; un valor más alto, representa una mayor luminosidad.

Tabla 2

Estadísticas descriptiva variable dependiente con logaritmo y sin logaritmo

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
$_mean$	1533	3,953	6,309	0,008	4,267
\ln_mean	1533	0.460	1,518	-4,821	3,753

8.2 Estadísticas descriptivas variables independientes

En la tabla 3 se presencian las estadísticas descriptivas de las variables independientes, como son las regalías, transferencias de capital, autonomía tributaria y el índice de desempeño fiscal.

Las variables de regalías y transferencias de capital se encuentran en unidades de millones de pesos, mientras que autonomía tributaria e índice de descentralización, son indicadores que representan un cierto grado de autonomía y descentralización respectivamente, un mayor indicador representa mayor nivel en cada una de estas variables.

Como se puede observar en la tabla 3 las dos primeras variables cuentan con 1533 observaciones, mientras que la tercera y la cuarta con 1521 y 1518 valores respectivamente, dando una diferencia de 12 y 15 valores en cada una de estas, lo que representa un 0,78% de datos perdidos en la variable autonomía tributaria y 0,98% en la variable del índice de desempeño fiscal.

Tabla 3

Estadísticas descriptivas variables independientes

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
y_cap_regalías_real	1533	1406,019	6546,029	0	102988
y_cap_transf_real	1533	12128,320	34499,900	0	346592
autonomia_tributaria	1521	0,417	0,228	0,016	0,988
DF_desemp_fisc	1518	63,944	8,509	18,400	87,600

8.3 Estadísticas descriptivas variables de control

Se puede observar que dentro de las variables de control no se presencian datos perdidos, pues cada una de las variables cuenta con 1533 observaciones, igual que la variable dependiente. Las unidades de cada una de las variables son; altura en metros sobre el nivel del mar, distancia a

la capital en km, al igual que distancia mercado y distancia al municipio con el mercado más cercano. Por otro lado, el índice de urbanización es un indicador que representa cuánta de la población que habitan los diferentes municipios viven en zonas urbanas de la región, entre un mayor valor del índice, mayor urbanización. Finalmente, la densidad representa la cantidad de personas en determinada área, en este caso, número de personas por km² de cada municipio de la muestra.

Tabla 4

Estadísticas descriptivas variables de control

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
altura	1533	1439,127	622,011	65	3350
discapital	1533	81,392	42,741	0	176,617
dismdo	1533	80,996	41,945	0	169,580
distancia_mercado	1533	32,051	17,917	0	87,964
indurb	1533	0,352	0,233	0,045	0,987
densidad	1533	130,411	466,707	5,882	3773,571

9 Modelo de datos panel

Se tiene la figura 43, donde los individuos (en este caso municipios de Santander) tienen datos con características de corte transversal y de series de tiempo. Los mismos individuos son estudiados a lo largo de un periodo de tiempo determinado en 18 años.

Figura 43*Estructura de la tabla de datos*

codmpio	ano	_mean	y_cap_regalias_real	y_cap_transf_real	autonomia_tributaria	DF_desemp_fisc	altura	discapital	dismo	distancia_mercado	indurb	densidad	
0	68001	2000	38.016484	27.725359	67829.026166	0.779550	57.250000	960	0.0	0.0	0.0	0.983815	3269.746753
413	68001	2004	35.758242	0.000000	220237.871370	0.811601	64.570000	960	0.0	0.0	0.0	0.985473	3341.194805
1192	68001	2013	41.631868	12.862644	301120.923841	0.950366	83.120000	960	0.0	0.0	0.0	0.987476	3420.954545
757	68001	2008	39.000000	22.001391	272524.524184	0.926304	75.410000	960	0.0	0.0	0.0	0.986570	3385.941558
1626	68001	2018	40.802198	3.327649	346592.259808	0.910983	79.544426	960	0.0	0.0	0.0	0.982142	3773.571429

Los municipios están representados por la columna *codmpio* y los años por la columna *ano*. Teniendo todo esto en cuenta, los datos se pueden clasificar como datos panel.

Para el tratamiento de datos panel se cuentan con algunas herramientas como modelos de efectos fijos, modelo de efectos aleatorios y modelo de efectos mixtos. Estos modelos intentan descomponer y explicar la variabilidad dentro y entre los sujetos de estudio. Estos modelos se eligen según las características de los datos y el estudio.

- **Modelo de efectos fijos:** los modelos de efectos fijos asumen que las diferencias que se presenten entre los sujetos de estudios son aleatorias y no son dependientes de las variables independientes del modelo. Estas diferencias no observadas se encuentran distribuidas al azar. En un modelo de efectos fijos, las diferencias no observadas entre los sujetos se capturan mediante un conjunto de indicadores *dummy*. Este tipo de modelos es muy útil cuando se tienen muestras donde las variables explicativas varían siempre con el tiempo, dado que si presentan algunas variables que son invariantes en el tiempo, estas serán eliminadas y por lo tanto afectar los resultados obtenidos.
- **Modelo de efectos aleatorios:** el modelo asume que las diferencias presentes entre sujetos son aleatorias e independientes de las variables independientes del modelo.

En el modelo de efectos aleatorios las diferencias que no son observadas entre los sujetos de estudio se incorporan al término de error del modelo, este componente captura la variabilidad entre los sujetos, y otro componente la captura a nivel de tiempo. El modelo es útil cuando se tienen sujetos o individuos que provienen de una muestra seleccionada aleatoriamente.

La muestra que se ha seleccionado para la construcción de los datos panel en el presente estudio no proviene de una selección aleatoria, así mismo, contiene algunas variables, que en este caso se tratan de las variables de control, que son invariantes en el tiempo, como la altura del municipio a través de los años, la distancia a la capital, entre otras. Si se tienen presentes estas características se podrá notar que tanto los efectos fijos como los efectos aleatorios no son suficientes para estudiar el modelo planteado en el estudio.

En este tipo de casos se cuenta con un modelo adicional, modelo de efectos mixtos, que como su nombre lo indica, combina aspectos del modelo de efectos fijos, así como del modelo de efectos aleatorios. Son útiles cuando es adecuado tener en cuenta tanto efectos fijos como efectos aleatorios. Tienen la ventaja de permitir trabajar con datos desequilibrados, cuando no se tienen la misma cantidad de datos para todas las variables. Se consideran un poco más flexibles que los modelos de efectos fijos o aleatorios y se suelen estimar con máxima verosimilitud.

Para la presente investigación, la política de la descentralización y su impacto se podrían considerar como los efectos fijos, mientras que las características particulares de cada municipio, como la altura, la administración local, entre otras se podrían considerar los efectos aleatorios. Por lo que con los modelos de efectos mixtos se busca, entender qué tendencias o efectos son consistentes en todos los municipios a lo largo de los 18 años, al mismo tiempo que se identifican y consideraran las variaciones o tendencias específicas de cada municipio.

9.1 Implementación del modelo de efectos mixtos

9.1.1 Análisis de multicolinealidad

Lo primero que se considera pertinente, antes de ejecutar el modelo de efectos mixtos, es realizar un estudio de correlaciones para evitar multicolinealidad en el modelo estimado. Para esto se recomienda realizar una tabla de correlaciones de Pearson entre todas las variables explicativas del modelo, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5*Tabla de correlaciones de Pearson*

Variabes	y_cap_regalías_real	y_cap_transf_real	autonomia_tributaria	DF_desemp_fisc	altura	discapital	dismdo	distancia_mercado	indurb	densidad
y_cap_regalías_real	1,000									
y_cap_transf_real	0,304 0,000	1,000								
autonomia_tributaria	0,364 0,000	0,476 0,000	1,000							
DF_desemp_fisc	0,248 0,000	0,351 0,000	0,668 0,000	1,000						
altura	-0,360 0,000	-0,257 0,000	-0,424 0,000	-0,274 0,000	1,000					
discapital	-0,021 0,397	-0,265 0,000	-0,085 0,000	0,014 0,569	0,143 0,000	1,000				
dismdo	-0,020 0,429	-0,268 0,000	-0,087 0,000	0,008 0,727	0,143 0,000	0,998 0,000	1,000			
distancia_mercado	-0,034 0,181	-0,254 0,000	-0,101 0,000	-0,124 0,000	0,100 0,000	0,406 0,000	0,417 0,000	1,000		
indurb	0,269 0,000	0,528 0,000	0,639 0,000	0,384 0,000	-0,290 0,000	-0,289 0,000	-0,287 0,000	-0,202 0,000	1,000	
densidad	-0,007 0,765	0,786 0,000	0,375 0,000	0,206 0,000	-0,138 0,000	-0,286 0,000	-0,289 0,000	-0,274 0,000	0,512 0,000	1,000

Los números en la diagonal principal, que son todos 1,000, representan la correlación de una variable consigo misma (siempre es 1).

Los números por debajo de esta diagonal son los coeficientes de correlación entre las variables. Estos coeficientes varían entre -1 y 1, con -1 indicando una correlación negativa perfecta, 1 una correlación positiva perfecta, y 0 sin correlación.

Los números por debajo de los coeficientes de correlación son los p-values asociados con cada correlación. Un p-value pequeño (por ejemplo, menos de 0,05) sugiere que la correlación es estadísticamente significativa.

