

**La presencia de economías aglomeradas en zonas francas y su impacto en los costos de producción para el sector de plásticos primarios en Colombia (1995–2019)**

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Administración y Economía

Trabajo de Grado de Economía

**Presentado por:**

Karen Lizeth Lagos Bautista  
Giselle Martínez Pulido  
Laura Valentina Moreno Quinchanegua

**Asesor:**

Julie Cristina Billorou Garzón

**Bogotá D.C., Colombia**

**2021**

## Resumen

A partir del concepto de economías de aglomeración propuesto por Marshall, este documento analiza el impacto de la aglomeración sobre los costos de producción de las firmas productoras de plásticos primarios en zonas francas de Colombia para el periodo 1995-2019, teniendo en cuenta que dichas zonas, son un instrumento que permite la concentración de múltiples empresas de uno o más sectores. Para ello, se estiman dos modelos de datos panel, la evidencia sugiere que, al pertenecer a zonas francas del país, los costos de las empresas se reducen un 47,8% frente a las que no están ubicadas allí. Además, al incluir con mayor precisión el nivel de concentración de firmas a través de un índice de aglomeración, el impacto en los costos toma mayor fuerza y efectivamente se observa que ante aumentos en la aglomeración, los costos disminuyen significativamente un 362,5%.

*Palabras clave:* economías de aglomeración, costos de producción, zonas francas, datos de panel, efectos fijos

*Clasificación JEL:* D21, R00.

**The presence of agglomeration economies in free zones and their impact on production costs for the primary plastics sector in Colombia (1995–2019)**

**Abstract**

Based on the concept of economies of agglomeration proposed by Marshall, this document analyzes the impact of agglomeration on the production costs of the companies that produce primary plastics in free zones of Colombia for the period 1995-2019, considering that these zones, are an instrument that allows the concentration of multiple companies from one or more sectors. To do this, two panel data models are estimated. The evidence suggests that as they belong to free zones of the country, the costs of companies are reduced by 47.8% compared to those that are not located there. Furthermore, by including with greater precision the level of concentration of firms through an agglomeration index, the impact on costs takes on greater force and indeed it is observed that in the face of increases in agglomeration, costs decrease significantly by 362.5%.

*Keywords:* agglomeration economies, production costs, free zones, panel data, fixed effects

*JEL Code:* D21, R00.

## Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1 Objetivo general</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Marco teórico</b> .....	<b>8</b>
<b>4. Revisión de literatura empírica</b> .....	<b>16</b>
<b>5. Sector de plásticos en Colombia</b> .....	<b>20</b>
<b>6. Datos</b> .....	<b>22</b>
<b>6.1 Descripción de datos</b> .....	<b>23</b>
<b>7. Modelo econométrico</b> .....	<b>27</b>
<b>8. Resultados y análisis econométrico</b> .....	<b>30</b>
<b>9. Conclusiones</b> .....	<b>37</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>39</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>43</b>

**Lista de figuras**

<b>Figura 1</b> Evolucion del sector de plásticos en Colombia 2000-2018 .....	21
<b>Figura 2</b> Histogramas de distribución.....	26
<b>Figura 3</b> Cambio estructural .....	33

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> Estadísticas descriptivas.....	25
<b>Tabla 2</b> Correlaciones de las principales variables .....	27
<b>Tabla 3</b> Estimación modelo I .....	31
<b>Tabla 4</b> Estimación modelo II.....	34

## 1. Introducción

Las economías de aglomeración están definidas dentro del contexto de las economías externas propuesto por Alfred Marshall, en donde la ubicación y el espacio geográfico son factores que influyen en la productividad de las industrias. Las economías de aglomeración pueden clasificarse en dos tipos, las de urbanización y las de localización, pudiendo estas últimas ser de carácter interindustrial<sup>1</sup> o intraindustrial<sup>2</sup>. No obstante, el punto a resaltar radica en los beneficios que obtienen las firmas como resultado de concentrarse geográficamente y realizar una actividad económica, según Weber (1909), las empresas se localizan cerca de otras firmas productoras de materias primas o del mercado de consumidores con el fin obtener los mínimos costes de transporte; así mismo, Marshall (1920) postula que las industrias se especializan geográficamente porque al ubicarse unas cerca de las otras, obtienen beneficios en los insumos intermedios, en el mercado laboral y la innovación tecnológica.

