



Vigilada Mineducación

¿CÓMO CRECE EL SECTOR PRODUCTOR DE PLANTAS EN COLOMBIA?: UN  
ENFOQUE SEGÚN LA LEY DE GIBRAT Y EL MODELO GRAVITACIONAL

How is the Colombian plant production sector growing? An approach based on Gibrat's Law and  
the gravity model

MARIANA SERNA VELÁSQUEZ  
TOMONOBU TSUBOTA NAKAMURA

Trabajo de Grado como requisito para la obtención del título académico de Magíster en  
Administración Financiera (MAF)

Asesores

Lina Marcela Cortés Durán  
Diego Fernando Téllez Falla

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE FINANZAS, ECONOMÍA Y GOBIERNO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA - MAF  
PEREIRA  
2025

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT .....	5
INTRODUCCIÓN .....	6
MARCO CONCEPTUAL.....	8
La producción de plantas dentro de la agricultura .....	8
Ley de Gibrat .....	10
Modelo Gravitacional .....	11
METODOLOGÍA .....	14
PLANTEAMIENTOS Y RESULTADOS .....	15
Ley de Gibrat .....	15
Interpretación de los resultados .....	17
Modelo Gravitacional .....	21
Interpretación de los resultados .....	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS .....	32
ANEXOS.....	36
Anexo 1. Comparativo entre los Modelos Efecto aleatorio y Efecto fijo para la Ley de Gibrat	36
Anexo 2. Resultados del Modelo 1, Ley de Gibrat.....	37
Anexo 3. Resultados del Modelo 2, Ley de Gibrat.....	38
Anexo 4. Resultados del Modelo 3, Ley de Gibrat.....	39
Anexo 5. Resultados del Modelo 4, Modelo Gravitacional.....	40
Anexo 6. Resultados del Modelo 5, Modelo Gravitacional.....	41
Anexo 7. Resultados del Modelo 6, Modelo Gravitacional.....	42
Anexo 8. Mapa de calor de la matriz de correlación, Ley de Gibrat .....	43
Anexo 9. Mapa de calor de la matriz de correlación, Modelo Gravitacional .....	44

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Determinantes del crecimiento con base en el modelo de la Ley de Gibrat .....	18
Tabla 2. Determinantes de las ventas con base al Modelo Gravitacional .....	25
Tabla 3. Media de la distancia entre municipio y ciudad mercado .....	29

## RESUMEN

En Colombia, la agricultura se erige como un pilar fundamental del desarrollo y del crecimiento económico, desempeñando un rol primordial al articular el inicio de la cadena productiva mediante la generación de material vegetal de propagación, alimentos y materias primas, entre otros. Los investigadores de este trabajo examinan el desempeño financiero del sector productor de plantas o viveristas en Colombia durante el periodo 2019-2023, utilizando los modelos de la Ley de Gibrat y el Modelo Gravitacional. Los hallazgos revelan que el crecimiento de las empresas de este sector estuvo determinado, predominantemente, por factores asociados a su desempeño histórico, en conexión con la capacidad del consumo del mercado.

**Palabras clave:** Modelo Gravitacional, Ley de Gibrat, Industria ornamental, Crecimiento económico, Agricultura.

**Clasificación JEL:** F10, L25, L66, O47, Q12.

## ABSTRACT

In Colombia, the agricultural plays a crucial role in driving development and economic growth. It serves as the cornerstone of the productive chain, generating plant propagation stock, food, and raw materials, among other essentials inputs. This research analyzes the financial performance of Colombia's nursery sector from 2019 to 2023, using Gibrat's Law and the Gravity Model. The findings reveal that the growth of companies in this sector is predominantly determined by factors associated with their historical performance, in connection with the market's consumption capacity.

**Keywords:** Gravitational Model, Gibrat's Law, Ornamental industry, Economic growth, Agriculture.

**JEL Code:** F10, L25, L66, O47, Q12.

## INTRODUCCIÓN

Las empresas productoras de plantas en Colombia, o viveros, son actores clave en la cadena de producción agrícola, y desempeñan un papel fundamental al proveer el material vegetal de propagación, esencial para cultivadores y agricultores, tanto a nivel nacional como internacional.

Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2024a), el sector agrícola, junto con la ganadería, caza, silvicultura y pesca, experimentó un crecimiento del 10,2 % en el PIB durante el segundo trimestre de 2024 (p. 3). Dentro de este crecimiento, la propagación de plantas (actividad de viveros, excluyendo viveros forestales) contribuyó con un 10,9 % en el mismo período, sumándose a otros cultivos agrícolas transitorios y permanentes (DANE, 2024a, p. 6).

Particularmente, el subsector de productores de plantas ornamentales o viveristas colombianos ha mostrado un crecimiento notable en participación y producción. Este dinamismo económico beneficia a más de 35.000 familias y comprende alrededor de 3.000 empresas, según datos de Colviveros, la Asociación Colombiana de Viveristas y Productores de Plantas Ornamentales (Agronegocios, 2023).

La evolución de las demandas del mercado de consumo, que priorizan la calidad genética del material vegetal, la conservación ambiental y la producción técnica y estandarizada de plantas, ha impulsado un crecimiento significativo en este sector.

En ese sentido, el gremio productor de plantas en Colombia, como parte integral de la cadena productiva agrícola, presenta características distintivas: una predominancia de pequeños productores con limitada organización corporativa y administrativa; un potencial significativo para la generación de empleo, derivado de la naturaleza de sus productos y la baja inversión en tecnología y automatización; y un notable potencial productivo, favorecido por sus condiciones y ubicación geoeconómica.

La naturaleza del sector y sus prácticas administrativas históricas han generado una escasez de información financiera, lo cual dificulta la caracterización del sector productor de plantas en Colombia. Esta limitación restringe el análisis y el estudio necesarios para comprender su comportamiento económico y su impacto directo en el desempeño del sector.

En este trabajo, los investigadores analizan los determinantes del desempeño de las empresas colombianas productoras de plantas entre 2019 y 2023. Apoyados en los modelos

económicos de la Ley de Gibrat y el Modelo Gravitacional, los hallazgos revelan que el crecimiento de estas empresas se encuentra determinado, principalmente, por elementos inherentes a su evolución empresarial y desempeño pasado, que, a su vez, se asocia significativamente con la capacidad de consumo de las cinco principales ciudades capitales del país.

## MARCO CONCEPTUAL

### La producción de plantas dentro de la agricultura

La agricultura como sector económico ha sido objeto de innumerables estudios a nivel global a lo largo de la historia. Durante su progreso y desarrollo, el agro ha tenido cambios en el enfoque de sus estudios e investigaciones sobre sus conceptos y sus funciones como actividad productiva de una sociedad. Al comienzo se consideraba que la agricultura contribuía al crecimiento en un modelo de desarrollo de manera subsidiada bajo el auspicio de otros sectores económicos, potencialmente más productivos (Johnston & Mellor, 1961, citado en Bejarano Ávila, 1998, p. 3).

A pesar de su incomoda y rezagada postura considerada durante decenios, la agricultura ha tenido un papel fundamental para el desarrollo de la economía en la mayoría de los países, siendo, a su vez, propulsor del desarrollo y crecimiento de otros sectores productivos (Pingali, 2007, p. 2); aportando al crecimiento económico, la sostenibilidad ambiental, la reducción de la pobreza y del hambre y al logro de mayores niveles de equidad, sin olvidar su contribución principal en la producción de alimentos y materias primas que tienen relaciones directas en la administración de los recursos fundamentales de la economía de una Nación, tales como: el suelo, el agua y algunos recursos energéticos (Perfetti & Cortés, 2013, p. 3).

Los cambios ocurridos en la sociedad moderna originados por el crecimiento poblacional han incentivado la modificación de tales conceptos que anteriormente enmarcaban al sector agricultor, renunciando a cumplir un papel pasivo como sector productivo y atribuyendo a una función más directa que involucre el crecimiento a través del aumento de la producción y de la productividad, la generación de empleo, la solución del problema de la pobreza y las necesidades básicas, y sus aportes a la seguridad alimentaria (Bejarano Ávila, 1998, p. 1), haciendo un énfasis en su implicación en la reducción de la pobreza rural y total (De Janvry & Sadoulet, 2010, p. 1).

Según el Banco Mundial (2007, p. 8), otro cambio importante que ha influido de manera significativa en la evolución de la agricultura es el surgimiento de nuevas oportunidades comerciales, la expansión y creación de nuevos mercados, motivados por la “desaparición” de las diferentes fronteras y restricciones; creando así nuevos modelos de negocios que han ayudado al crecimiento; impulsados por el sector privado que ha integrado, en amplias cadenas de valor, a los productores y los consumidores, e involucrando a los pequeños agricultores emprendedores y

organizados, dando origen a la revaloración de los recursos naturales con potencial agrícola (Perfetti & Cortés, 2013, p. 4). Dichos cambios generarán nuevas circunstancias, diferentes a aquellas actividades agrícolas que se efectuaron en el pasado (Hernández & Becerra, 2013, p. 126), y, por lo tanto, se requerirán de nuevas inversiones desde y para el sector privado, con el propósito de impulsar las industrias relacionadas con la agricultura y la economía rural no agrícola (Perfetti & Cortés, 2013, p. 8).

El sector productor de plantas, miembro activo de la agricultura, ha experimentado y afrontado los desafíos generados a raíz de los cambios ocurridos en la sociedad. Ha vivido de cerca los procesos de cambios a través de las experiencias y transformaciones que han ejecutado los gremios conexos al sector, como lo son: el floricultor y el cultivador de plantas ornamentales. Estos productos agrícolas han sido considerados como productos suntuosos, que se adquirían para ocasiones especiales o importantes. Pero, dado al cambio de las tendencias en el mercado, han surgido nuevos nichos de consumo que han representado un aumento de su consumo, en fechas no específicas y más distribuidas a lo largo del año (Schimmenti et al., 2010, como se citó en Bermejo et al., 2017, p. 12).

En las últimas décadas, el efecto de la globalización ha causado una reorganización en la distribución de zonas productoras de plantas, en especial las ornamentales. Así, empiezan a destacarse, como los principales epicentros de destino, los países en desarrollo que presentan algunas ventajas competitivas, tales como: la ubicación geográfica, las condiciones agroclimáticas favorables, la abundancia de recursos naturales, la disponibilidad de mano de obra de bajo costo, entre otros (Schimmenti et al., 2010, como se citó en Bermejo et al., 2017, p. 11).

En el sector de la floricultura ha ocurrido un fenómeno similar, en donde se ha presentado un trasteo de las empresas desde los países del hemisferio norte hacia otros ubicados en zonas ecuatoriales, donde las condiciones climáticas favorecen más la operación y producción. Como destinos relevantes, los nuevos centros de producción son, por lo general, países en desarrollo como Colombia, Ecuador, Etiopía y Kenia (Bermejo et al., 2017, p. 13).