Para todos los coeficientes con un p-value de 0,000, podemos decir que las correlaciones son estadísticamente significativas al nivel del 0,05 (y probablemente a niveles aún más estrictos).

Como se observa en la tabla 5, las correlaciones entre las variables se encuentran en su mayoría por debajo de 0,8. Por encima de este umbral se podría sospechar de existencia de multicolinealidad. La única excepción a la observación planteada se encuentra en la correlación entre las variables dismodo y discapital, por lo que se recurre a un análisis de componentes donde el primer componente principal obtenido puede ser suficiente para representar la mayoría de la información contenida en las dos variables originales, el primer componente principal es el que se selecciona como remplazo de las variables dismodo y discapital.

9.1.2 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales es una práctica comúnmente usada para la solución de problemas como el de la multicolinealidad, ya que permite una reducción de dimensionalidad, que convierte un conjunto de variables correlacionadas, en nuestro caso correlacionadas, en un menor número de variables que no se encuentran correlacionadas entre sí. Esta nueva variable es

conocida como componente principal y se trata de una combinación lineal de las variables originales.

En Stata el análisis de componentes principales se puede realizar a través del comando `pca` seguido de las dos variables a tratar. Aplicando el proceso se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 6

Tabla de eigenvalues

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	1,998	1,996	0,999	0,999
Comp2	0,001	.	0,000	10000

Tabla 7

Tabla de eigenvectors

Variable	Comp1	Comp2	Unexplained
dismdo	0,707	0,707	0
discapital	0,707	-0,707	0

- Eigenvalues (Valores propios) y Proporción de la Variabilidad:

Comp1: El primer componente tiene un eigenvalue (valor propio) de 1,998. Esto significa que este componente captura casi toda la variabilidad en los datos, específicamente el 99.91%

Comp2: El segundo componente tiene un eigenvalue muy pequeño, 0,001, que representa solo el 0,09% de la variabilidad total. Es prácticamente insignificante.

- Eigenvectors (Vectores propios o "loadings"):

dismdo: Tiene un coeficiente de 0,707 en Comp1 y 0,707 en Comp2.

discapital: Tiene un coeficiente de 0,707 en Comp1 y -0,707 en Comp2.

- Interpretación de los Componentes:

Comp1: Como ambos coeficientes (para dismdo y discapital) son aproximadamente 0,707 en magnitud y del mismo signo en este componente, esto sugiere que Comp1 representa una medida combinada de la distancia del municipio tanto al mercado más cercano como a la capital del departamento. Un valor alto en Comp1 indica que el municipio está lejos de ambos.

Comp2: Los coeficientes de las variables tienen signos opuestos. Esto significa que Comp2 captura la diferencia en las distancias. Sin embargo, dada la pequeña variabilidad que este componente captura, es probable que no sea relevante para el análisis.

La naturaleza del análisis de componentes principales ha permitido consolidar información de dos variables en una sola. Este nuevo componente, Comp1, es esencialmente una representación compuesta de la "lejanía" de un municipio en relación con dos puntos clave: el mercado más cercano (dismdo) y la capital del departamento (discapital). En términos más prácticos, se puede ver este componente como un indicador de "accesibilidad" o "centralidad" del municipio.

Un valor alto en Comp1 señalaría que un municipio se encuentra relativamente alejado tanto del mercado más cercano como de la capital del departamento. Desde una perspectiva socioeconómica, esto podría sugerir que tales municipios pueden enfrentar desafíos adicionales en términos de logística, acceso a bienes y servicios, y posiblemente también en la integración económica y social. Estos desafíos pueden tener implicancias directas o indirectas en la variable dependiente del estudio.

Conversamente, un valor bajo en Comp1 indicaría que un municipio está más cerca de estos puntos clave, lo que podría traducirse en mejores oportunidades de negocio, una mayor integración con flujos comerciales y potencialmente un mejor acceso a servicios y oportunidades.

Se concluye que el componente Comp1, es el más importante y combina las informaciones de dismdo y discapital en una única medida que representa la distancia general del municipio tanto al mercado como a la capital. Esta será la nueva variable introducida en el modelo que reemplaza a dismdo y a discapital, solucionando el problema de multicolinealidad.

9.1.3 Selección del modelo de efectos mixtos

Una vez analizada y solucionada la multicolinealidad presentada en las variables afectadas, se procede a realizar un primer modelo que, dependiendo de las pruebas posteriores de supuestos que se realicen, se determinará si es el seleccionado o si requiere de algunos otros ajustes.

Se plantea el modelo de efectos mixtos representado por la ecuación 17.

Figura 44

Primer modelo de efectos mixtos

$$\begin{aligned} \text{Mean}_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \times y_{\text{cap_regalias_real}_{it}} + \beta_2 \times y_{\text{cap_transf_real}_{it}} & (17) \\ & + \beta_3 \times \text{autonomia_tributaria}_{it} + \beta_4 \times \text{DF_desemp_fisc}_{it} + \beta_5 \times \text{altura}_{it} \\ & + \beta_6 \times \text{Comp1}_{it} + \beta_7 \times \text{distancia_mercado}_{it} + \beta_8 \times \text{indurb}_{it} \\ & + \beta_9 \times \text{densidad}_{it} + u_i + \epsilon_{it} \end{aligned}$$

Donde:

- Mean_{it} es la variable dependiente que representa la media de las luces nocturnas del municipio i en el tiempo t .
- β_0 es el intercepto.
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_9$ son los coeficientes de las variables independientes y de control.
- u_i es el efecto aleatorio para el municipio i . Captura la variabilidad entre los municipios que no es explicada por las variables observadas.

- ϵ_{it} es el error idiosincrático, que captura la variabilidad dentro de un municipio a lo largo del tiempo que no es explicada ni por las variables observadas ni por el efecto aleatorio.

Este modelo de efectos mixtos combina tanto la variabilidad entre municipios (a través del término ui) como la variabilidad dentro de los municipios a lo largo del tiempo (a través del término ϵ_{it}).

El modelo anterior arroja la siguiente tabla 8 de resultados.

Tabla 8

Primeros resultados del modelo de efectos mixtos

$_mean$	Coef.	Robust Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
y_cap_regalias_real	-3,600e-06	0,000	-0,270	0,787	-0,000	0,000
y_cap_transf_real	0,000	0,000	1,540	0,123	-4,730e-06	0,000
autonomia_tributaria	2,977	0,480	6,200	0,000***	2,036	3,918
DF_desemp_fisc	0,056	0,009	6,140	0,000***	0,038	0,074
altura	0,000	0,000	1,340	0,179	-0,000	0,001
Comp1	-0,125	0,130	-0,970	0,334	-0,380	0,129
distancia_mercado	-0,026	0,008	-2,920	0,004***	-0,043	-0,008
indurb	5,782	1,154	5,010	0,000***	3,520	8,045
densidad	0,008	0,000	11,700	0,000***	0,007	0,009
$_cons$	-4,002	0,773	-5,180	0,000***	-5,517	-2,486

*Nota: las variables regalías, altura y transferencias de capital no son estadísticamente significativas, mientras que autonomía tributaria, índice de desempeño fiscal, Comp1, distancia mercado, índice de urbanización y densidad, son estadísticamente significativas *** $p < 0,01$.*

Antes de hacer las respectivas interpretaciones se procede a verificar el supuesto de linealidad para observar el ajuste del modelo y determinar si se requiere alguna acción previa a la interpretación.

El análisis del supuesto se realiza a través de gráficos de residuos frente a cada variable predictora, lo que se evidencia en las figuras 45-48.