Consecuentemente, desde la perspectiva económica de las economías a escala, Manrique (2006), afirma que la concentración de empresas dentro de un espacio es una ventaja en términos de eficiencia como lo propuso Marshall, ya que, la proximidad geográfica conlleva a un proceso de concentración de otros mercados, como el mercado de factores productivos, mercado laboral, mercado de servicios públicos, educativo, entre otros, lo cual resulta beneficioso para las firmas, pues, la decisión de las empresas de ubicarse unas cerca de las otras, posibilita el hecho de que haya una reducción en los costos de producción como consecuencia de los beneficios que obtienen las firmas al concentrarse geográficamente, lo que permite inferir que las empresas que se encuentran aglomeradas tenderían a presentar unos costos inferiores en comparación de aquellas que no lo están.

A razón de esto, el presente trabajo analiza el impacto de la aglomeración en la estructura de costos de las empresas, dentro del marco microeconómico del enfoque predominante, propuesto por autores neoclásicos como Marshall, Nicholson, Pindyck y Mankiw quienes exponen que el problema de los productores se resume en elegir las cantidades adecuadas de los insumos que permitan minimizar los costos de producción. Es importante resaltar que, para aspectos

---

<sup>1</sup> Comercio entre industrias de diferentes sectores

<sup>2</sup> Comercio entre industrias del mismo sector

metodológicos esta investigación utiliza las zonas francas como territorios con presencia de aglomeración tanto interindustrial como intraindustrial, teniendo presente que por definición “las zonas francas son áreas geográficas delimitadas dentro del territorio nacional, donde se desarrollan actividades industriales de bienes y servicios o actividades comerciales bajo una normatividad especial en materia tributaria, aduanera y de comercio exterior” (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB], 2019), es decir, que se da por sentado que las empresas que se encuentran en zonas francas son empresas que se encuentran aglomeradas.

En ese sentido, esta investigación responde a la pregunta, ¿Cuál es el impacto de la aglomeración sobre los costos de producción de las firmas productoras de plásticos primarios que producen dentro de las zonas francas en Colombia para el periodo 1995-2019? Lo anterior se realiza específicamente para el sector de plásticos en sus formas primarias de Colombia. Por lo tanto, la hipótesis de este trabajo se apoya en el argumento de que la presencia de economías aglomeradas en las zonas francas de Colombia tiene un impacto positivo sobre los costos de las empresas del sector de plásticos que producen dentro de dichos territorios, dado que estas presentan unos costes de producción más bajos en comparación con las empresas que producen fuera de esas zonas.

En este orden de ideas, el aporte de esta investigación es evidenciar y cuantificar en qué medida la presencia de aglomeración en zonas francas reducen los costos de las firmas, para validar esto, se estiman dos modelos econométricos de datos de panel, en donde los resultados logran evidenciar que el encontrarse en una zona franca disminuye los costos en un 47,8% y que aumentar la aglomeración en estas zonas (medida a través de un índice de aglomeración) ocasiona una disminución en un 362,5% de los costes de producción de las empresas que producen dentro de dichos territorios.

El documento está dividido en nueve secciones, iniciando con esta introducción, seguida por la segunda sección en donde se especifican los objetivos de estudio. En la tercera sección, se realiza una revisión de literatura sobre aglomeraciones y la teoría económica de costos, para en la cuarta realizar una revisión de literatura empírica sobre estudios de caso nacional e internacional. En la quinta sección, se presenta un panorama general del sector plásticos en Colombia. En la sexta sección, se presentan y describen los datos para el análisis. En la séptima sección, se describe la metodología a usar de datos panel y los modelos econométricos para sustento del estudio. En la