En este proceso de cambio de estrategias administrativas, el sector de la agricultura ha venido afrontando nuevas condiciones y exigencias presentadas por el mercado global, y, por lo tanto, han requerido implementar tecnologías cada vez más innovadoras, más eficientes en productividad, como también en el uso de los recursos naturales que desencadenen en la reducción de la carga ambiental. Además, es importante resaltar la implementación de las normas en

consonancia con las obligaciones y garantías en las prácticas sociales y éticas de la cadena de suministro de la floricultura en estos países en desarrollo (Bermejo et al., 2017, p. 17).

Los cambios estructurales que se han generado en la sociedad moderna no solo implican realizar ajustes en las condiciones y métricas relacionadas con la parte operativa del proceso de producción de plantas, más conocidos como procesos agronómicos. La administración y el análisis de los recursos económicos son también indispensables para el correcto funcionamiento de las compañías pertenecientes al sector. Debido a esta realidad, la actualización de los conceptos en materia administrativa y financiera cada vez tiene una mayor relevancia para generar progreso al sector agrícola y, en especial, el sector productor de plantas, que es el primer eslabón de la cadena productiva.

### **Ley de Gibrat**

La Ley de Gibrat, también denominada "Ley del Efecto Proporcional" o "Ley de Crecimiento Proporcional" (Gibrat, 1931), analiza la relación entre el crecimiento de una empresa en un período dado y su tamaño (Cortés et al., 2019, p. 1). El modelo ha impulsado numerosas investigaciones que exploran las relaciones y los comportamientos entre el tamaño y el crecimiento empresarial (Lotti et al., 2007, p. 4). Fundamentalmente, la Ley de Gibrat establece que las tasas de crecimiento de una empresa no están condicionadas por su tamaño actual ni por su historial de crecimiento. En consecuencia, la probabilidad de experimentar un determinado ritmo de crecimiento y acceder a oportunidades es similar para todas las empresas, sin importar su dimensión o su pasado (Mansfield, 1961, p. 1031).

La utilidad del modelo de la Ley de Gibrat para analizar grupos de empresas dentro de un sector económico y en un lapso temporal definido es innegable. Sin embargo, la evidencia empírica ha mostrado que su principio fundamental no siempre se verifica, debido a la heterogeneidad de las condiciones en los distintos sectores económicos, lo que ha llevado a cuestionar su validez universal (Machado & Mata, 2000, p. 270). De esta manera, se observa que la relación entre los factores que influyen en el crecimiento empresarial y el tamaño de las empresas es heterogénea (Delmar, et al., 2003, p. 213). En respuesta, algunas investigaciones sugieren enriquecer el modelo de la Ley de Gibrat mediante la inclusión de otros factores determinantes, específicos y relevantes

para el sector analizado, que incidan directamente en la dinámica de crecimiento empresarial (Cabral, 1995, p. 170).

Estudios recientes sobre empresas colombianas, durante el período 1995-2015, revelaron un incumplimiento del principio básico de la Ley de Gibrat. Los resultados indicaron que el crecimiento empresarial dependió significativamente del tamaño y de la persistencia del crecimiento en períodos anteriores (Cortés et al., 2019, p. 27). El análisis también destacó la influencia de la trayectoria histórica de la empresa, donde las más jóvenes o pequeñas tendieron a crecer más rápidamente, experimentando una desaceleración posterior a medida que maduraba su actividad comercial (Cortés et al., 2019, p. 25).

Si bien presenta limitaciones, la Ley de Gibrat constituye una herramienta útil para comprender la dinámica del crecimiento empresarial. Como mecanismo de análisis dinámico, facilita la conexión entre el progreso de las empresas en distintos sectores económicos y los diversos factores internos y externos que los condicionan (Cabral & Mata, 2003, p. 1083). Asimismo, el modelo ha evidenciado una continua capacidad de adaptación para responder a nuevas interrogantes sobre el crecimiento empresarial, integrando enfoques e interpretaciones renovadas sobre el comportamiento del sistema empresarial (McCloughan, 1995, p. 431).

## **Modelo Gravitacional**

El Modelo Gravitacional, una herramienta de amplio uso en el ámbito económico para el análisis de flujos comerciales de diversos bienes como materias primas, combustibles y maquinarias (Anderson, 1979, p. 106), se fundamenta en las contribuciones iniciales de Walter Isard y Merton J. Peck (1954) y, particularmente, en la aplicación pionera de Jan Tinbergen (1966), quien lo estableció en su forma actual (Cárdenas & García, 2004, p. 3). Dicho modelo se inspira en un principio físico que postula que la fuerza de atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional a la distancia que los separa (Vasco et al., 2014, p. 110).

El fundamento físico del Modelo Gravitacional se traslada a la econometría argumentando que las “masas” económicas de los países inducen una mayor atracción y, por consiguiente, un mayor volumen de comercio. En contraste, una mayor distancia entre ellos implica costos de transporte más elevados, lo que conlleva menores flujos comerciales. Es importante destacar que

el comercio bilateral no depende únicamente de la masa y la distancia, sino que también se ve afectado por otros factores interconectados. Estos factores pueden facilitar el comercio (por ejemplo, la existencia de una frontera común, un idioma compartido, una misma moneda o un entorno jurídico similar) o restringirlo (como la imposición de barreras arancelarias y no arancelarias). La literatura académica ha sido extensa en la identificación de variables que representan estos diversos influjos (Cárdenas & García, 2004, p. 2).

En el contexto del análisis internacional, el tamaño económico de las regiones se mide comúnmente a través de su Producto Interno Bruto (PIB). El PIB del país exportador o vendedor se interpreta como un proxy de su capacidad productiva, siendo preferible utilizar el PIB per cápita como indicador de la relación capital-trabajo. Respecto al país importador o comprador, su PIB se estima como su potencial de renta, o capacidad de gasto por habitante (Bergstrand, 1989, p. 146). Junto a estas variables de tamaño, se analiza el impacto de los factores que actúan como barreras al comercio, tales como la distancia geográfica, los costos de transporte y las políticas arancelarias (Brainard, 1997, p. 539).

El Modelo Gravitacional ha demostrado su versatilidad en estudios recientes sobre Latinoamérica, aplicándose a una variedad de temas. Un ejemplo es el análisis de Vasco et al. (2014) sobre los comportamientos y efectos de las fusiones y adquisiciones corporativas, donde se examinó la capacidad explicativa del modelo para dicho fenómeno (p. 116). Otra investigación, realizada por Serrano y Pinilla (2016), se centró en el comportamiento de las exportaciones agrícolas, revelando que su crecimiento estuvo impulsado, principalmente, por la expansión de la demanda externa, atribuible al aumento de los ingresos en los países importadores, y por el desarrollo tecnológico, que elevó la productividad de la mano de obra agrícola. En este estudio, la distancia geográfica y el proteccionismo en los mercados de destino emergieron como los principales factores limitantes (p. 139).

En el contexto colombiano, diversos estudios han aplicado el Modelo Gravitacional, principalmente en el análisis de flujos comerciales internacionales. Estas investigaciones abarcan desde el estudio de las integraciones económicas (Bolívar et al., 2015, p. 267) hasta el análisis de sectores productivos específicos, como el sector textil en Antioquia, donde se destaca la relación directa entre los efectos del PIB de los países socios comerciales (Arrieta, 2018, p. 41). Adicionalmente, un análisis más amplio ha revelado la importancia de la ubicación geográfica del

país como una ventaja potencial para el comercio internacional, la cual no ha sido plenamente explotada (Cárdenas & García, 2004, p. 17).

## METODOLOGÍA

La presente investigación se basó en datos del panel financiero recopilados de la plataforma Emis Next Academic Research (2024) de 48 empresas colombianas pertenecientes a la categoría de Propagación de plantas, sujetas a la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU AO13 - Actividad de los viveros, excepto viveros forestales), incluyendo viveros y productores de plantas ornamentales afiliados a Colviveros. El período de análisis abarcó los años 2019-2023, el más reciente informe disponible al momento de la investigación.

La información económica y estadística correspondiente a las diversas ciudades y municipios de Colombia, empleada en el análisis del presente estudio, provino de las publicaciones emitidas por el DANE (2024b). Con base en estos datos, se calcularon valores proxy para caracterizar la capacidad económica de cada entidad territorial.

Para el análisis econométrico, se seleccionaron la Ley de Gibrat y el Modelo Gravitacional. La Ley de Gibrat permitió analizar cómo las variables intrínsecas de las empresas viveristas afectan su crecimiento. Por otro lado, con el Modelo Gravitacional planteado bajo la estructura del Modelo de Momentos Generalizados (GMM) para corregir la endogeneidad, se utilizó para evaluar el impacto de factores extrínsecos, como la capacidad económica del municipio donde se ubica la empresa, junto con algunas ciudades capitales departamentales y su ubicación geográfica, sobre el desempeño de los productores de plantas de Colombia.

## PLANTEAMIENTOS Y RESULTADOS

### Ley de Gibrat

Según el planteamiento de la Ley de Gibrat, las empresas, independientemente de su tamaño, tienen la misma probabilidad de crecer en un porcentaje dado, durante un período de tiempo determinado. Siendo así, la hipótesis nula formula en su versión fundamental que el crecimiento de una empresa es independiente y no hay una relación sistemática con su tamaño, por lo tanto, no están correlacionados. Al contrario, si el tamaño de la empresa es estadísticamente significativo, es decir, si su valor p es menor que un nivel de significancia predefinido, entonces se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que hay una relación entre el tamaño de las empresas y su crecimiento.

Bajo este concepto, se formula un segundo modelo donde se adiciona el factor de edad de la empresa, entendiéndose este como un indicador de la experiencia, madurez y capacidad de supervivencia en el mercado. La inclusión de esta variable ayuda en la interpretación del comportamiento de las empresas viveristas según la edad o trayectoria dentro del sector.

Por último, un tercer modelo se complementa con la inclusión de los factores indicadores de las fuentes de financiación, como los son el apalancamiento y los rendimientos obtenidos en periodos anteriores.

Inicialmente, se realizó un análisis de la estructura de los datos para comparar y evaluar la idoneidad entre los modelos de efectos aleatorios y efectos fijos en el análisis de regresión. La comparación de los indicadores estadísticos resultantes indicó que el modelo de efectos aleatorios era el más apropiado, evidenciado por un R cuadrado y un F estadístico más altos, con un valor p significativo (ver anexo 1).

Entonces, en el análisis del presente trabajo se plantean tres modelos para comprender las implicaciones de las variables que estima la Ley de Gibrat, en donde el objeto del análisis para todos los modelos es la tasa de crecimiento de la empresa.