Figura 45

Residuos vs regalías

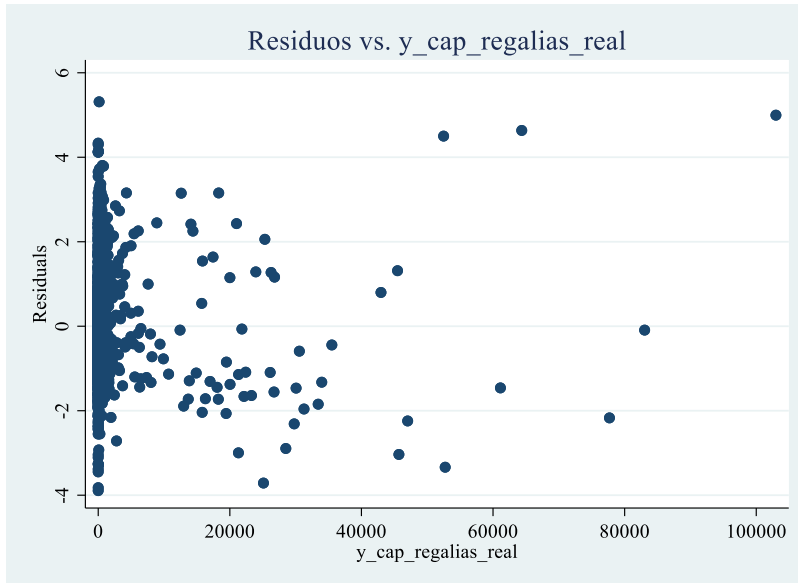


Figura 46

Residuos vs transferencias de capital

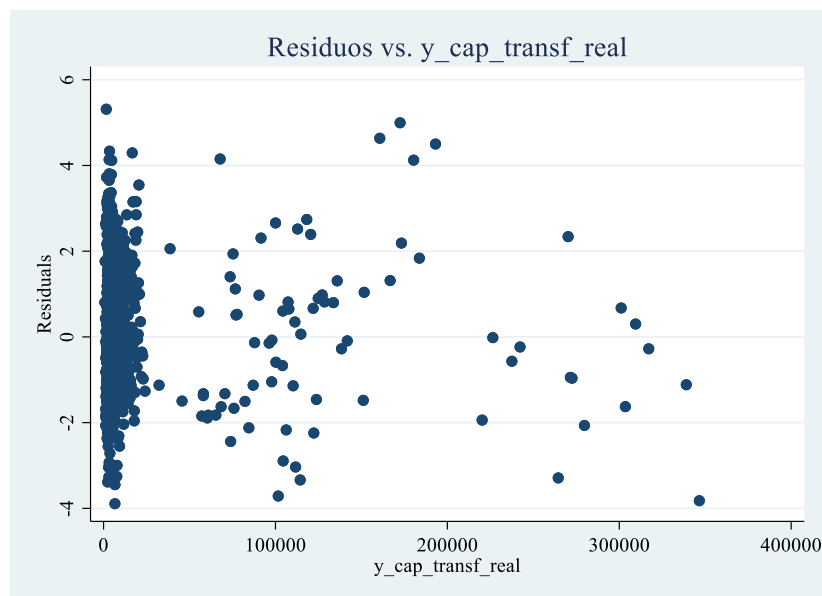


Figura 47

Residuos vs autonomía tributaria

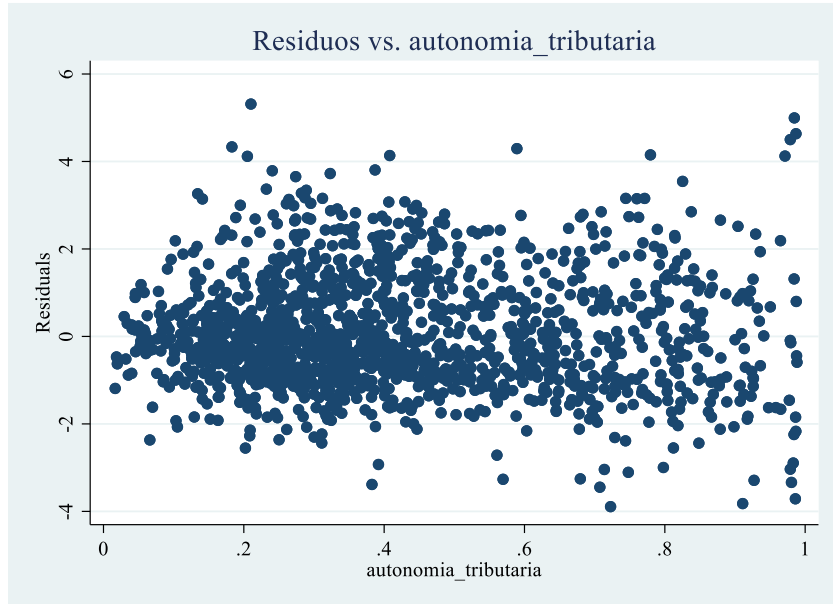


Figura 48

Residuos vs índice de descentralización fiscal

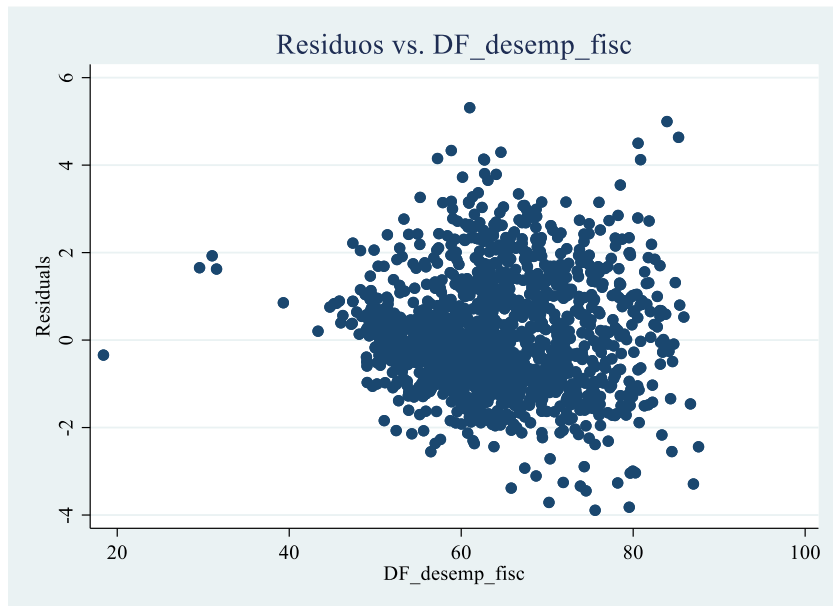


Tabla 9*Bondad de ajuste de modelo sin transformación logarítmica en su variable dependiente*

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
1	1518	.	-2707,126	12	5438,252	5502,154

Los problemas de linealidad se observan cuando los gráficos presentan algunos patrones determinados en forma de U, n o s. Como se observa en las anteriores gráficas no existe problemas de linealidad en el modelo, pero, aun así, no se considera que el modelo se ajuste de manera adecuada, como se evidencia en las figuras 28, 29, 30 y 31 así como en la tabla 9, dado que los valores AIC y BIC son muy altos, por lo que se opta por una transformación de la variable dependiente ‘mean’ en su forma logarítmica, ya que “mediante una transformación logarítmica es posible mejorar la asimetría y la curtosis de las variables del modelo, así como convertir en lineal una relación entre dos variables que con los datos originales no lo es, lo que facilita el análisis de los datos al permitir utilizar el modelo de regresión” (Fornieles, 2013).

Se obtiene la siguiente ecuación del modelo. Adicional a esto, se ejecuta el modelo generando errores estándar robustos, para afrontar posible problema de heterocedasticidad.

Los errores estándar robustos ofrecen una forma de ajustar las estimaciones de la varianza en presencia de heterocedasticidad, Con errores estándar robustos, los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis (como las pruebas t) siguen siendo válidos a pesar de la heterocedasticidad.

Figura 49

Segundo modelo de efectos mixtos

$$\begin{aligned} \ln_mean_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \times y_{cap_regalias_real_{it}} + \beta_2 \times y_{cap_transf_real_{it}} \\ & + \beta_3 \times autonomia_tributaria_{it} + \beta_4 \times DF_desemp_fisc_{it} \\ & + \beta_5 \times altura_{it} + \beta_6 \times Comp1_{it} + \beta_7 \times distancia_mercado_{it} \\ & + \beta_8 \times indurb_{it} + \beta_9 \times densidad_{it} + u_i + \epsilon_{it} \end{aligned} \tag{18}$$

En la tabla 9 se presentan los resultados obtenidos a partir del modelo planteado en la ecuación 18.

Tabla 10

Segundos resultados del modelo de efectos mixtos

ln_mean	Coef.	Robust Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
y_cap_regalias_real	-3,080e-06	3,770e-06	0,413	0,621	-0,000	4,300e-06
y_cap_transf_real	-2,050e-06	1,180e-06	0,080	0,199	-4,360e-06	2,490e-07
autonomia_tributaria	2,115	0,297	0,000	0,000***	1,533	2,698
DF_desemp_fisc	0,027	0,004	0,000	0,000***	0,018	0,037
altura	0,000	0,000	0,247	0,196	-0,000	0,000
distancia_mercado	-0,013	0,004	0,008	0,018*	-0,022	-0,003
indurb	2,210	0,427	0,000	0,000***	1,371	3,048
densidad	0,000	0,000	0,357	0,643	-0,000	0,000
Comp1	-0,132	0,063	0,037	0,063*	-0,256	-0,008
_cons	-2,836	0,475	0,000	0,000***	-3,768	-1,904

*Nota: las variables autonomía tributaria, índice de desempeño fiscal, índice de urbanización, resultan estadísticamente significativas $***p<0,01$. Distancia mercado y el componente 1 son estadísticamente significativas con $*p<0,1$. Las demás variables no se encuentran estadísticamente significativas.*

Nuevamente se procede a verificar el supuesto de linealidad y observar el ajuste del modelo previo a realizar la interpretación de los resultados. El análisis del supuesto se realiza a través de gráficos de residuos frente a cada variable predictora. Lo que se evidencia en las figuras 50-53.