octava sección, se presentan los resultados y el análisis econométrico. Finalmente, en la novena sección se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Evidenciar el impacto de la aglomeración sobre los costos de producción de las firmas que producen plásticos primarios dentro de las zonas francas de Colombia para el periodo 1995-2019.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Relacionar las economías aglomeradas y la teoría de costos de producción, mediante la revisión de la literatura teórica y empírica de las mismas.
- Estimar el impacto sobre los costos de producción que ocasiona la aglomeración de firmas mediante el desarrollo de modelos econométricos.
- Analizar los resultados obtenidos de los modelos econométricos para cuantificar el impacto sobre los costos de producción de las firmas que producen plásticos dentro de las zonas francas de Colombia para el periodo 1995-2019.

## **3. Marco teórico**

En primera instancia y teniendo en cuenta la hipótesis de la presente investigación, es de vital importancia tratar el tema de Economías aglomeradas, para posteriormente abordar la teoría de costos y finalmente, exponer cómo se introducirá al análisis de costos.

La aglomeración es un elemento que está presente dentro de la formación de las sociedades y de las economías, incluso cuando se define una unidad tan básica como la ciudad, según Camagni (2005) la aglomeración resulta siempre siendo una característica fundamental y un principio genético de la ciudad, ya sea que se defina la ciudad como un conjunto compacto de personas y de actividades económicas o como un conjunto de relaciones que se desarrollan sobre un espacio físico delimitado, pues hay que tener en cuenta que las ciudades existen y han existido en la historia porque los hombres han encontrado más ventajoso y eficiente gestionar las propias relaciones personales, sociales, económicas y de poder de forma espacialmente concentrada.

En cuanto a economías de aglomeración, uno de los autores pioneros es Weber (1909), quien incorporó por primera vez el término “economía de aglomeración” como “una ventaja o un abaratamiento de la producción o comercialización que resulta del hecho de que la producción se lleve a cabo en una medida considerable en *un* lugar” (p.126). Weber expone que las empresas buscan obtener los mínimos costes de transporte y que dicho objetivo se puede alcanzar cuando estas se localizan cerca de otras firmas productoras de materias primas o del mercado de consumidores; de manera que los costos de transporte influyen en la decisión de localización de las firmas. El aporte de Weber (1909) tuvo varias críticas puesto que le dio mucha importancia a los costos de transporte como factor de localización y no consideró de manera similar el papel de los costos de los factores productivos o de la aglomeración, sin embargo, fue importante al ser la primera aproximación para el desarrollo del concepto de aglomeración (Viladecans Marsal, 1999).

Con lo anterior en mente, para referirnos a economías de aglomeración es necesario incluir en el análisis los aportes realizados por Marshall en su obra “*Principios de economía*”. Según Marshall (1920), la decisión de las empresas para localizarse en territorios no es aleatoria, pues depende de diferentes circunstancias como las condiciones físicas del espacio geográfico, el clima, el suelo, los recursos naturales, las políticas gubernamentales, entre otros aspectos, que motivan a las firmas productoras a ubicarse en determinado lugar. Marshall denominó como “Distrito industrial” al espacio geográfico que permite la concentración de las actividades económicas y de múltiples empresas especializadas.

Consecuentemente, Marshall expone que los “Distritos industriales” son un resultado de la división del trabajo entre sectores, pues cuando hay proximidad geográfica de pequeños productores de diferentes industrias dentro de un mismo territorio, se crea un espacio con empresas especializadas en algunas de las fases productivas de otras industrias y mientras que para un sector signifique el producto final, para otros sea únicamente la fabricación de insumos intermedios necesarios para la producción final de industrias vecinas. En este sentido, la especialización de los trabajadores sectoriales facilita la división de trabajo entre industrias y en conjunto, permite que éstas aumenten la capacidad de elevar su escala de producción y, por lo tanto, no sea solo una empresa eficiente, sino un distrito industrial eficiente, con capacidad de crecimiento industrial. En consecuencia, el distrito industrial permite que el espacio sea una ventaja en términos de eficiencia. (Marshall, 1920)