Con base a la teoría de la Ley de Gibrat, la primera función canónica de regresión se expresa como:

$$Growth_{it} = \alpha_i + \beta Growth_{i,t-1} + \gamma \ln(Sales_{t-1}) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Donde  $Growth_{it}$  corresponde a la tasa de crecimiento de la empresa. Se calcula como la primera diferencia del logaritmo neperiano de las ventas;  $\alpha_i$  entendido como el intercepto o el efecto fijo que presenta el sector;  $Growth_{i,t-1}$  como la tasa de crecimiento de la empresa en el período inmediatamente anterior, calculado mediante la primera diferencia del logaritmo neperiano de las ventas rezagadas;  $\ln(Sales_{t-1})$  refiere el tamaño de la empresa calculado como el logaritmo neperiano del factor que explica el tamaño de la empresa, y que, para el presente análisis, se utiliza el activo de cada una de ellas, de manera rezagada por un periodo inmediatamente anterior; y  $\varepsilon_{it}$  es el término del error.

La función adaptada para el presente proyecto se expresa en el Modelo 1, como:

$$Prim_{dif}LogVentas = \alpha + \beta Prim_{dif}LogVentas_{RZG} + \gamma LogAct_{RZG} \quad (2)$$

El segundo modelo analiza en conjunto los efectos de las variables de extensión del tiempo sobre el rendimiento de las empresas productoras de plantas, donde  $\ln Age_{it}$  es la edad de la empresa en años de funcionamiento cumplidos, calculada como su logaritmo neperiano y  $[\ln Age_{it}]^2$  como su función cuadrática. Siendo así la función teórica:

$$Growth_{it} = \alpha_i + \beta Growth_{i,t-1} + \gamma \ln(Sales_{t-1}) + \theta_1 \ln Age_{it} + \theta_2 [\ln Age_{it}]^2 + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

La adaptación en términos funcionales en el Modelo 2 se expresa como:

$$Prim_{dif}LogVentas = \alpha + \beta Prim_{dif}LogVentas_{RZG} + \gamma LogAct_{RZG} + \theta_1 LogTiempo_{ACR} + \theta_2 LogTiempo_{ACR}^2 \quad (4)$$

Al tercer modelo de análisis se le incluyeron dos variables explicativas rezagadas: el apalancamiento expresado como  $Leverage_{i,t-1}$  y la rentabilidad como,  $ROE_{i,t-1}$ . El apalancamiento se aproximó mediante la relación de pasivos totales/activos totales, debido a la limitación de datos de apalancamiento detallados. La rentabilidad rezagada se calcula como la relación entre la utilidad neta y el patrimonio del periodo inmediatamente anterior.

La función teórica resultante es:

$$Growth_{it} = \alpha_i + \beta Growth_{i,t-1} + \gamma \ln(Sales_{t-1}) + \theta_1 \ln Age_{it} + \theta_2 [\ln Age_{it}]^2 + \varphi Leverage_{i,t-1} + \omega ROE_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Y su correspondiente adaptación para el Modelo 3 sería:

$$Prim_{dif} LogVentas = \alpha + \beta Prim_{dif} LogVentas_{RZg} + \gamma LogAct_{RZg} + \theta_1 LogTiempo_{ACR} + \theta_2 LogTiempo_{ACR}^2 + \varphi ApalFinan3_{RZg} + \omega ROE_{RZg} \quad (6)$$

### **Interpretación de los resultados**

El análisis de los datos de empresas productoras de plantas en Colombia, durante el período 2019-2023, indica que una tasa de crecimiento rezagada se asocia consistentemente con una menor tasa de crecimiento actual, representados en el coeficiente negativo en todos los modelos (tabla 1). Esta relación inversa sugiere posibles obstáculos para sostener un crecimiento positivo continuo. Factores como la naturaleza cíclica de los cultivos y la dependencia de condiciones climáticas cambiantes e inciertas podrían explicar este comportamiento negativo (ver anexos 2, 3 y 4). El bajo nivel de significancia estadística observado sugiere una relevancia limitada de estos resultados en términos generales.

**Tabla 1. Determinantes del crecimiento con base en el modelo de la Ley de Gibrat**

Ley de Gibrat / Modelo de efectos aleatorios				
Variable		Modelo		
		1	2	3
Growth <sub>t,t-1</sub>	Prim_dif_LogVentasRzg	-0,1225	-0,0744	-0,0702
Valor P		0,2235	0,4414	0,4758
ln(Sales <sub>t</sub> )	LogActRzg	0,0207	-0,0451	-0,0486
Valor P		0,0000	0,1009	0,0855
lnAge <sub>t</sub>	LogTiempoACR		0,4712	0,4296
Valor P			0,0057	0,0164
[lnAge <sub>t</sub> ] <sup>2</sup>	LogTiempoACR_cuadrado		-0,0960	-0,0855
Valor P			0,0038	0,0159
Leverage <sub>t,t-1</sub>	ApalFinan3Rzg			0,1139
Valor P				0,3589
ROE <sub>t,t-1</sub>	ROERzg			0,0323
Valor P				0,9146
R cuadrado		0,2850	0,4068	0,4138
Log-Likelihood		13,2080	12,9880	13,7170
No observaciones		67	67	67
Entes		29	29	29

Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes del tamaño rezagado de la empresa revelan un comportamiento opuesto entre los modelos analizados. Mientras el Modelo 1 sugiere una relación directa entre el tamaño de los activos pasados y el crecimiento actual (coeficiente positivo), los Modelos 2 y 3 indican una relación inversa (coeficiente negativo). Igualmente, se observan incongruencias en los niveles de significancia estadística, siendo altamente relevante para el Modelo 1 y contrario en los dos modelos restantes.

La relación positiva observada en el Modelo 1 podría ser espuria, producto de un posible sesgo en la estimación del tamaño debido a la omisión de variables de control relevantes para el crecimiento, las cuales sí se incorporan en los Modelos 2 y 3. En contraste, los resultados de estos últimos modelos apuntan a que las empresas más pequeñas presentaron mayor dinamismo, lo que concuerda con una potencial tendencia de convergencia de tamaños en el contexto empresarial colombiano (Cortés et al., 2020, p. 18).

La falta de significancia estadística para la variable de tamaño en los Modelos 2 y 3, respalda la segunda premisa de la Ley de Gibrat, que establece la independencia entre el tamaño y el crecimiento empresarial. Esto sugiere que el crecimiento de las empresas productoras de plantas

en Colombia podría estar determinado por factores distintos al tamaño o, incluso, ser un proceso inherentemente aleatorio.

En el panorama general del sector viverista colombiano, se observa que las grandes empresas priorizan el cultivo de variedades tradicionales y conocidas para asegurar, en cierta medida, sus ventas, lo que restringe una innovación disruptiva en sus productos. Esta elección se explica por los elevados costos productivos derivados de una mayor demanda de mano de obra y por las limitaciones en la expansión de sus áreas de cultivo, al haber alcanzado su capacidad máxima. Por otro lado, las pequeñas empresas adoptan una estrategia de innovación más activa, cultivando variedades novedosas y poco difundidas para acceder a nuevos nichos de mercado y diferenciarse así de las empresas consolidadas. Su estructura de personal reducido les permite mantener costos laborales bajos, y la disponibilidad de terrenos subutilizados les ofrece la oportunidad para incrementar el volumen de producción.

En el contexto descrito, las empresas viveristas de Colombia exhiben una marcada heterogeneidad en sus estructuras organizacionales, procesos productivos y estrategias de desarrollo de productos. Esta diversidad de condiciones podría estar generando un panorama multifacético con distintas vías de desarrollo y crecimiento, dependiendo del segmento de mercado al que se dirijan y sin la necesidad de ajustarse a procesos de gestión administrativa predefinidos para alcanzar sus objetivos. Adicionalmente, es pertinente señalar que esta heterogeneidad se manifiesta en la considerable variabilidad de los cultivos, resultante de la amplia gama de géneros de plantas disponibles en el mercado colombiano, originarias de diversas regiones con variados pisos térmicos.

Los Modelos 2 y 3 revelan un efecto estadísticamente significativo y consistente sobre la edad en el crecimiento de las empresas viveristas. El coeficiente positivo de la edad sugiere que una mayor trayectoria se asocia con un crecimiento superior, probablemente debido a la acumulación de experiencia, recursos y capacidades que confieren una ventaja competitiva a las empresas mejor establecidas. Estas empresas suelen poseer características distintivas, como experiencia en el manejo de cultivos, e infraestructura y tecnología consolidadas, que impulsan su desempeño. En contraposición, las empresas más jóvenes pueden verse limitadas por su etapa de desarrollo inicial.

Sin embargo, el coeficiente negativo de la edad cuadrática indica una relación curvilínea cóncava (en forma de "U" invertida) entre edad y crecimiento. Esto implica que, si bien el

crecimiento inicialmente se acelera con la edad, alcanza un punto óptimo y luego comienza a declinar.

En general, la trayectoria comercial parece ser un factor determinante del crecimiento. Esto sugiere que variables no identificadas en este estudio, pero que se consolidan con el tiempo (como el conocimiento del cultivo, la infraestructura y la tecnología), podrían tener una influencia considerable en la dinámica de crecimiento de las ventas del sector. En consecuencia, la edad ejerce un impacto complejo en el crecimiento empresarial, con un efecto positivo inicial que se modera a medida que las empresas alcanzan la madurez.

En el Modelo 3, las variables de apalancamiento y rentabilidad no mostraron significancia estadística para explicar el crecimiento de las empresas productoras de plantas en Colombia. A pesar de esto, el coeficiente positivo del apalancamiento sugiere una posible relación directa con el crecimiento, donde una mayor financiación externa podría facilitar una expansión más rápida. La falta de significancia estadística podría reflejar las barreras de acceso al crédito externo que enfrentan las pequeñas y medianas empresas (PYMES) agrícolas colombianas, condicionadas por las exigencias del mercado financiero y sus prácticas administrativas tradicionales. Igualmente, se identifica una relación directa (coeficiente positivo) entre crecimiento y rentabilidad, debido, probablemente, a la reinversión de utilidades pasadas en el sector viverista. La escasa significancia de este factor podría deberse a la variabilidad en la generación de renta, propia del sector agropecuario, susceptible a factores externos incontrolables como el clima, que pueden causar importantes impactos y fluctuaciones en sus finanzas.

En conclusión, el análisis derivado del modelo de la Ley de Gibrat revela que el crecimiento de las empresas productoras de plantas ornamentales en Colombia durante el período 2019-2023 no evidenció persistencia del crecimiento precedente ni dependencia de su tamaño inicial, sino una significativa influencia de su trayectoria o acervo de experiencia. En términos comparativos, los Modelos 2 y 3 presentan una mayor capacidad explicativa del comportamiento de las empresas viveristas colombianas, respaldado por valores superiores de R-cuadrado y similares de log-verosimilitud.