Figura 50

Residuos vs regalías

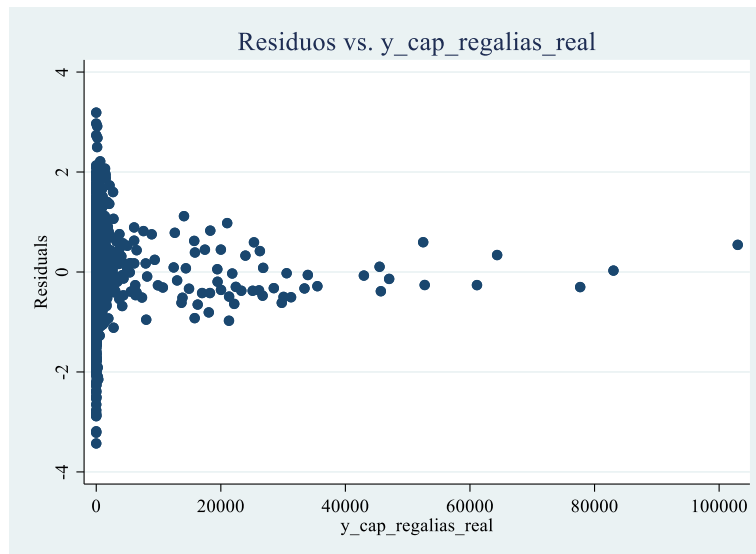


Figura 51

Residuos vs transferencias de capital

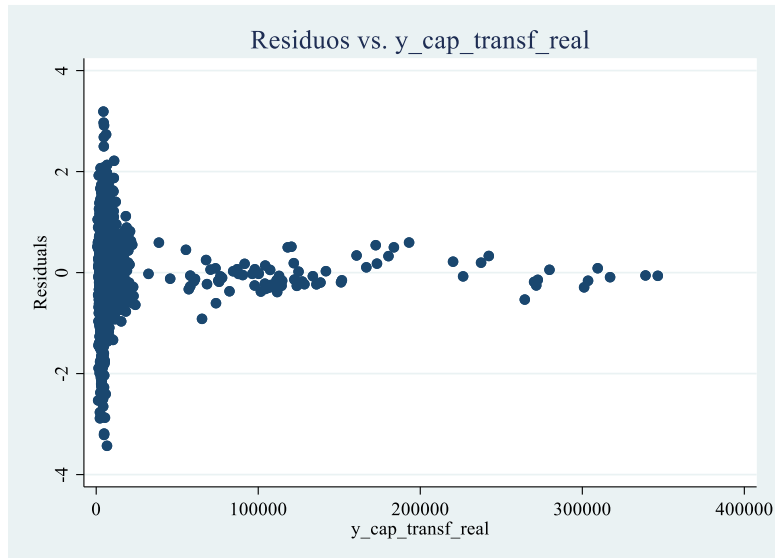


Figura 52

Residuos vs autonomía tributaria

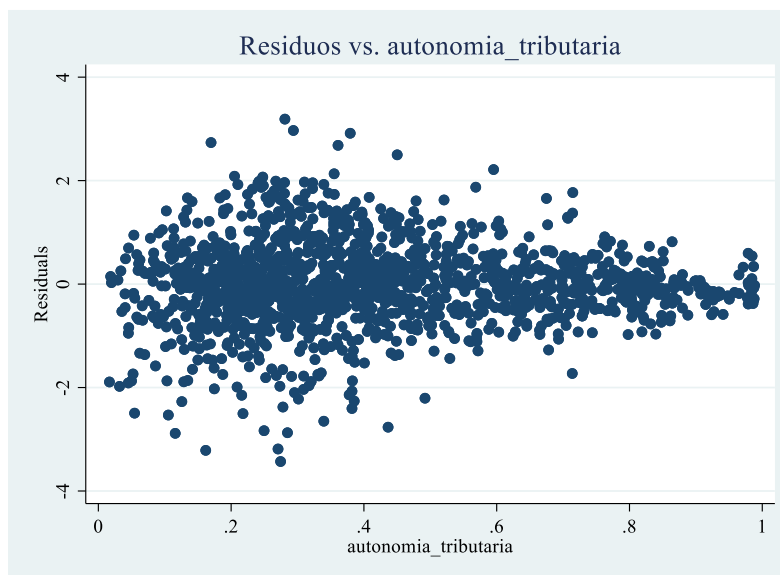


Figura 53

Residuos vs índice de descentralización fiscal



Tabla 11

Bondad de ajuste de modelo con transformación logarítmica en su variable dependiente

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
2	1518	.	-1970,592	12	3965,185	4029,086

Se pueden observar en las figuras previas puntos más concentrados alrededor de una línea horizontal. Si los residuos están centrados alrededor de una línea horizontal (cerca del cero) y no muestran patrones claros o estructura, esto es una buena señal. Indica que la transformación logarítmica ha linealizado la relación entre las variables predictoras y la variable dependiente. La concentración de puntos cerca de la horizontal sugiere que el modelo ha capturado la variación en los datos adecuadamente y que los errores son, en su mayoría, aleatorios.

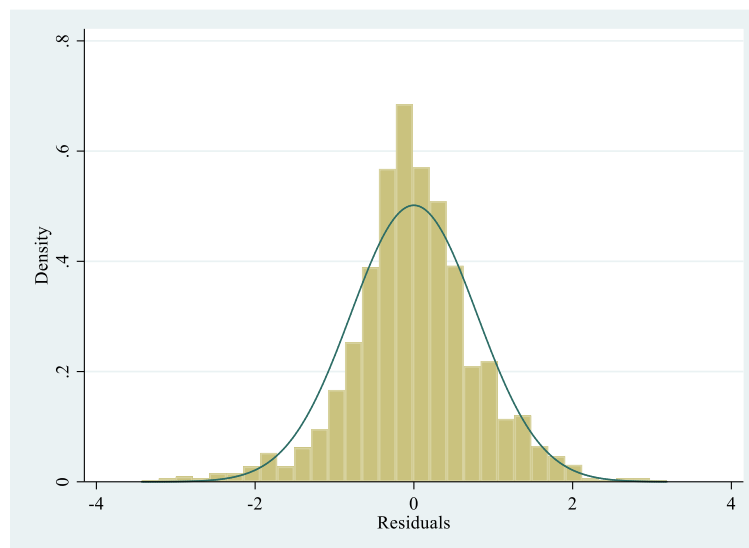
La transformación logarítmica es una técnica comúnmente utilizada para estabilizar la varianza y linealizar relaciones que son exponenciales en la naturaleza original de los datos.

Al evaluar la bondad de ajuste de los modelos mediante criterios de información, como se puede observar en las tablas 9 y 11, vemos que el modelo con la variable transformada a logaritmo tiene un valor menor tanto en el AIC (Akaike's information criterion) como en el BIC (Bayesian information criterion) en comparación con el modelo sin transformar. Específicamente, el AIC y BIC son de 3965,185 y 4029,086, respectivamente, para el modelo transformado, mientras que para el modelo sin transformar son de 5438,252 y 5502,154. Valores más bajos en estos criterios sugieren un mejor ajuste del modelo a los datos, lo que indica que la transformación logarítmica de la variable mejora la capacidad del modelo para explicar la variabilidad en la respuesta.

Una vez verificada la linealidad del modelo y hacer los errores estándar robustos para enfrentar posibles problemas de heterocedasticidad, se procede a verificar la normalidad de los errores, comportamiento que puede observarse a través de la siguiente figura.

Figura 54

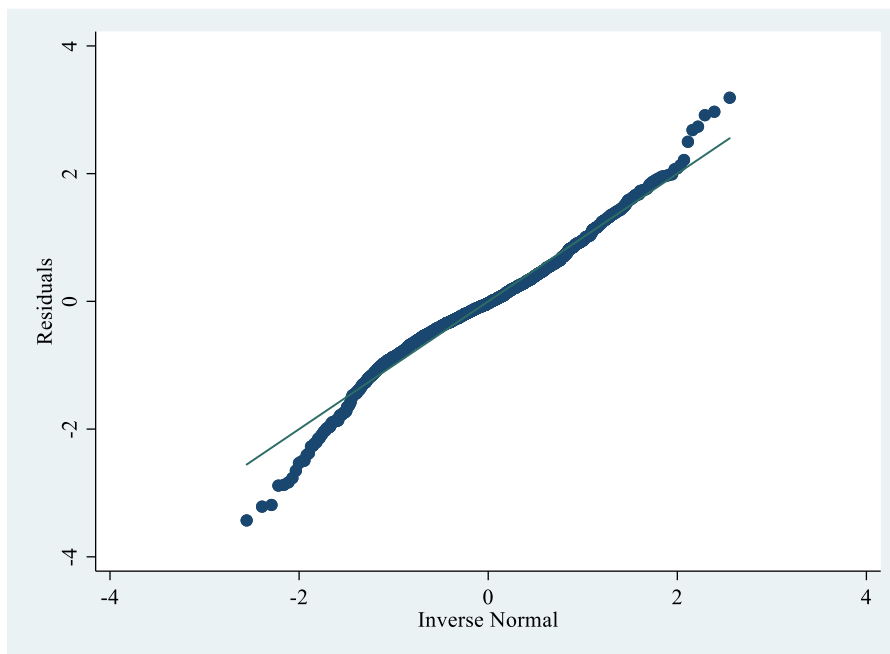
Distribuciones de los errores



Se concluye que los errores se distribuyen como una normalidad y por lo tanto se comprueba el supuesto de normalidad de los errores. Como se puede igualmente comprobar en la siguiente figura 55.

Figura 55

Gráfico Q-Q de los errores



Para finalizar se realiza una prueba de especificación del modelo a través del comando `linktest` en el software Stata, obteniendo los resultados que se pueden apreciar en siguiente tabla.

La prueba "linktest" es una herramienta que se utiliza en el software estadístico Stata para verificar la especificación adecuada de un modelo de regresión. La idea central de esta prueba es evaluar si el modelo que se ha ajustado omite variables relevantes o está mal especificado de alguna otra forma.