## Modelo Gravitacional

El principio establece que el modelo permite analizar la relación entre los flujos comerciales de dos regiones. De acuerdo con sus postulados, se estima que estos flujos son directamente proporcionales al tamaño de sus economías, al considerar que un mayor volumen económico potencia su atracción recíproca. En contraste, la distancia que las separa presenta una relación inversamente proporcional, dado que costos de transporte superiores asociados a mayores distancias limitan el intercambio comercial (Bergstrand, 1989, p. 152; Cárdenas & García, 2004, p. 2). La función canónica del modelo se expresa como:

$$\ln X_{ijt} = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln Y_{it} + \beta_2 \ln Y_{jt} + \beta_3 \ln D_{ij} + \beta_4 \tau_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (7)$$

Donde se compone de:  $X_{ijt}$  como el comercio entre las regiones  $i$  y  $j$  en el periodo  $t$ ;  $Y_{it}$  como el producto de la región  $i$  durante el periodo  $t$ ;  $Y_{jt}$  como el producto de la región  $j$  durante el periodo  $t$ ;  $D_{ij}$  como la distancia que separa entre la región  $i$  y  $j$ ;  $\tau_{ijt}$  como variables dicotómicas adicionales; y  $\varepsilon_{ijt}$  el término del error. Entendiéndose al producto como el tamaño de la economía.

En el marco del Modelo Gravitacional, el presente trabajo de grado tiene como objetivo explicar las ventas empresariales (variable dependiente) mediante variables exógenas (rezagadas: ventas, tamaño, rentabilidad y apalancamiento), endógenas (PIB del municipio de establecimiento y factores geográficos) e instrumentales (PIB del municipio de origen y variables dummies del municipio) (DANE, 2024b).

Bajo este contexto, para estimar el tamaño económico de las ciudades (destino de ventas) y los municipios (ubicación de viveros), se calcula un proxy derivado del PIB departamental, ponderado por la población departamental y municipal, según datos del DANE, ajustados por período (DANE, 2024b).

La elección de Bogotá D. C., Medellín, Cali, Barranquilla y Bucaramanga como los cinco mercados destino se fundamentó en su tamaño económico, siendo las principales ciudades capitales de Colombia, independientemente de la información comercial específica del sector productor de plantas, ante la falta de datos detallados de clientes. La distancia entre el municipio de origen de la empresa y la ciudad de destino se calculó utilizando la longitud de las vías terrestres en kilómetros.

Para analizar el impacto de las ciudades destino en las ventas empresariales, se desarrollaron tres modelos. Cada modelo incorpora variables específicas, denominadas *Factores*, que son unos indicadores compuestos diseñados para evaluar el potencial o la influencia de cada ciudad desde distintas perspectivas, con el fin de identificar el modelo que mejor explique su efecto. Para el Modelo 4, la variable Factor se establece como:

$$Factor_{ciudad\ destino}^4 = \ln(PIB_{ciudad\ destino}) - \ln(1 + Distancia_{origen-destino}) \quad (8)$$

El Factor 4, calculado en su forma básica, se define a partir del PIB de la ciudad de destino, el cual se asume como una medida de su potencial de mercado (capacidad adquisitiva y comercial), limitado por la distancia geográfica que la separa de la sede empresarial.

En el Modelo 5, el Factor se estructura como:

$$Factor_{ciudad\ destino}^5 = \ln(Ventas_{Rzg}) + \ln(PIB_{ciudad\ destino}) - \ln(1 + Distancia_{origen-destino}) \quad (9)$$

Basado en la hipótesis fundamental del Modelo Gravitacional, el Factor 5 se estructura de tal forma que busca averiguar la posible correlación entre la capacidad productiva de las empresas (medida por sus ventas consolidadas) y el tamaño económico de la ciudad destino, condicionado por la distancia entre ellas. En un análisis conjunto, un Factor 5 elevado indicaría que, históricamente, una mayor capacidad productiva ha facilitado la obtención de ventas significativas apoyado en una economía externa determinada; por lo tanto, el indicador permitiría evaluar si las empresas con mayor capacidad productiva disfrutaban de ventajas sobre las de menor tamaño, dentro del ámbito de un mercado delimitado.

Los Factores 5 y 6 analizan la economía de la ciudad de destino en comparación con la magnitud de la empresa, considerando que esta última es el objeto central del análisis para comprender el origen de las ventas.

Siguiendo la estructura del modelo de la Ley de Gibrat, el Factor 6 establece el tamaño económico de la empresa, vinculándolo a sus activos. Al igual que el Factor 5, busca determinar cómo la relación entre la capacidad económica de la ciudad, condicionada por la distancia y el

tamaño empresarial, podría influir en las ventas actuales de las empresas viveristas. Un valor alto en el Factor 6 indicaría que, históricamente, un mayor tamaño corporativo ha sido más propicio para generar ventas elevadas. Por lo tanto, este factor permitiría evaluar si las empresas más grandes o con más trayectoria tienen ventajas sobre las más pequeñas o jóvenes.

Para el Modelo 6, la variable Factor se formula como:

$$Factor_{ciudad\ destino}^6 = \ln(Activos) + \ln(PIB_{ciudad\ destino}) - \ln(1 + Distancia_{origen-destino}) \quad (10)$$

Así, la función empírica para la presente investigación en el Modelo 4 se estima de la siguiente manera:

$$LogVentas_4 = \alpha + \beta_1 LogVentas_{Rzg} + \beta_2 LogAct_{Rzg} + \beta_3 ApalFinan3_{Rzg} + \beta_4 ROE_{Rzg} + \gamma LogPIB_{Muni} + \delta_1 Factor_{Bogota4} + \delta_2 Factor_{Medellin4} + \delta_3 Factor_{Cali4} + \delta_4 Factor_{Barranquilla4} + \delta_5 Factor_{Bucaramanga4} \quad (11)$$

Para el Modelo 5 se formula como:

$$LogVentas_5 = \alpha + \beta_1 LogAct_{Rzg} + \beta_2 ApalFinan3_{Rzg} + \beta_3 ROE_{Rzg} + \gamma LogPIB_{Muni} + \delta_1 Factor_{Bogota5} + \delta_2 Factor_{Medellin5} + \delta_3 Factor_{Cali5} + \delta_4 Factor_{Barranquilla5} + \delta_5 Factor_{Bucaramanga5} \quad (12)$$

Y para el Modelo 6, la función empírica se establece como:

$$LogVentas_6 = \alpha + \beta_1 LogVentas_{Rzg} + \beta_2 ApalFinan3_{Rzg} + \beta_3 ROE_{Rzg} + \gamma LogPIB_{Muni} + \delta_1 Factor_{Bogota6} + \delta_2 Factor_{Medellin6} + \delta_3 Factor_{Cali6} + \delta_4 Factor_{Barranquilla6} + \delta_5 Factor_{Bucaramanga6} \quad (13)$$

Para mitigar la posible endogeneidad de la función, se incorporan variables dicotómicas que identifican los municipios donde se ubican las empresas viveristas: Bogotá D. C., Bucaramanga, Cali, Cartagena, Chía, Cota, Fusagasugá, Jamundí, Manizales, Medellín, Palmira, Pereira, Piedecuesta, Puerto Colombia, Tuluá y Yumbo.

Con base en los principios del Modelo Gravitacional, la hipótesis nula teórica plantea la existencia de un efecto directo del tamaño de los mercados en las ventas de las empresas viveristas, aunque este impacto se ve condicionado por la distancia geográfica entre ellos.

Como hipótesis nula empírica, se propone que la naturaleza del sector, donde la mayoría de las empresas viveristas mantienen puntos de venta en sus propios cultivos, otorga mayor relevancia a la relación positiva y directa entre las ventas y el tamaño del municipio de origen. Por lo tanto, se sugiere que este factor es más significativo que el potencial económico de las grandes ciudades de Colombia, a menos que estas últimas sean la ubicación de la empresa. En este sentido, individualmente, ciudades principales como Bogotá y Medellín, importantes mercados de consumo de plantas por su tamaño económico y arraigo cultural, deberían mostrar relaciones positivas y significativas.

### **Interpretación de los resultados**

La aplicación del Modelo Gravitacional al sector viverista colombiano entre 2019 y 2023 reveló, a través del Modelo 4, que las ventas previas de las empresas tuvieron una influencia estadísticamente significativa en sus ventas actuales (tabla 2). En contraste, variables como el tamaño empresarial (medido por activos), la rentabilidad, el nivel de apalancamiento y el tamaño de la economía local (PIB municipal) no mostraron significancia estadística (ver anexo 5).

**Tabla 2. Determinantes de las ventas con base al Modelo Gravitacional**

Indicadores	Modelo					
	4		5		6	
R cuadrado:	0,9938		0,9932		0,9940	
F estadístico:	7,773E+04		6,581E+04		7,898E+04	
Valor p (F estad.)	0,0000		0,0000		0,0000	
Variables	Std.	Valor p	Std.	Valor p	Std.	Valor p
LogVentasRzg	0,9438	0,0000			0,8904	0,0000
LogActRzg	0,0068	0,8988	0,1146	0,0812		
ApalFinan3Rzg	0,3528	0,0875	0,3236	0,1986	0,3895	0,0525
ROERzg	-0,6427	0,2246	0,4240	0,4407	-0,4885	0,2940
LogPIBMuni	-0,0381	0,1889	-0,1890	0,0000	-0,0356	0,1362
Factor_Bogota4	0,0502	0,0761				
Factor_Medellin4	0,0011	0,9744				
Factor_Cali4	0,0442	0,0080				
Factor_Barranquilla4	0,0036	0,9124				
Factor_Bucaramanga4	0,0143	0,4690				
Factor_Bogota5			0,1698	0,0000		
Factor_Medellin5			0,0771	0,0326		
Factor_Cali5			0,1345	0,0000		
Factor_Barranquilla5			0,1306	0,0000		
Factor_Bucaramanga5			0,1273	0,0000		
Factor_Bogota6					0,0395	0,0278
Factor_Medellin6					-0,0064	0,8265
Factor_Cali6					0,0341	0,0210
Factor_Barranquilla6					0,0017	0,9530
Factor_Bucaramanga6					0,0102	0,5924
Var. dependiente	LogVentas		LogVentas		LogVentas	
Var. exógenas	LogVentasRzg		LogActRzg		LogVentasRzg	
	LogActRzg		ROERzg		ROERzg	
	ROERzg		ApalFinan3Rzg		ApalFinan3Rzg	
	ApalFinan3Rzg					
Var. endógenas	Factor_Bogota4		Factor_Bogota5		Factor_Bogota6	
	Factor_Medellin4		Factor_Medellin5		Factor_Medellin6	
	Factor_Cali4		Factor_Cali5		Factor_Cali6	
	Factor_Barranquilla4		Factor_Barranquilla5		Factor_Barranquilla6	
	Factor_Bucaramanga4		Factor_Bucaramanga5		Factor_Bucaramanga6	
	LogPIBMuni		LogPIBMuni		LogPIBMuni	
Var. instrumentales	LogPIBMuni		LogPIBMuni		LogPIBMuni	
	Municipio		Municipio		Municipio	

Fuente: Elaboración propia.

Según el Modelo 4, las ventas, el tamaño y el apalancamiento rezagados muestran una relación positiva con las ventas actuales de los viveros. Esto sugiere que los fondos generados o la deuda pasada se utilizan para financiar el capital de trabajo del periodo siguiente, y que las

empresas de mayor tamaño históricamente han generado más ventas. Es importante señalar que, debido a que el Modelo Gravitacional examina la influencia directa del tamaño en las ventas presentes (y no en su crecimiento), una comparación directa con los resultados de los modelos previos fundamentados en la Ley de Gibrat podría introducir un sesgo en la estimación. No obstante, a nivel intuitivo, las tendencias de ambos principios parecen converger o apuntar hacia una misma dirección.

Por otro lado, se identificó una relación inversa, aunque no estadísticamente relevante, entre las ventas y la capacidad económica del municipio de origen. Este resultado implica que el desempeño comercial de los puntos de venta no está directamente condicionado por la economía de su entorno local, lo cual refuta una de las hipótesis nulas planteadas. En consecuencia, se plantea que sus ventas podrían depender más de nichos de mercado situados fuera de su área geográfica inmediata. La integración de herramientas digitales, como las redes sociales, podría estar proporcionándoles acceso a canales de comercialización alternativos que optimizarían su rendimiento comercial.

Al analizar la influencia de las variables del Factor 4 sobre las ventas, se observó una tendencia similar en el impacto, pero una divergencia en la significancia estadística. Estos hallazgos son consistentes con el valor de la variable del tamaño de la economía municipal y contradicen la hipótesis nula empírica, que esperaba una influencia general del tamaño económico de las ciudades destino en las ventas de plantas. En términos generales, los Factores 4 presentaron una relación positiva con las ventas, con el  $Factor_{Cali4}$  como el único estadísticamente significativo. Dado este resultado del Modelo 4, es posible que la alta capacidad económica de consumo de las cinco principales capitales de Colombia haya ejercido una influencia positiva en las ventas del sector viverista, mitigando los efectos negativos de la distancia.

En el Modelo 5, se aprecian cambios en las relaciones y la significancia de algunos determinantes (anexo 6). Entre las variables exógenas, destaca que todas presentan una relación positiva, lo que contrasta con el Modelo 4. De manera similar que, en el modelo previo, el Modelo 5 sugiere que las ventas tienden a incrementarse con el tamaño de las empresas, una observación intuitiva dada la potencial mayor capacidad productiva de las empresas más grandes. De igual manera, el apalancamiento y la rentabilidad rezagada impactan positivamente las ventas viveristas, apoyando la hipótesis del mecanismo de financiación futura a través de crédito o reinversión de

utilidades. Esta persistente relación positiva, aunque con baja significancia, guarda cierta coherencia con los resultados obtenidos mediante el modelo de la Ley de Gibrat.

En el Modelo 5, la relación inversa entre las ventas y el tamaño del municipio de origen se mantiene, tal como se observó en el Modelo 4. Esto sugiere que una menor capacidad económica local se asocia con mayores ventas. La alta significancia estadística de este coeficiente podría confirmar la hipótesis nula empírica que destaca la importancia de las ventas directas a nivel local, predominantes en el sector viverista. A pesar de que algunas empresas cuentan con la capacidad logística para incursionar en ventas interregionales, su desarrollo se ve limitado y no representa una alternativa viable para la totalidad de las empresas viveristas debido a diversas restricciones.

Respecto a las variables endógenas, el Factor 5 establece la subhipótesis nula de que las empresas con un volumen de ventas considerable orientan su comercio hacia ciudades con economías robustas, atraídas por su capacidad de consumo. Una significancia estadística positiva respaldaría esta relación, mientras que un coeficiente positivo señalaría una conexión directa entre las ventas actuales y la tendencia del indicador, confirmando la importancia de ese mercado, incluso, considerando la barrera de la distancia.

El objetivo del Modelo 5 es analizar el Factor 5 de manera conjunta en las cinco ciudades. Un resultado consistente y significativo evidenciaría la influencia de las principales capitales de Colombia y validaría la aplicación del principio gravitacional económico en el sector viverista. Coeficientes positivos sugerirían la operación del principio de mercado, donde el comercio se concentra en mercados con alto potencial. Por el contrario, un escenario opuesto indicaría que las limitaciones de la distancia prevalecen sobre los beneficios comerciales, convirtiéndose en un factor más determinante que el atractivo del mercado.

El análisis integrado de los Factores 5 muestra una consistencia tanto en la significancia estadística como en la dirección de sus coeficientes, lo que lleva al Modelo 5 a confirmar de forma concluyente la subhipótesis nula. Esta subhipótesis postula el vínculo influyente de la capacidad de demanda comercial y económica de las cinco ciudades capitales colombianas más importantes sobre las ventas de plantas, reforzando así el principio canónico del Modelo Gravitacional sobre la atracción de flujos comerciales. Además, la magnitud de los valores p obtenidos sugiere que la fuerza de la demanda comercial supera los efectos restrictivos de la distancia entre los agentes comerciales. La tendencia positiva de todos los coeficientes de los Factores 5 concuerda parcialmente con el efecto positivo de las ventas rezagadas identificado en el Modelo 4. En

consecuencia, es crucial destacar la influencia de esta variable exógena en la dinámica de las ventas actuales.

Siguiendo una estructura similar al Modelo 5, el 6 incorpora el Factor 6. Este nuevo indicador compuesto vincula el tamaño actual de la empresa con la capacidad económica de la ciudad destino, tomando en cuenta la distancia entre ellas. Al igual que el Factor 5, su propósito es analizar cómo los mercados ubicados fuera de la empresa influyen en sus ventas.

Los resultados del Modelo 6 indican que la variable exógena de ventas rezagadas es la única con una influencia significativa y directa en las ventas actuales (anexo 7). El apalancamiento muestra una significancia marginal con una relación inversa, similar al Modelo 4 pero contraria al Modelo 5.

En cuanto al impacto del tamaño económico del municipio local, el Modelo 6 evidencia una constancia en el comportamiento inverso previamente observado, aunque con una significancia estadística baja. Esto sugiere que la ubicación geográfica, independientemente de la capacidad económica del municipio, no influye de manera significativa en sus ventas.

A nivel individual, el  $Factor_{Bogotá6}$  y  $Factor_{Cali6}$  muestran significancia estadística. La significancia positiva del  $Factor_{Bogotá6}$  podría explicarse por su notable y elevada capacidad de consumo, que supera la de otros destinos. No obstante, el análisis conjunto del Factor 6 revela una falta de significancia estadística. A pesar de ello, los coeficientes de los factores tienden a ser positivos, exceptuando el caso del  $Factor_{Medellin6}$ . Este resultado podría ser relevante al sugerir que, incluso con la limitante de la distancia, la correlación entre el tamaño empresarial y la economía de la ciudad podría impactar positivamente las ventas actuales, es decir, un mayor tamaño empresarial o mayor capacidad económica de la ciudad se asocian con mayores ventas. La excepción del  $Factor_{Medellin6}$  podría apoyar la idea de que la capacidad económica de la ciudad destino comercial puede influir sin verse afectada por la distancia, si se considera que ciudades como Cali, Barranquilla y Bucaramanga, con coeficientes positivos, están en promedio más lejos de las zonas de origen analizadas (tabla 3). Por lo tanto, es muy posible que factores específicos no considerados en este trabajo estén influyendo en el comportamiento del  $Factor_{Medellin6}$ , dada la tradición y costumbres particulares de la región antioqueña en el consumo de plantas y el arraigo de los jardines antioqueños.

**Tabla 3. Media de la distancia entre municipio y ciudad mercado**

Media de las distancias desde el municipio de origen [Km]

Bogota	Medellin	Cali	Barranquilla	Bucaramanga
236,66	380,57	419,70	943,95	477,43

Fuente: Elaboración propia.

El análisis comparativo de los tres modelos gravitacionales indica que el Modelo 5 es el que mejor se ajusta a la dinámica del sector viverista, ofreciendo resultados parcialmente más coherentes. El Modelo 4 le sucede en ajuste, y el Modelo 6 presenta el menor desempeño. Aunque los Modelos 5 y 6 muestran cierta congruencia en el comportamiento de los factores, es crucial tener en cuenta la posible existencia de sesgos o limitaciones en la representatividad de los datos.

Debido a que los factores 4, 5 y 6 fueron analizados con la inclusión de variables diferentes, la confrontación directa de los resultados entre sus modelos resulta compleja, dada la potencial existencia de efectos cruzados. En consecuencia, se optó por contrastar los resultados con los comportamientos generales del sector para evitar análisis sesgados.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El modelo de la Ley de Gibrat aplicado al sector viverista colombiano durante 2019-2023 indica una ausencia de persistencia en el crecimiento, tanto respecto a periodos previos como en el tamaño inicial de la empresa. En contraste, el crecimiento estuvo más influenciado por la edad empresarial, donde las empresas con mayor trayectoria mostraron un mejor desempeño que las más jóvenes o las emprendedoras. Adicionalmente, el sector exhibe un patrón de crecimiento curvilíneo cóncavo, similar a una “U” invertida, caracterizado por un crecimiento inicial positivo que alcanza un punto álgido para luego decrecer.

Aunque el apalancamiento y la rentabilidad no mostraron una relevancia significativa durante el periodo estudiado, se identificaron tendencias positivas que sugieren su potencial para impulsar un crecimiento más eficiente. Por ello, se recomienda profundizar en futuras investigaciones sobre estas variables para optimizar el uso de estas fuentes de capital en el sector viverista.

En contraste, el Modelo Gravitacional indica que las ventas de las empresas productoras de plantas en Colombia durante el mismo periodo fueron significativamente influenciadas por sus ventas anteriores, en coordinación e impulsadas por la capacidad de consumo de las principales ciudades capitales colombianas. El tamaño de la economía local (PIB municipal) tuvo una incidencia inversa, lo que sugiere que las empresas ubicadas en municipios pequeños tendieron a registrar mayores ventas. Esto podría implicar que su éxito comercial no está directamente ligado a la capacidad económica local, sino a nichos de mercado externos, posiblemente facilitados por herramientas digitales.