Tabla 12*Resultados linktest*

Mixed-effects ML regression Number of obs = 1518

Wald chi2(2) = 1210,970

Log likelihood = -2341.9917 Prob > chi2 = 0,000

In_mean	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
_hat	0,936	0,043	21,450	0,000	0,850	1,021
_hatsq	-0,019	0,016	-1,130	0,259	-0,052	0,014
_cons	0,061	0,032	1,880	0,060	-0,002	0,125

Random-effects Parameters	Estimate	Std. Err.	[95% Conf. Interval]
var(Residual)	1,281	0,046	1,193 1,375

Y se interpreta de la siguiente manera.

- Variable *_hat*:

Coefficiente: 0,936

P-valor: 0,000 Esto indica que la predicción del modelo está fuertemente relacionada con la variable dependiente original, lo cual es esperado y no es una preocupación.

- Variable *_hatsq*:

Coefficiente: -0,019

P-valor: 0,259 La variable, que es esencialmente una función cuadrática de la predicción del modelo, no es significativamente diferente de cero al nivel convencional ($p > 0,05$). Esto es una buena señal y sugiere que el modelo está bien especificado en términos de forma funcional.

10 Resultados

Para hallar los resultados completos que son arrojados por el software Stata al implementar el modelo de efectos mixtos, se utiliza el comando de la figura 38, el cuál arroja los resultados de la figura 39, en la tabla 13 se pueden ver los resultados a detalle y más adelante se hace la descripción y explicación de cada característica y datos obtenidos.

Figura 56

Comando introducido en Stata

```
. mixed ln_mean y_cap_regalias_real y_cap_transf_real autonomia_tributaria DF_desemp_fisc altura distancia_mer
> cado indurb densidad Comp1 || codmpio :, vce(robust)
```

Figura 57

Resultados obtenidos en Stata

```
Computing standard errors:

Mixed-effects regression      Number of obs   =      1,518
Group variable: codmpio      Number of groups =         87

Obs per group:
    min =          5
    avg =         17.4
    max =         19

Wald chi2(9) =      883.85
Prob > chi2  =      0.0000

Log pseudolikelihood = -1970.5923

(Std. Err. adjusted for 87 clusters in codmpio)
```

ln_mean	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
y_cap_regalias_real	-3.08e-06	3.77e-06	-0.82	0.413	-.0000105	4.30e-06
y_cap_transf_real	-2.05e-06	1.18e-06	-1.75	0.080	-4.36e-06	2.49e-07
autonomía_tributaria	2.115958	.2970871	7.12	0.000	1.533678	2.698238
DF_desemp_fisc	.0279932	.0046998	5.96	0.000	.0187817	.0372046
altura	.0001945	.000168	1.16	0.247	-.0001347	.0005237
distancia_mercado	-.0130249	.0049106	-2.65	0.008	-.0226495	-.0034002
indurb	2.210049	.4276389	5.17	0.000	1.371892	3.048205
densidad	.0001143	.000124	0.92	0.357	-.0001287	.0003573
Comp1	-.132233	.063374	-2.09	0.037	-.2564438	-.0080222
_cons	-2.836695	.4756426	-5.96	0.000	-3.768937	-1.904453

Tabla 13*Resultados completos del modelo de efectos mixtos*

Performing EM optimization:

Performing gradient-based optimization:

Iteration 0: log likelihood = -1970,592

Iteration 1: log likelihood = -1970,592

Computing standard errors:

Mixed-effects ML regression

Group variable: codmpio

Number of obs = 1518

Number of groups = 87

Obs per group:

Min = 5

Avg = 17,400

Max = 19

Log likelihood = -1970,592

Prob > chi2 = 0,000

Wald chi2(9) = 883,850

Continuación de la tabla 13.

In_mean	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
y_cap_regalias_real	-3,080e-06	3,770e-06	-0,820	0,413	-0,000	4,300e-06
y_cap_transf_real	-2,050e-06	1,180e-06	-1,750	0,080*	-4,360e-06	2,490e-07
autonomia_tributaria	2,115	0,297	7,120	0,000***	1,533	2,698
DF_desemp_fisc	0,027	0,004	5,960	0,000***	0,018	0,037
altura	0,000	0,000	1,160	0,247	-0,000	0,000
distancia_mercado	-0,013	0,004	-2,650	0,008***	-0,022	-0,003
indurb	2,210	0,427	5,170	0,000***	1,371	3,048
densidad	0,000	0,000	0,920	0,357	-0,000	0,000
Comp1	-0,132	0,063	-2,090	0,037	-0,256	-0,008
_cons	-2,836	0,475	-5,960	0,000	-3,768	-1,904

*Nota: las variables autonomía tributaria, índice de desempeño fiscal, distancia mercado e índice de urbanización son estadísticamente significativas *** $p < 0,01$. La variable transferencias de capital es estadísticamente significativa con * $p < 0,1$. Las variables restantes no se encuentran estadísticamente significativas.*

Random-effects Parameters	Estimate	Robust Std. Err.	[95% Conf.	Interval]
codmpio: Identity				
var(_cons)	0,621	0,110	0,439	0,879
var(Residual)	0,667	0,079	0,528	0,843

Se procede a interpretar cada uno de los apartados de la tabla anterior.

EM optimization & gradient-based optimization:

Estas son etapas del proceso de optimización utilizado por Stata para estimar los parámetros del modelo. El software utiliza estos métodos para maximizar la función de verosimilitud. La convergencia en la iteración 1 sugiere que la solución fue alcanzada rápidamente.

Group variable: codmpio:

Se usa 'codmpio' como la variable que identifica los grupos en tu modelo. Esto sugiere que se está modelando variabilidad tanto dentro como entre los grupos identificados por 'codmpio'.

Number of groups = 87:

Hay 87 grupos únicos en la variable 'codmpio'.

Obs per group:

Da una idea de cómo están distribuidas las observaciones entre los grupos. En promedio, cada grupo tiene 17.4 observaciones, con un mínimo de 5 y un máximo de 19.

Wald chi2(9) = 883,85:

Esta es una prueba de que todos los coeficientes de las variables, excepto la constante, son cero. El valor p asociado es menor que 0,05, lo que indica que al menos una de las variables es significativamente diferente de cero.

Coefficientes, Std. Err., z, P>|z|, y el intervalo de confianza:

Estos se refieren a cada variable en el modelo. El coeficiente es la estimación del efecto de esa variable en la variable dependiente. La prueba z y el valor p asociado indican si ese efecto es estadísticamente significativo. El intervalo de confianza da un rango en el que, con el 95% de confianza, se esperaría que se encontrara el verdadero coeficiente.

Random-effects Parameters:

Estos son los componentes de varianza asociados con los efectos aleatorios en el modelo.

En el caso presente, se tiene dos componentes:

codmpio: Identity: Esta es la varianza entre los grupos identificados por 'codmpio'. Su estimación es 0,621. Este valor representa la variabilidad en la variable dependiente que se debe a diferencias entre los diferentes grupos.

var(Residual): Esta es la varianza residual, o la varianza dentro de los grupos. Su estimación es 0,667. Este valor captura la variabilidad dentro de cada grupo después de considerar las variables explicativas y el efecto aleatorio entre grupos.

y_cap_regalias_real:

Coefficiente: $-3,080 \times 10^{-6}$ Por cada unidad adicional de "y_cap_regalias_real", se espera un cambio en la variable dependiente "ln_mean" de aproximadamente $-3,080 \times 10^{-6}$.

P-valor: 0,413 - No es estadísticamente significativo al nivel del 5%, lo que indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que este coeficiente es cero en la población.

y_cap_transf_real:

Coefficiente: $-2,050 \times 10^{-6}$ Sugeriría una pequeña disminución en "ln_mean" con cada unidad adicional de "y_cap_transf_real".

P-valor: 0,080 - Está cerca de ser significativo al nivel del 5%. Esto podría considerarse marginalmente significativo.

autonomia_tributaria:

Coefficiente: 2,115 - Una interpretación podría ser que por cada unidad adicional en "autonomia_tributaria", "ln_mean" aumenta en aproximadamente 2,115 unidades.

P-valor: 0,000 - Es altamente significativo, lo que indica que es muy probable que haya una relación verdadera entre "autonomia_tributaria" y "ln_mean" en la población.

DF_desemp_fisc:

Coefficiente: 0,027 - Por cada unidad adicional en "DF_desemp_fisc", "ln_mean" aumenta en 0,027 unidades.

P-valor: 0,000 - También es altamente significativo.

altura:

Coefficiente: 0,000 - La relación parece ser pequeña y, para este dato, por cada unidad adicional en "altura", "ln_mean" aumenta en 0,000 unidades.

P-valor: 0,247 - No es estadísticamente significativo al nivel del 5%.

distancia_mercado:

Coefficiente: -0,013 - Indica una disminución en "ln_mean" por cada unidad adicional en "distancia_mercado".

P-valor: 0,008 - Es significativo al nivel del 5%.

indurb:

Coefficiente: 2,210 - Por cada unidad adicional en "indurb", "ln_mean" aumenta en 2,210 unidades.

P-valor: 0,000 - Altamente significativo.

densidad:

Coefficiente: 0,000 - Por cada unidad adicional en "densidad", "ln_mean" aumenta en 0,000 unidades.

P-valor: 0,357 - No es significativo al nivel del 5%.

Comp1:

Coefficiente: -0,132 - Indica una disminución en "ln_mean" por cada unidad adicional en "Comp1".

P-valor: 0,037 - Es significativo al nivel del 5%.

_cons (Intercepto):

Coefficiente: -2,836 - Es el valor esperado de "ln_mean" cuando todas las otras variables son 0.

P-valor: 0,000 - Es altamente significativo.

El objetivo principal del estudio presente fue determinar si la estructura descentralizada de los poderes públicos y administraciones en la región de Santander, Colombia, ha catalizado la emergencia de dinámicas económicas que, a su vez, promueven el desarrollo local. Para ello, se utilizó el logaritmo de la media de las luces nocturnas (ln_mean) como proxy del Producto Interno Bruto (PIB).

Empezando por las variables de interés, se encuentra que las regalías distribuidas a los municipios (y_cap_regalias_real) y los ingresos por transferencias de capital del gobierno nacional (y_cap_transf_real) no mostraron una relación estadísticamente significativa con el desarrollo local medido por ln_mean. Sin embargo, es notable que ambas variables presentan coeficientes negativos, sugiriendo que, si hubiera algún efecto, podría ser un efecto desincentivador sobre el desarrollo local. Esta observación es especialmente relevante para las transferencias de capital, que rozan la significancia al 10%.

En contraste, la autonomía tributaria (autonomia_tributaria) y el índice de desempeño fiscal (DF_desemp_fisc) muestran una relación positiva y altamente significativa con el desarrollo local. Esto indica que los municipios con mayor capacidad y autonomía para gestionar sus propios

recursos y aquellos con un desempeño fiscal más eficiente tienden a experimentar niveles más altos de desarrollo económico, tal y como lo sugiere el proxy del PIB.

Dentro de las variables de control, la altura del municipio y la densidad poblacional no mostraron una relación significativa con \ln_mean . Por otro lado, la distancia al mercado de alimentos más cercano ($distancia_mercado$) y el componente principal resultante del análisis para las distancias lineales ($Comp1$) presentaron una relación negativa y significativa con el desarrollo. Esto podría implicar que los municipios más cercanos a mercados clave y nodos urbanos tienden a tener un mejor desarrollo económico. Además, el índice de urbanización ($indurb$) tiene una asociación positiva y significativa, lo que sugiere que los municipios con características más urbanas tienden a tener un mejor desarrollo.

En conclusión, mientras que las transferencias financieras directas como las regalías y las transferencias de capital no mostraron un impacto significativo sobre el desarrollo local, los indicadores de descentralización y gestión fiscal sí parecen jugar un papel esencial en el fortalecimiento económico de los municipios en Santander. Estos hallazgos enfatizan la importancia de fortalecer la autonomía fiscal y mejorar el desempeño fiscal en la promoción del desarrollo local en la región.

Con respecto a las investigaciones previas realizadas por autores prominentes en el tema, se resalta lo siguiente:

Gutiérrez Orozco (2006) sostuvo que la descentralización fiscal en Colombia, desde la instauración de la Constitución de 1991, tuvo un impacto levemente negativo, aunque no significativo, en el crecimiento económico. Este resultado puede estar influenciado por deficiencias institucionales que derivaron en un aumento del gasto público a nivel local y, consecuentemente, en un incremento de las brechas regionales. Estas observaciones, en cierta

medida, coinciden con los hallazgos de la presente investigación, donde las transferencias gubernamentales, ya sean regalías o transferencias de capital, no tuvieron un impacto significativo en el desarrollo local.

Por otra parte, Nader Orfale (2015) argumentó que la descentralización potencia la participación ciudadana y, por lo tanto, puede reforzar la democracia y generar confianza en las instituciones. Este énfasis en la participación ciudadana como motor de desarrollo contrasta con los resultados del estudio presente, que destacó la autonomía y desempeño fiscal de los municipios como factores más determinantes para el desarrollo económico.

Hernández Gutiérrez & Mendoza Delgado (2019) evidenciaron que, mientras las transferencias del Sistema General de Participaciones beneficiaron la distribución de ingresos en ciertos departamentos, las provenientes del Sistema General de Regalías tuvieron un efecto poco significativo en ese sentido. La presente investigación encontró que tanto las regalías como las transferencias de capital tienen un impacto limitado en el desarrollo local, lo que coincide con la idea de que, a pesar de las intenciones políticas, la redistribución territorial efectiva aún es un desafío.

Si se analiza el estudio de los autores Camilo Bottia Wilches y Diana Cuestas Rodríguez (2018) con el de la presente investigación se puede concluir que, ambos examinan la relación entre las transferencias o regalías y el desarrollo local en municipios colombianos. Coinciden en subrayar que estos recursos no garantizan un impacto positivo en el desarrollo y resaltan la vitalidad de la autonomía y eficiencia fiscal local. Sin embargo, difieren en su enfoque y metodología: mientras el primero clasifica municipios y usa K-medias y ANOVA, el segundo se centra en transferencias nacionales mediante un modelo de datos panel. Adicionalmente, el segundo estudio sugiere que las transferencias pueden generar incentivos perversos o dependencias

fiscales, un concepto no explícitamente abordado en el primero, aunque sí se menciona la "pereza fiscal" como una posible consecuencia de la dependencia de las regalías.

Comparando al estudio realizado por los autores Nicolette Gavilán Muñoz y Yeferson Alejandro Rincón Rivera (2016) con la presente investigación se evidencia lo siguiente, ambos estudios abordan la relación entre las transferencias económicas (como las regalías) y el desarrollo económico en Colombia, aunque se centran en niveles geográficos y contextos diferentes. El primer estudio se concentra en la descentralización en La Guajira entre 1986 y 2014 y revela que, a pesar del incremento en regalías, no hubo un aumento proporcional en el PIB per cápita del departamento, sugiriendo que la descentralización no tuvo el impacto positivo esperado en términos de desarrollo socioeconómico. En cambio, el segundo estudio examina municipios a nivel nacional y encuentra que las regalías no mostraron un impacto significativo en el desarrollo económico, y las transferencias nacionales estaban negativamente relacionadas con el desarrollo. Ambos estudios resaltan la idea de que la mera recepción de fondos o regalías no garantiza el desarrollo; lo crucial es cómo se gestionan y administran estos recursos a nivel local. Aunque los dos investigan el papel de las regalías y transferencias, el estudio de La Guajira enfatiza más la contradicción entre la riqueza en regalías y la persistente pobreza, mientras que el segundo estudio destaca la importancia de la auto-gestión y eficiencia administrativa.

Con respecto a la investigación elaborada por María Camila Giraldo Giraldo y Cristian Camilo Largo Álvarez (2021) y el presente proyecto, ambos estudios se centran en analizar el impacto de las regalías y transferencias nacionales en los municipios de Colombia, enfocándose en diferentes aspectos del desarrollo y desempeño. El primer estudio sugiere que la dependencia de regalías puede tener un impacto negativo en el desempeño municipal, considerando variables institucionales, sociales y contextuales. Destaca que muchos municipios pueden no estar

adecuadamente equipados para gestionar sus recursos, y que una mayor dependencia de regalías se correlaciona con un menor desempeño. Por otro lado, el segundo estudio no encontró un impacto significativo de las regalías en el desarrollo económico, pero sí identificó que las transferencias nacionales pueden tener efectos negativos en el desarrollo económico y empresarial. Este estudio enfatiza la importancia de la auto-gestión, la eficiencia en la administración fiscal local y cómo se administran los recursos a nivel local. En resumen, aunque ambos estudios observan la relación de regalías con el desempeño y desarrollo municipal, llegan a conclusiones ligeramente diferentes sobre la naturaleza y magnitud de estos efectos, y enfatizan distintas áreas de importancia en la gestión de recursos.

Teniendo de referencia los resultados encontrados por los autores Ignacio Lozano y Juan Manuel Julio (2016) y el de la presente investigación, los dos estudios se centran en la dinámica fiscal y económica de las entidades regionales y municipales en Colombia, pero arrojan conclusiones parcialmente contrastantes. El primero, realizado por Lozano y Julio, evidencia una relación positiva y robusta entre la descentralización fiscal y el crecimiento económico regional, apoyando la idea de que la transferencia de responsabilidades fiscales a los gobiernos regionales ha sido beneficiosa para el crecimiento económico. También resalta la influencia de factores no observables y la complementariedad de los bienes públicos suministrados por diferentes jurisdicciones en el crecimiento regional. Sin embargo, la segunda investigación revela que las transferencias nacionales a municipios no necesariamente impulsan el desarrollo económico y, sorprendentemente, pueden tener un impacto negativo, lo que podría sugerir incentivos perversos o dependencias fiscales. En este último, se resalta la importancia de la autonomía tributaria y la eficiencia en la administración fiscal local. Por lo tanto, mientras que el primer estudio subraya los

beneficios de la descentralización, el segundo enfatiza la necesidad de una gestión eficiente y la autonomía a nivel local.