En general, las tendencias observadas presentan cierta coherencia entre los resultados del modelo de la Ley de Gibrat y el Modelo Gravitacional en cuanto a la escasa influencia del tamaño empresarial. La rentabilidad previa no mostró una influencia significativa en las ventas actuales.

Para futuras investigaciones, se recomienda profundizar en el desarrollo y en la mejora de los modelos mediante la inclusión de información más detallada y específica del sector viverista. Esto podría incluir datos de facturación anual, volumen de ventas por variedad vegetal, ubicación geográfica según piso térmico y otras condiciones agroclimáticas, lo que permitiría distinguir mejor el comportamiento del sector y comprender más claramente su desempeño productivo.

Adicionalmente, se sugiere analizar el potencial productivo y la renta de ciudades y municipios utilizando valores del PIB per cápita.

## REFERENCIAS

- Agronegocios. (2023, octubre 25). *Cerca de 35.000 familias se dedican al negocio de los viveros forestales en Colombia.* Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/agricultura/importancia-de-los-viveros-forestales-3734031>
- Anderson, J. E. (1979). A theoretical foundation for the gravity equation. *The American Economic Review*, 69, 106-116. <https://www.jstor.org/stable/1802501>
- Arrieta Olascoaga, L. A. (2018). *Contexto y aplicación de un modelo gravitacional a las exportaciones del Sector Textil-Confecciones en el Departamento de Antioquía, 2007-2016* [Tesis de Maestría en Economía Aplicada, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional Universidad EAFIT. <http://hdl.handle.net/10784/12580>
- Banco Mundial (2007). *Informe sobre el desarrollo mundial 2008. Agricultura para el desarrollo: Panorama general.* <http://www.rrojasdatabank.info/wdr2008/WDR08oversp.pdf>
- Bejarano Ávila, J. A. (1998). *Economía de la Agricultura.* Tercer Mundo Editores. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nj2cTTLNqscC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Bejarano+%C3%81vila,+J.+A.+\(1998\).+Econom%C3%ADa+de+la+Agricultura&ots=Pwuqyby6Xp&sig=I\\_ajxtl85KpRgiBm8kvkeU3aii0](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nj2cTTLNqscC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Bejarano+%C3%81vila,+J.+A.+(1998).+Econom%C3%ADa+de+la+Agricultura&ots=Pwuqyby6Xp&sig=I_ajxtl85KpRgiBm8kvkeU3aii0)
- Bergstrand, J. H. (1989). The Generalized Gravity Equation, Monopolistic Competition, and the Factor-Proportions Theory in International Trade. *The Review of Economics and Statistics*, 71(1), 143-153. <https://doi.org/10.2307/1928061>
- Bermejo Domínguez, G., Mibus-Schoppe, H., & Sparke, K. (2017). Evaluation of Existing Research Concerning Sustainability in the Value Chain of Ornamental Plants. *European Journal of Sustainable Development*, 6(3), 11-19. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n3p11>
- Bolívar Caro, L. M., Cruz García, N., & Pinto Torres, A. (2015). Modelo gravitacional del comercio internacional colombiano, 1991-2012. *Revista Economía y Región - Universidad Tecnológica de Bolívar*, 9 (1), 245-270. <https://revistas.utb.edu.co/index.php/economiayregion/article/view/100>
- Brainard, S. L. (1997). An Empirical Assessment of the Proximity-Concentration Trade-off Between Multinational Sales and Trade. *The American Economic Review*, 87(4), 520-544. <https://www.jstor.org/stable/2951362>

- Cabral, L. (1995), Sunk Costs, Firm Size and Firm Growth. *Journal of Industrial Economics*, 43, 161-172. <https://www.jstor.org/stable/2950479>
- Cabral, L., & Mata, J. (2003). On The Evolution of the Firm Size Distribution: Facts and Theory. *American Economic Review*, 93(4), 1075-1090. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/000282803769206205>
- Cárdenas S., M., & García J., C. (2004). El modelo gravitacional y el TLC entre Colombia y Estados Unidos. *Working Papers Series – Fedesarrollo*. 27, 1-38. <http://hdl.handle.net/11445/947>
- Cortés, L. M., Lozada, J. M., & Perote, J. (2019). *Firm Size and Concentration Inequality: A Flexible Extension of the Gibrat's Law*. Departamento de Finanzas, Escuela de Economía y Finanzas – Universidad EAFIT. <http://hdl.handle.net/10784/29741>
- Cortés, L. M., Lozada J. M., & Perote J. (2020). Firm size and economic concentration: An analysis from lognormal expansion. *Centro de Investigaciones Económicas y Financieras – Universidad EAFIT*, 20(16), 1-31. <http://hdl.handle.net/10784/16324>
- De Janvry, A., & Sadoulet, E. (2010). Agricultural Growth and Poverty Reduction: Additional Evidence. *The World Bank Research Observer*, 25(1), 1-20. <https://academic.oup.com/wbro/article-abstract/25/1/1/1681409>
- Delmar, F., Davidsson, P., & Gartner, W. B. (2003). Arriving at the high-growth firm. *Journal of Business Venturing*, 18(2), 189-216. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(02\)00080-0](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(02)00080-0)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (DANE, 2024a). *Boletín Técnico. Producto Interno Bruto (PIB) II trimestre 2024 preliminar*. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (DANE, 2024b). *PIB por departamento*. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>
- Gibrat, R. (1931). *Les inégalités économiques*. Recueil Sirey.
- Google. (2025). Gemini (marzo versión 2.0 Flash) [Modelo de lenguaje grande]. <https://gemini.google.com/app/>
- Hernández, A., & Becerra, A. (2013). Capital básico para la agricultura colombiana. En Perfetti, J. J., Balcázar, Á., Hernández, A., & Leibovich, J. (Eds.), *Políticas para el desarrollo de la*

- agricultura en Colombia* (pp. 117-186). SAC y Fedesarrollo.  
<http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/61>
- Isard, W., & Peck, M. J. (1954). Location Theory and International and Interregional Trade. *The Quarterly Journal of Economics*, 68(1), 97-114. <https://www.jstor.org/stable/1881920>
- Lotti, F., Santarelli, E., & Vivarelli, M. (2007). Defending Gibrat's Law as a long-run regularity. *EconStor - Institute for the Study of Labor (IZA)*, 2744. <https://hdl.handle.net/10419/34474>
- Machado, J. A. F., & Mata, J. (2000). Box-Cox quantile regression and the distribution of firm sizes. *Journal of Applied Econometrics*, 15(3), 253-274.  
<https://www.jstor.org/stable/2678505>
- Mansfield, E., (1961). Entry, Gibrat's Law, Innovation, and the Growth of Firms. *Cowles Foundation Discussion Papers*, 355. <https://elischolar.library.yale.edu/cowles-discussion-paper-series/355>
- McCloughan, P. (1995). Simulation of Concentration Development from Modified Gibrat Growth-Entry-Exit Processes. *The Journal of Industrial Economics*, 43(4), 405-433.  
<https://www.jstor.org/stable/2950552>
- OpenAI. (2025). ChatGPT (marzo modelo GPT-4) [Modelo de lenguaje grande].  
<https://chat.openai.com/chat>
- Perfetti, J. J., & Cortés, S. (2013). La agricultura y el desarrollo de los territorios rurales. En Perfetti, J. J., Balcázar, Á., Hernández, A., & Leibovich, J. (Eds.), *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia* (pp. 1-58). SAC y Fedesarrollo.  
<http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/61>
- Pingali, P. (2007). Agricultural Growth and Economic Development: A View Through the Globalization Lens. *Agricultural Economics*. 37(1), 1-12.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1574-0862.2007.00231.x>
- Schimmenti, E.; Ascuito, A., Galati, A., & Valenti, M. (2010). Consumers of flowers and ornamental plants: an exploratory survey in the italian «Mezzogiorno» regions. *New Medit*, 3, S, 36-46. <https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/103868/141647/Schimmenti.pdf>
- Serrano, R., & Pinilla, V. (2016). The Declining Role of Latin America in Global Agricultural Trade, 1963–2000. *Journal of Latin American Studies*, 48(1), 115-146.  
<http://www.jstor.org/stable/26168382>

- Tinbergen, J. (1966). Shaping the world economy: Suggestions for an International Economic Policy. *The Economic Journal*, 76(301), 92-95. <https://www.jstor.org/stable/2229041>
- Vasco, M., Cortés, L. M., Gaitán, S., & Durán, I. A. (2014). Fusiones y adquisiciones en Latinoamérica, gobierno corporativo y modelo gravitacional. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 19, 108-117. <http://hdl.handle.net/10784/7625>

## ANEXOS

### Anexo 1. Comparativo entre los Modelos Efecto aleatorio y Efecto fijo para la Ley de Gibrat

Model Comparison		
	RE	FE
Dep. Variable	Prim_dif_LogVentas	Prim_dif_LogVentas
Estimator	RandomEffects	PanelOLS
No. Observations	67	67
Cov. Est.	Unadjusted	Unadjusted
R-squared	0,4138	0,2318
R-Squared (Within)	0,0684	0,2318
R-Squared (Between)	0,6298	-35,022
R-Squared (Overall)	0,4159	-26,482
F-statistic	7,1777	1,6089
P-value (F-stat)	0,0000	0,1769
<hr/>		
Prim_dif_LogVentasRzg	-0,0702 (-0,7175)	-0,2891 (-1,9563)
LogActRzg	-0,0486 (-1,7479)	0,0112 (0,0546)
LogTiempoACR	0,4296 (2,4691)	-0,5820 (-0,3883)
LogTiempoACR_cuadrado	-0,0855 (-2,4802)	0,0373 (0,0967)
ApalFinan3Rzg	0,1139 (0,9244)	0,4167 (1,7332)
ROERzg	0,0323 (0,1077)	-0,0809 (-0,1532)
<hr/>		
Effects		Entity
T-stats reported in parentheses		

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Resultados del Modelo 1, Ley de Gibrat

RandomEffects Estimation Summary						
Dep. Variable:	Prim_dif_LogVentas	R-squared:	0,2850			
Estimator:	RandomEffects	R-squared (Between):	0,4589			
No. Observations:	67	R-squared (Within):	0,0648			
		R-squared (Overall):	0,3183			
		Log-likelihood:	13,2080			
Cov. Estimator:	Unadjusted	F-statistic:	12,9530			
Entities:	29	P-value	0,0000			
Avg Obs:	2,3103	Distribution:	F(2,65)			
Min Obs:	1					
Max Obs:	3	F-statistic (robust):	12,9530			
		P-value	0,0000			
Time periods:	3	Distribution:	F(2,65)			
Avg Obs:	22,3330					
Min Obs:	21					
Max Obs:	24					
Parameter Estimates						
Parameter	Std.	Err.	T-stat	P-value	Lower CI	Upper CI
Prim_dif_LogVentasRzg	-0,1225	0,0997	-1,2291	0,2235	-0,3216	0,0766
LogActRzg	0,0207	0,0041	5,0192	0,0000	0,0125	0,0289