Realizando una comparación con el proyecto elaborado por el autor Wilfred Alonso Romero Arciniegas (2020) con respecto al presente, se tiene que, los estudios se centran en el desarrollo económico de Colombia desde dos perspectivas diferentes. El primer estudio examina cómo la capacidad estatal, medida a través de índices como el fiscal, la violencia, el burocrático y el operacional, afecta al desarrollo de las regiones, utilizando las luces nocturnas como proxy del desarrollo económico. Se destaca la correlación entre una mayor capacidad estatal y un mayor desarrollo, siendo el índice fiscal particularmente significativo. El segundo estudio investiga la relación entre las transferencias nacionales a entidades municipales y el desarrollo económico. Sorprendentemente, no se halló un impacto positivo de las regalías en el desarrollo, y las transferencias nacionales mostraron una relación negativa, subrayando la importancia de la autonomía tributaria y la eficiencia fiscal local. En resumen, mientras el primer estudio destaca la influencia de la capacidad estatal en el desarrollo regional, el segundo enfatiza la administración y gestión de recursos fiscales a nivel local y sus implicaciones en el desarrollo económico regional.

Finalmente, al efectuar una comparativa entre la investigación de los autores Rodríguez-Pose, A., & Krøijer, A. (2009). Con el de la presente investigación se tiene que, Ambos estudios exploran la relación entre las finanzas a nivel local o municipal y el desarrollo o crecimiento económico. El primero, centrado en países de Europa central y oriental, concluye que, si bien el gasto y las transferencias a nivel local están negativamente correlacionados con el crecimiento económico, la capacidad de los gobiernos locales para gestionar sus propios impuestos está positivamente correlacionada con el crecimiento. Esta observación refuerza la idea de una mayor eficiencia cuando las entidades locales gestionan sus propios recursos. Por su parte, la segunda

investigación, llevada a cabo en el departamento de Santander en Colombia, determina que las transferencias nacionales a los municipios están negativamente correlacionadas con el desarrollo económico. No obstante, resalta la relevancia de la autonomía fiscal local y la eficiencia en la administración para impulsar el desarrollo. En síntesis, ambos estudios coinciden en resaltar la importancia de la autonomía y eficiencia fiscal a nivel local para el crecimiento o desarrollo económico, aunque los efectos precisos de las transferencias y el gasto difieren entre ellos.

En resumen, mientras que ciertos hallazgos de la presente investigación convergen con las evidencias presentadas en trabajos previos, especialmente con relación a los limitados efectos de las transferencias gubernamentales sobre el desarrollo local, otros resultados, como el destacado papel de la autonomía y desempeño fiscal, proporcionan una nueva perspectiva en el debate. Esto subraya la necesidad de continuar explorando y entendiendo las dinámicas de la descentralización en Colombia, así como las distintas herramientas y políticas que pueden ser implementadas para maximizar su potencial en el desarrollo regional.

11 Conclusiones y recomendaciones

La presente investigación exploró la relación entre transferencias nacionales a entidades municipales y el desarrollo económico y empresarial de dichos municipios. Esta es una cuestión fundamental en el ámbito de la economía pública, abordando la interacción entre políticas de financiamiento y la capacidad de auto-gestión y crecimiento económico regional. El estudio revela la complejidad de dicha relación, subrayando que no es simplemente la cantidad de recursos lo que importa, sino cómo se administran y su interacción con las capacidades fiscales y la autonomía local.

A través de técnicas estadísticas, se determinó que las transferencias nacionales presentan una relación negativa con el desarrollo económico del departamento de Santander. Contrario a las expectativas iniciales, las regalías y transferencias no mostraron un impacto significativo positivo en el desarrollo económico de la región. Esto sugiere que existen factores mediadores o inhibidores que afectan cómo estos recursos influyen en el crecimiento económico y empresarial.

Con respecto a las transferencias Nacionales y Desarrollo Económico, es interesante y algo contra-intuitivo que las transferencias nacionales muestren una relación negativa con el desarrollo económico, a pesar de que uno esperaría que inyectar recursos en una región impulsaría su crecimiento. Algunas posibles explicaciones incluyen:

- **Incentivos Perversos:** Como se discutió anteriormente, las transferencias podrían generar incentivos perversos en los municipios, disminuyendo la necesidad de generar ingresos propios o de administrar los recursos de manera eficiente.
- **Dependencia Fiscal:** Las regiones podrían volverse dependientes de las transferencias, lo que podría reducir la innovación y la gestión autónoma.

- **Distribución Ineficiente:** Es posible que, aunque las transferencias lleguen a las municipalidades, no se estén gastando de manera que maximice el desarrollo económico.
- **Corrupción.**
- **Autonomía Tributaria y Desempeño Fiscal:** Los hallazgos en relación a la autonomía tributaria y el índice de desempeño fiscal subrayan la importancia de la auto-gestión y la administración fiscal eficiente. Estos resultados pueden explicarse considerando que:
 - **Empoderamiento Local:** La autonomía tributaria puede empoderar a las regiones para tomar decisiones adaptadas a sus circunstancias específicas, lo que podría conducir a decisiones de inversión más acertadas.
 - **Gestión Eficiente:** Un alto índice de desempeño fiscal sugiere que los municipios están administrando bien sus recursos, lo que naturalmente debería traducirse en un mejor desarrollo económico.

Contrario a las expectativas iniciales, las regalías no mostraron un impacto significativo en el desarrollo económico de los municipios. La falta de relación significativa puede ser atribuida a diversos factores, como la inversión en áreas sin impacto directo en desarrollo, suplantación de otras fuentes de financiamiento, o la posible ineficiencia en la administración de estos recursos, entre otras que se exploran a continuación.

- Es posible que las regalías se inviertan en áreas que no tienen un impacto directo o inmediato en el desarrollo económico.
- Las regalías podrían estar suplantando otras fuentes de financiamiento o desincentivando la recaudación local.

- La administración y gestión de estas regalías podrían no ser lo suficientemente eficientes como para traducirse en crecimiento económico.

Así mismo, el estudio llevado a cabo ofrece valiosos insights sobre la compleja relación entre financiamiento, descentralización y desarrollo económico. Si bien las transferencias nacionales están diseñadas para impulsar el crecimiento, la investigación realizada sugiere que no es simplemente la cantidad de recursos lo que importa, sino cómo se administran y cómo interactúan con las capacidades fiscales y la autonomía local. Esto enfatiza la importancia de la gestión fiscal local y la autonomía en el proceso de desarrollo económico, y sugiere que las políticas de transferencia deben considerarse junto con esfuerzos para mejorar la gestión fiscal local y fomentar la autonomía tributaria.

La relación entre las transferencias de recursos nacionales y el crecimiento económico en Santander es compleja. Mientras que la lógica inicial sugeriría que un aumento en los recursos conduciría a un crecimiento económico, los resultados indican que otros factores, como la administración local, la autonomía tributaria y el desempeño fiscal, desempeñan roles cruciales en cómo estos recursos se traducen en desarrollo económico.

Algunas recomendaciones finales que se podrían mencionar para futuros trabajos de investigación podrían ser las siguientes:

- Profundizar en las Variables: Dado que algunas de las variables, como las regalías y transferencias nacionales, mostraron signos negativos (aunque no fueran siempre significativos), sería esencial investigar más a fondo los mecanismos detrás de estos efectos. Específicamente, ¿hay factores mediadores o moderadores que aún no se han considerado?

- **Variables Instrumentales:** Para abordar posibles problemas de endogeneidad o sesgo de omisión de variables, futuras investigaciones podrían considerar el uso de variables instrumentales. Por ejemplo, se podría utilizar un cambio en la legislación o política nacional que afecte las transferencias de regalías o capital pero que sea exógena a las nighttime lights de un municipio específico.
- **Factores Institucionales:** Dada la sugerencia de que la descentralización puede no haber afectado positivamente el crecimiento debido a deficiencias institucionales, sería valioso examinar en detalle las características y calidad de las instituciones locales y su interacción con las políticas de descentralización.
- **Otros Proxies de Desarrollo Económico:** Aunque las nighttime lights son un proxy innovador y valioso para el PIB, sería interesante complementar o contrastar estos resultados utilizando otras medidas, como tasas de empleo, entre otros.
- **Factores Culturales y Sociales:** Considerar la inclusión de variables que capturen aspectos culturales y sociales que puedan influir en la forma en que se recibe y se implementa la descentralización a nivel local.
- **Efectos Temporales:** Investigar si hay efectos rezagados de las variables independientes sobre el desarrollo económico. Esto podría ayudar a entender si hay un retraso en el impacto de ciertas políticas o transferencias en el desarrollo económico de las regiones.
- **Comparaciones Regionales:** Ampliar el estudio a otras regiones de Colombia o realizar comparaciones interregionales más detalladas para determinar si los efectos observados en Santander son específicos de esta región o si son generalizables.

- **Interacciones entre Variables:** Considerar la posibilidad de que algunas variables interactúen entre sí de formas complejas. Por ejemplo, ¿cómo interactúa la autonomía tributaria con el índice de desempeño fiscal? Estas interacciones podrían ofrecer insights adicionales sobre las dinámicas subyacentes.
- **Evaluación de Políticas Públicas:** Basándose en los resultados, sería valioso realizar evaluaciones específicas de políticas públicas para determinar cuáles son las más eficaces y por qué, y proponer recomendaciones para optimizar la implementación y los resultados.

Al seguir estas recomendaciones, futuras investigaciones podrán construir sobre los hallazgos de tu estudio y proporcionar una comprensión aún más profunda de las dinámicas entre descentralización y desarrollo económico en Colombia y más allá.