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3. Resultados del Modelo 2, Ley de Gibrat

RandomEffects Estimation Summary						
Dep. Variable:	Prim_dif_LogVentas	R-squared:	0,4068			
Estimator:	RandomEffects	R-squared (Between):	0,6322			
No. Observations:	67	R-squared (Within):	0,0259			
		R-squared (Overall):	0,4068			
		Log-likelihood:	12,9880			
Cov. Estimator:	Unadjusted	F-statistic:	10,8020			
Entities:	29	P-value	0,0000			
Avg Obs:	2,3103	Distribution:	F(4,63)			
Min Obs:	1,0000					
Max Obs:	3,0000	F-statistic (robust):	10,8020			
		P-value	0,0000			
Time periods:	3	Distribution:	F(4,63)			
Avg Obs:	22,3330					
Min Obs:	21,0000					
Max Obs:	24,0000					
Parameter Estimates						
Parameter	Std.	Err.	T-stat	P-value	Lower CI	Upper CI
Prim_dif_LogVentasRzg	-0,0744	0,0960	-0,7747	0,4414	-0,2663	0,1175
LogActRzg	-0,0451	0,0271	-1,6649	0,1009	-0,0991	0,0090
LogTiempoACR	0,4712	0,1648	2,8597	0,0057	0,1419	0,8004
LogTiempoACR_cuadrado	-0,0960	0,0320	-3,0049	0,0038	-0,1599	-0,0322

Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo 4. Resultados del Modelo 3, Ley de Gibrat

RandomEffects Estimation Summary							
Dep. Variable:	Prim_dif_LogVentas	R-squared:	0,4138				
Estimator:	RandomEffects	R-squared (Between):	0,6298				
No. Observations:	67	R-squared (Within):	0,0684				
		R-squared (Overall):	0,4159				
		Log-likelihood:	13,7170				
Cov. Estimator:	Unadjusted	F-statistic:	7,1777				
Entities:	29	P-value	0,0000				
Avg Obs:	2,3103	Distribution:	F(6,61)				
Min Obs:	1,0000						
Max Obs:	3,0000	F-statistic (robust):	7,1777				
		P-value	0,0000				
Time periods:	3	Distribution:	F(6,61)				
Avg Obs:	22,3330						
Min Obs:	21,0000						
Max Obs:	24,0000						
Parameter Estimates							
Parameter	Std.	Err.	T-stat	P-value	Lower CI	Upper CI	
Prim_dif_LogVentasRzg	-0,0702	0,0979	-0,7175	0,4758	-0,2660	0,1255	
LogActRzg	-0,0486	0,0278	-1,7479	0,0855	-0,1042	0,0070	
LogTiempoACR	0,4296	0,1740	2,4691	0,0164	0,0817	0,7774	
LogTiempoACR_cuadrado	-0,0855	0,0345	-2,4802	0,0159	-0,1543	-0,0166	
ApalFinan3Rzg	0,1139	0,1232	0,9244	0,3589	-0,1325	0,3603	
ROERzg	0,0323	0,3002	0,1077	0,9146	-0,5680	0,6327	

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 5. Resultados del Modelo 4, Modelo Gravitacional

IV-GMM Estimation Summary						
Dep. Variable:	LogVentas	R-squared:	0,9938			
Estimator:	IV-GMM	Adj. R-squared:	0,9932			
No. Observations:	122	F-statistic:	7,773E+04			
		P-value (F-stat)	0,0000			
		Distribution:	chi2(10)			
Cov. Estimator:	robust					
Parameter Estimates						
Parameter	Std.	Err.	T-stat	P-value	Lower CI	Upper CI
LogVentasRzg	0,9438	0,0495	19,0780	0,0000	0,8469	1,0408
LogActRzg	0,0068	0,0534	0,1272	0,8988	-0,0978	0,1114
ApalFinan3Rzg	0,3528	0,2064	1,7089	0,0875	-0,0518	0,7574
ROERzg	-0,6427	0,5293	-1,2143	0,2246	-1,6802	0,3947
Factor_Bogota4	0,0502	0,0283	1,7735	0,0761	-0,0053	0,1056
Factor_Medellin4	0,0011	0,0336	0,0321	0,9744	-0,0648	0,0670
Factor_Cali4	0,0442	0,0167	2,6523	0,0080	0,0115	0,0769
Factor_Barranquilla4	0,0036	0,0328	0,1100	0,9124	-0,0607	0,0680
Factor_Bucaramanga4	0,0143	0,0197	0,7241	0,4690	-0,0244	0,0530
LogPIBMuni	-0,0381	0,0290	-1,3137	0,1889	-0,0950	0,0188
GMM Covariance						
Debiased:	False					
Robust	(Heteroskedastic)					
Endogenous:	Instruments:					
Factor_Bogota4,	LogPIBMuni,					
Factor_Medellin4,	Municipio.Bogota,					
Factor_Cali4,	Municipio.Bucaramanga,					
Factor_Barranquilla4,	Municipio.Cali,					
Factor_Bucaramanga4,	Municipio.Cartagena,					
LogPIBMuni	Municipio.Chia,					
	Municipio.Cota,					
	Municipio.Fusagasuga,					
	Municipio.Jamundi,					
	Municipio.Manizales,					
	Municipio.Medellin,					
	Municipio.Palmira,					
	Municipio.Pereira,					
	Municipio.Piedecuesta,					
	Municipio.Puerto Colombia,					
	Municipio.Tulua,					
	Municipio.Yumbo					

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 6. Resultados del Modelo 5, Modelo Gravitacional

IV-GMM Estimation Summary						
Dep. Variable:	LogVentas	R-squared:	0,9932			
Estimator:	IV-GMM	Adj. R-squared:	0,9926			
No. Observations:	122	F-statistic:	6,581E+04			
		P-value (F-stat)	0,0000			
		Distribution:	chi2(9)			
Cov. Estimator:	robust					
Parameter Estimates						
Parameter	Std.	Err.	T-stat	P-value	Lower CI	Upper CI
LogActRzg	0,1146	0,0657	1,7440	0,0812	-0,0142	0,2434
ApalFinan3Rzg	0,3236	0,2517	1,2856	0,1986	-0,1697	0,8169
ROERzg	0,4240	0,5500	0,7710	0,4407	-0,6539	1,5020
Factor_Bogota5	0,1698	0,0263	6,4540	0,0000	0,1182	0,2213
Factor_Medellin5	0,0771	0,0361	2,1375	0,0326	0,0064	0,1479
Factor_Cali5	0,1345	0,0160	8,4094	0,0000	0,1032	0,1659
Factor_Barranquilla5	0,1306	0,0214	6,1158	0,0000	0,0888	0,1725
Factor_Bucaramanga5	0,1273	0,0201	6,3200	0,0000	0,0878	0,1667
LogPIBMuni	-0,1890	0,0296	-6,3873	0,0000	-0,2469	-0,1310
GMM Covariance						
Debiased:	False					
Robust	(Heteroskedastic)					
Endogenous:	Instruments:					
Factor_Bogota5,	LogPIBMuni,					
Factor_Medellin5,	Municipio.Bogota,					
Factor_Cali5,	Municipio.Bucaramanga,					
Factor_Barranquilla5,	Municipio.Cali,					
Factor_Bucaramanga5,	Municipio.Cartagena,					
LogPIBMuni	Municipio.Chia,					
	Municipio.Cota,					
	Municipio.Fusagasuga,					
	Municipio.Jamundi,					
	Municipio.Manizales,					
	Municipio.Medellin,					
	Municipio.Palmira,					
	Municipio.Pereira,					
	Municipio.Piedecuesta,					
	Municipio.Puerto Colombia,					
	Municipio.Tulua,					
	Municipio.Yumbo					

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 7. Resultados del Modelo 6, Modelo Gravitacional

IV-GMM Estimation Summary						
Dep. Variable:	LogVentas	R-squared:	0,9940			
Estimator:	IV-GMM	Adj. R-squared:	0,9935			
No. Observations:	122	F-statistic:	7,898E+04			
		P-value (F-stat)	0,0000			
		Distribution:	chi2(9)			
Cov. Estimator:	robust					
Parameter Estimates						
Parameter	Std.	Err.	T-stat	P-value	Lower CI	Upper CI
LogVentasRzg	0,8904	0,0515	17,2840	0,0000	0,7894	0,9913
ApalFinan3Rzg	0,3895	0,2009	1,9394	0,0525	-0,0041	0,7832
ROERzg	-0,4885	0,4655	-1,0495	0,2940	-1,4009	0,4238
Factor_Bogota6	0,0395	0,0180	2,2000	0,0278	0,0043	0,0747
Factor_Medellin6	-0,0064	0,0290	-0,2192	0,8265	-0,0633	0,0505
Factor_Cali6	0,0341	0,0148	2,3086	0,0210	0,0052	0,0631
Factor_Barranquilla6	0,0017	0,0295	0,0589	0,9530	-0,0561	0,0595
Factor_Bucaramanga6	0,0102	0,0191	0,5353	0,5924	-0,0272	0,0477
LogPIBMuni	-0,0356	0,0239	-1,4899	0,1362	-0,0824	0,0112
GMM Covariance						
Debiased:	False					
Robust	(Heteroskedastic)					
Endogenous:		Instruments:				
Factor_Bogota6,		LogPIBMuni,				
Factor_Medellin6,		Municipio.Bogota,				
Factor_Cali6,		Municipio.Bucaramanga,				
Factor_Barranquilla6,		Municipio.Cali,				
Factor_Bucaramanga6,		Municipio.Cartagena,				
LogPIBMuni		Municipio.Chia,				
		Municipio.Cota,				
		Municipio.Fusagasuga,				
		Municipio.Jamundi,				
		Municipio.Manizales,				
		Municipio.Medellin,				
		Municipio.Palmira,				
		Municipio.Pereira,				
		Municipio.Piedecuesta,				
		Municipio.Puerto Colombia,				
		Municipio.Tulua,				
		Municipio.Yumbo				

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 8. Mapa de calor de la matriz de correlación, Ley de Gibrat

Mapa de calor de la matriz de correlación para el modelo de la Ley de Gibrat 1/2

	Prim_dif_LogVentas	Prim_dif_LogVentasRzg	LogVentasRzg	LogActRzg
Prim_dif_LogVentas	1,0000	-0,0969	-0,1068	-0,1673
Prim_dif_LogVentasRzg	-0,0969	1,0000	0,2618	0,1445
LogVentasRzg	-0,1068	0,2618	1,0000	0,4907
LogActRzg	-0,1673	0,1445	0,4907	1,0000
LogTiempoACR	-0,1603	-0,0906	0,1821	0,0403
LogTiempoACR_cuadrado	-0,1827	-0,0959	0,1829	0,0112
ApalFinan3Rzg	0,1784	-0,0160	0,0945	0,0528
ROERzg	0,0801	0,1123	0,2071	-0,1814