Referencias Bibliográficas

- Amat Rodrigo, J. (2017). Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis, PCA) y t-SNE. Ciencia de Datos. Licencia CC BY 4.0. https://www.cienciadedatos.net/documentos/35_principal_component_analysis
- Arias, A. S. (2012, 23 marzo). Producto interior bruto (PIB). Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/producto-interior-bruto-pib.html>.
- Blöchliger, H. (2013), “Decentralisation and economic growth. Part1: How fiscal federalism affects long-term development”, oecd Working Papers on Fiscal Federalism, N° 14, París, oecd Publishing.
- Bonet-Morón, J., Reina-Aranza, Y. y Ricciulli-Marin, D. (2020). Movimientos sociales y desarrollo económico en Chocó, Colombia. Estudios Gerenciales, 36(155), 127-140. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2020.155.3338>
- Bottia Wilches, C y Cuestas Rodríguez, D. (2018). Impacto de las regalías en los índices de desarrollo en los municipios del departamento de Casanare en el período 2001-2015. Bogotá : Universidad Externado de Colombia, 2018.
- Brehm, S. (2013). Fiscal incentives, public spending, and productivity – county-level evidence from a Chinese province. World Development, 46, 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.01.029>
- Bruederle A, Hodler R (2018) Nighttime lights as a proxy for human development at the local level. PLoS ONE 13(9): e0202231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202231>
- Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico - CEDE ¿Quiénes somos? Universidad de los Andes - Facultad de Economía. <https://economia.uniandes.edu.co/cede/quienes-somos>

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

<https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/datos-geoestadisticos/?cod=111>

Demidenko, E. (2004). *Mixed Models: Theory and Applications*. New York: Wiley.

Dempster, A.P., Laird, N.M., and Rubin, D.B. (1977). Maximum likelihood estimation from incomplete data via the EM algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society, Ser. B* 39, 1-38.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Gov.co. Retrieved November 13, 2022, from <https://www.dane.gov.co/>

Departamento Nacional de Planeación. Gov.co. Retrieved November 13, 2022, from <https://www.dnp.gov.co/>

Finot, I. (2001). *Descentralización en América Latina: teoría y práctica*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social - ILPES.

Fornieles, A. (2013). Transformaciones de datos en la elaboración de estudios salariales [Data transformations in salary surveys]. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 29(2). <https://dx.doi.org/10.5093/tr2013a11>

Gavilán Muñoz, N., & Rincón Rivera, Y. A. (2016). Impactos de las regalías sobre el crecimiento económico del departamento de La Guajira (1986-2014). Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/136>

Giraldo Giraldo, M. C., & Largo Álvarez, C. C. (2021). The sins of royalties in Colombia: impact on good local governance / Los pecados de las regalías en Colombia: impacto en el buen gobierno local. *Cuadernos de Ciencias Políticas*, Núm. 11, 2021. <http://hdl.handle.net/10784/30792>

- Google Research. Preguntas frecuentes sobre Colaboratory.
<https://research.google.com/colaboratory/intl/es/faq.html>
- Gutiérrez Orozco, J. (2006). Impacto de la descentralización fiscal sobre el crecimiento económico de Colombia. Uniandes.
- Hernández Gutiérrez & Mendoza Delgado (2019). Incidencia del sistema fiscal en las economías regionales: Un análisis comparado para Santander, Antioquia y Valle del Cauca. 2008-2016 (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Hill, R. C., Griffiths, W. E., & Lim, G. C. (2011). Principles of Econometrics (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-62673-3, 538-539.
- Hung, N. T., y Thanh, S. D. (2022). Fiscal decentralization, economic growth, and human development: Empirical evidence. *Cogent Economics & Finance*, 10(1).
<https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2109279>
- Jolliffe, L. T. (2002). Principal Component Analysis (2nd ed.). Springer-Verlag. 1-2.
- Laird, N.M. and Ware, J.H. (1982). Random-effects models for longitudinal data. *Biometrics* 38, 963-974.
- Lindstrom, M.J. and Bates, D.M. (1988). Newton-Raphson and EM algorithms for linear mixed-effects models for repeated-measures data. *Journal of the American Statistical Association* 83, 1014-1022.
- Li, X., Zhou, Y., Zhao, M. et al. A harmonized global nighttime light dataset 1992–2018. *Sci Data* 7, 168 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0510-y>
- Lozano E., I. (1998). Las transferencias intergubernamentales y el gasto local en Colombia. Banco de la República. <https://www.banrep.gov.co/es/las-transferencias-intergubernamentales-y-el-gasto-local-colombia>

- Lozano, I. & Julio, J. M. (2016). Descentralización fiscal y crecimiento económico en Colombia: evidencia de datos de panel a nivel regional. CEPAL.
- McKinney, W. (2012). Python for Data Analysis. O'Reilly Media, Inc. 9781449319793, 2-3.
- Mellander C, Lobo J, Stolarick K, Matheson Z (2015) Night-Time Light Data: A Good Proxy Measure for Economic Activity? PLoS ONE 10(10): e0139779. doi:10.1371/journal.pone.0139779
- Miller, J.J. (1977). Asymptotic properties of maximum likelihood estimates in the mixed model of the analysis of variance. *The Annals of Statistics* 5, 746-762.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Colombia. (n.d.). Cepal.org. Retrieved September 5, 2022, from <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/instituciones/ministerio-de-hacienda-y-credito-publico-de-colombia>
- Molotok, I. (2020). Does Fiscal Decentralization Influence on Management Efficiency of Country Innovative Development? *Marketing and Management of Innovations*, 1, 54–62. <https://doi.org/10.21272/mmi.2020.1-04>
- Nader Orfale (2015). Descentralización de la descentralización: Incidencia de los procesos de descentralización sobre los municipios y distritos en su organización y división territorial (tesis doctoral). Universidad Libre, Bogotá, Colombia.
- NASA Earthdata. Nighttime Lights. <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/nighttime-lights>
- Pening, J. (2003) Evaluación del proceso de descentralización en Colombia. En *Revista Economía y Desarrollo*, Volumen 2, Número 1 Marzo 2003. Fundación Universidad Autónoma de Colombia. Versión electrónica disponible en:

http://atlasflacma.weebly.com/uploads/5/0/5/0/5050016/evaluacion_de_la_descentralizacin_en_colombia.pdf

Pérez-Sindín, X. S., Chen, T.-H. K., & Prishchepov, A. V. (2021). Are night-time lights a good proxy of economic activity in rural areas in middle and low-income countries? Examining the empirical evidence from Colombia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 24, 100647. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100647>

Proville J, Zavala-Araiza D, Wagner G (2017) Night-time lights: A global, long term look at links to socio-economic trends. *PLoS ONE* 12 (3): e0174610. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174610>

QGIS Development Team. Acerca de QGIS. QGIS. <https://qgis.org/es/site/about/index.html>

Rodríguez-Pose, A., & Krøijer, A. (2009). Fiscal Decentralization and Economic Growth in Central and Eastern Europe. *Growth and Change*, 40(3), 387–417. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2009.00488.x>

Romero Arciniegas, W. A. (2020). Regional state capacity and economic performance in Colombia (Master's thesis, University of Passau). Hollergrippe, 8, 94032 Passau, Germany.

Sánchez, L. (2016). Transferencias gubernamentales e inversión en capital en municipios peruanos: El caso de las rentas por recursos naturales. *Semestre Económico*, 19(41), 55-85. Universidad de Medellín. <https://doi.org/10.22395/seec.v19n41a3>

Sistema General de Participaciones (SGP). Cepal.org. Retrieved October 22, 2022, from <https://plataformaurbana.cepal.org/es/instrumentos/financiamiento/sistema-general-de-participaciones-sgp>

- Sistema General de Regalías - SGR. Gov.co. Retrieved October 22, 2022, from <https://www.eiticolombia.gov.co/es/informes-eiti/informe-2016/distribucion-y-seguimiento-de-ingresos/sistema-general-de-regalias-sgr/>
- Tosun, M. S., y Yilmaz, S. (2008). Decentralization, economic development, and growth in Turkish provinces. The World Bank.
- Universidad de los Andes. (2022). Panel Buen Características generales.
- Universidad de los Andes. (2022). Panel Buen gobierno.
- Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Catálogo de software: Stata. <https://edutic.up.edu.pe/catalogo-software/stata/>
- Vasylieva, T., Harust, Y., Vinnichenko, N., & Vysochyna, A. (2018). Optimization of the financial decentralization level as an instrument for the country's innovative economic development regulation. *Marketing and Management of Innovations*, 4, 381–390. <https://doi.org/10.21272/mmi.2018.4-33>
- Velásquez, F. (2010) El Estado actual de la Descentralización y su Aporte al Estado de Derecho en Colombia. En *El Estado actual de la Descentralización y su Aporte al Estado de Derecho en el Perú, el Ecuador, Colombia y Bolivia*. Documentos Temáticos. Programa CAPACIDADES, Fortalecimiento de capacidades para procesos de descentralización.
- Verbeke, G. and Molenberghs, G. (2001). *Linear Mixed Models for Longitudinal Data*. New York: Springer.
- Wang, W. and Heckman, N. (2009). Identifiability in linear mixed models. Technical report, Department of Statistics, University of British Columbia.
- Wu, L. (2009). *Mixed Effects Models for Complex Data* (1st ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781420074086>, 41-50.

Apéndices

Los apéndices se encuentran adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Artículo científico publicable.

Apéndice B. Archivo Stata.

Apéndice C. Google Colab con el tratamiento de los datos.