Mapa de calor de la matriz de correlación para el modelo de la Ley de Gibrat 2/2

	LogTiempoACR	LogTiempoACR_cuadrado	ApalFinan3Rzg	ROERzg
Prim_dif_LogVentas	-0,1603	-0,1827	0,1784	0,0801
Prim_dif_LogVentasRzg	-0,0906	-0,0959	-0,0160	0,1123
LogVentasRzg	0,1821	0,1829	0,0945	0,2071
LogActRzg	0,0403	0,0112	0,0528	-0,1814
LogTiempoACR	1,0000	0,9906	-0,4135	-0,2798
LogTiempoACR_cuadrado	0,9906	1,0000	-0,4193	-0,2602
ApalFinan3Rzg	-0,4135	-0,4193	1,0000	0,2557
ROERzg	-0,2798	-0,2602	0,2557	1,0000

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 9. Mapa de calor de la matriz de correlación, Modelo Gravitacional

Mapa de calor de la matriz de correlación para el Modelo Gravitacional 1/4

	LogVentas	LogVentasRzg	LogActivos	LogActRzg	ApalFinan3Rzg	ROERzg
LogVentas	1,0000	0,8136	0,5071	0,4453	0,1439	0,1865
LogVentasRzg	0,8136	1,0000	0,5303	0,4800	-0,0013	0,1974
LogActivos	0,5071	0,5303	1,0000	0,9745	0,0227	-0,1166
LogActRzg	0,4453	0,4800	0,9745	1,0000	-0,0294	-0,1669
ApalFinan3Rzg	0,1439	-0,0013	0,0227	-0,0294	1,0000	0,2480
ROERzg	0,1865	0,1974	-0,1166	-0,1669	0,2480	1,0000
LogPIBMuni	-0,1637	-0,1304	0,0203	0,0202	0,0692	-0,0052
Factor_Bogota4	0,1346	0,1418	0,3219	0,3069	0,3022	0,1528
Factor_Medellin4	-0,3178	-0,3080	-0,1591	-0,1391	-0,1515	-0,0504
Factor_Cali4	-0,1188	-0,1838	-0,1475	-0,1456	-0,1064	-0,0534
Factor_Barranquilla4	0,0339	0,1160	-0,1461	-0,1178	-0,1654	-0,0370
Factor_Bucaramanga4	-0,0108	-0,0136	0,0206	-0,0084	0,2370	-0,1134
Factor_Bogota5	0,3961	0,4657	0,4675	0,4371	0,2697	0,2035
Factor_Medellin5	0,1679	0,2894	0,1577	0,1477	-0,1532	0,0676
Factor_Cali5	0,3219	0,3598	0,1433	0,1182	-0,1017	0,0548
Factor_Barranquilla5	0,4651	0,6298	0,1716	0,1666	-0,1301	0,0775
Factor_Bucaramanga5	0,4957	0,6091	0,3450	0,2909	0,1872	0,0324
Factor_Bogota6	0,2679	0,2810	0,5769	0,5564	0,2675	0,0969
Factor_Medellin6	-0,0391	-0,0179	0,3640	0,3698	-0,1313	-0,1075
Factor_Cali6	0,1349	0,0847	0,3482	0,3376	-0,0898	-0,1075
Factor_Barranquilla6	0,3211	0,4089	0,4399	0,4510	-0,1372	-0,1003
Factor_Bucaramanga6	0,2834	0,2945	0,5926	0,5545	0,2041	-0,1585

Mapa de calor de la matriz de correlación para el Modelo Gravitacional 2/4

	Factor_Bogota4	Factor_Medellin4	Factor_Cali4	Factor_Barranquilla4	Factor_Bucaramanga4	LogPIBMuni
LogVentas	0,1346	-0,3178	-0,1188	0,0339	-0,0108	-0,1637
LogVentasRzg	0,1418	-0,3080	-0,1838	0,1160	-0,0136	-0,1304
LogActivos	0,3219	-0,1591	-0,1475	-0,1461	0,0206	0,0203
LogActRzg	0,3069	-0,1391	-0,1456	-0,1178	-0,0084	0,0202
ApalFinan3Rzg	0,3022	-0,1515	-0,1064	-0,1654	0,2370	0,0692
ROERzg	0,1528	-0,0504	-0,0534	-0,0370	-0,1134	-0,0052
LogPIBMuni	0,6399	0,1781	-0,0368	-0,1190	0,0321	1,0000
Factor_Bogota4	1,0000	-0,2017	-0,2806	-0,3150	-0,0185	0,6399
Factor_Medellin4	-0,2017	1,0000	-0,0860	-0,1277	0,0146	0,1781
Factor_Cali4	-0,2806	-0,0860	1,0000	-0,3417	-0,2967	-0,0368
Factor_Barranquilla4	-0,3150	-0,1277	-0,3417	1,0000	-0,0016	-0,1190
Factor_Bucaramanga4	-0,0185	0,0146	-0,2967	-0,0016	1,0000	0,0321
Factor_Bogota5	0,9420	-0,2847	-0,3131	-0,2423	-0,0212	0,5279
Factor_Medellin5	-0,1180	0,8215	-0,1967	-0,0590	0,0065	0,1010
Factor_Cali5	-0,1906	-0,2462	0,8510	-0,2623	-0,2889	-0,1046
Factor_Barranquilla5	-0,1699	-0,2659	-0,3663	0,8445	-0,0086	-0,1633
Factor_Bucaramanga5	0,0732	-0,1793	-0,3493	0,0706	0,7848	-0,0554
Factor_Bogota6	0,9590	-0,2217	-0,2862	-0,3155	-0,0098	0,5581
Factor_Medellin6	-0,0248	0,8616	-0,1570	-0,1956	0,0243	0,1784
Factor_Cali6	-0,1088	-0,1592	0,8758	-0,3951	-0,2712	-0,0250
Factor_Barranquilla6	-0,1016	-0,2070	-0,3946	0,8241	0,0103	-0,0964
Factor_Bucaramanga6	0,1705	-0,0799	-0,3241	-0,0855	0,8176	0,0375

Fuente: Elaboración propia.

Mapa de calor de la matriz de correlación para el Modelo Gravitacional 3/4

	Factor_Bogota5	Factor_Medellin5	Factor_Cali5	Factor_Barranquilla5	Factor_Bucaramanga5
LogVentas	0,3961	0,1679	0,3219	0,4651	0,4957
LogVentasRzg	0,4657	0,2894	0,3598	0,6298	0,6091
LogActivos	0,4675	0,1577	0,1433	0,1716	0,3450
LogActRzg	0,4371	0,1477	0,1182	0,1666	0,2909
ApalFinan3Rzg	0,2697	-0,1532	-0,1017	-0,1301	0,1872
ROERzg	0,2035	0,0676	0,0548	0,0775	0,0324
LogPIBMuni	0,5279	0,1010	-0,1046	-0,1633	-0,0554
Factor_Bogota4	0,9420	-0,1180	-0,1906	-0,1699	0,0732
Factor_Medellin4	-0,2847	0,8215	-0,2462	-0,2659	-0,1793
Factor_Cali4	-0,3131	-0,1967	0,8510	-0,3663	-0,3493
Factor_Barranquilla4	-0,2423	-0,0590	-0,2623	0,8445	0,0706
Factor_Bucaramanga4	-0,0212	0,0065	-0,2889	-0,0086	0,7848
Factor_Bogota5	1,0000	-0,0074	-0,0484	0,0616	0,2719
Factor_Medellin5	-0,0074	1,0000	-0,0320	0,1099	0,1846
Factor_Cali5	-0,0484	-0,0320	1,0000	-0,0111	-0,0061
Factor_Barranquilla5	0,0616	0,1099	-0,0111	1,0000	0,3836
Factor_Bucaramanga5	0,2719	0,1846	-0,0061	0,3836	1,0000
Factor_Bogota6	0,9526	-0,0546	-0,1215	-0,0952	0,1664
Factor_Medellin6	-0,0283	0,8561	-0,1586	-0,1626	0,0082
Factor_Cali6	-0,0686	-0,1094	0,8765	-0,2634	-0,1626
Factor_Barranquilla6	0,0477	0,0368	-0,1561	0,8649	0,2617
Factor_Bucaramanga6	0,2522	0,0961	-0,1502	0,0920	0,8310

Mapa de calor de la matriz de correlación para el Modelo Gravitacional 4/4

	Factor_Bogota6	Factor_Medellin6	Factor_Cali6	Factor_Barranquilla6	Factor_Bucaramanga6
LogVentas	0,2679	-0,0391	0,1349	0,3211	0,2834
LogVentasRzg	0,2810	-0,0179	0,0847	0,4089	0,2945
LogActivos	0,5769	0,3640	0,3482	0,4399	0,5926
LogActRzg	0,5564	0,3698	0,3376	0,4510	0,5545
ApalFinan3Rzg	0,2675	-0,1313	-0,0898	-0,1372	0,2041
ROERzg	0,0969	-0,1075	-0,1075	-0,1003	-0,1585
LogPIBMuni	0,5581	0,1784	-0,0250	-0,0964	0,0375
Factor_Bogota4	0,9590	-0,0248	-0,1088	-0,1016	0,1705
Factor_Medellin4	-0,2217	0,8616	-0,1592	-0,2070	-0,0799
Factor_Cali4	-0,2862	-0,1570	0,8758	-0,3946	-0,3241
Factor_Barranquilla4	-0,3155	-0,1956	-0,3951	0,8241	-0,0855
Factor_Bucaramanga4	-0,0098	0,0243	-0,2712	0,0103	0,8176
Factor_Bogota5	0,9526	-0,0283	-0,0686	0,0477	0,2522
Factor_Medellin5	-0,0546	0,8561	-0,1094	0,0368	0,0961
Factor_Cali5	-0,1215	-0,1586	0,8765	-0,1561	-0,1502
Factor_Barranquilla5	-0,0952	-0,1626	-0,2634	0,8649	0,0920
Factor_Bucaramanga5	0,1664	0,0082	-0,1626	0,2617	0,8310
Factor_Bogota6	1,0000	0,0875	0,0103	0,0440	0,3244
Factor_Medellin6	0,0875	1,0000	0,0288	0,0308	0,2292
Factor_Cali6	0,0103	0,0288	1,0000	-0,1593	-0,0179
Factor_Barranquilla6	0,0440	0,0308	-0,1593	1,0000	0,2617
Factor_Bucaramanga6	0,3244	0,2292	-0,0179	0,2617	1,0000

Fuente: Elaboración propia.