Teniendo en cuenta lo anterior, Marshall (1920) establece que el aumento en la escala de producción de una empresa puede deberse a dos situaciones diferentes, en primera instancia, al desarrollo general de la industria y, en segunda instancia, a las características y decisiones propias de la empresa; las primeras son las llamadas economías externas y las últimas son las economías internas. Marshall se refiere a economías internas como la situación en que una empresa logra economías a escala gracias a condiciones internas de la compañía, como la adopción de nuevas tecnologías, cambios en la maquinaria o insumos, mientras que, las economías externas se refieren a la situación en que las empresas aumentan su escala de producción y logran obtener costos marginales cada vez menores, como respuesta a factores externos de las empresas y al desarrollo general de toda la industria a la que pertenecen.

En síntesis, Marshall (1920) explica cómo las economías externas son una consecuencia positiva de la proximidad geográfica entre empresas de una industria, pues un conjunto de empresas concentradas puede resultar siendo más eficientes que una única empresa aislada gracias a que obtienen tres beneficios importantes, siendo éste su principal aporte en el contexto de economías aglomeradas. En primer lugar, la aglomeración permite que las múltiples empresas se beneficien de la “concentración de mercado laboral”, puesto que, cuando las firmas se localizan en determinada área, los empleados van perfeccionando sus habilidades, cada vez son más especializados y abunda la mano de obra cualificada. Lo anterior permite que los trabajadores puedan trasladarse fácilmente entre empresas del mismo sector que requieran sus habilidades y, que, a su vez, a las empresas del territorio se les facilite encontrar la mano de obra deseada sin que les resulte un coste mayor en los salarios, ya que todas las firmas cercanas demandan el mismo tipo de trabajadores.

En segundo lugar, reduce el costo de los “insumos intermedios”, ya que, la concentración permite que las industrias se especialicen en determinada actividad económica y puedan ser proveedores locales de insumos utilizados por otras industrias, formando entre las mismas, relaciones intersectoriales de proveedor y cliente dentro del territorio, y, en consecuencia, que su proximidad geográfica implique un menor coste de transporte de estos insumos en comparación a productos finales.

En tercer lugar, la concentración de empresas en determinado espacio promueve la “innovación tecnológica o difusión de conocimiento”. Marshall (1920) consideró este beneficio

como uno de los más importantes, puesto que enfatizó que la concentración de industrias no solo permite que los trabajadores sean más cualificados, sino que también incide en la posibilidad de que vayan adquiriendo cada vez mayores habilidades y conocimientos, de manera que entre agentes, dadas las relaciones intersectoriales de proveedor y cliente, puedan transmitir sus conocimientos e intercambiar ideas, y por tanto, sea un espacio de constante innovación y crecimiento industrial.

Por otra parte, y retomando el hecho de que la concentración de las empresas puede desencadenar en economías externas, es importante resaltar que, las economías de aglomeración pueden clasificarse en dos tipos, economías de localización y economías de urbanización, además ser de carácter interindustrial o intraindustrial. Las economías de urbanización están vinculadas al tamaño y a la diversidad de las ciudades, según Strange (2005) “la aglomeración urbana es la concentración espacial de la actividad económica en las ciudades. Que también puede tomar la forma de concentración en grupos industriales o en centros de empleo en una ciudad” (p. 55), mientras que, las economías de localización hacen referencia puntual a la concentración de las industrias como la planteó Marshall (1920) cuando explicó que la proximidad geográfica de las industrias favorece la transmisión de conocimientos y genera una disminución de costos de transporte de insumos y productos. Según Manrique (2006), algunos de los principales beneficios asociados a las economías de localización son la posibilidad de especialización de las empresas en el proceso productivo, menores costes globales, reducción de costos de transacción gracias a la proximidad e intensidad de las relaciones entre los agentes, las economías de aprendizaje y la difusión de conocimientos, entre otros.

Con esto en mente, queda claro que el espacio geográfico permite la ubicación de múltiples empresas, y que dependiendo de los beneficios que el territorio brinde, puede que se genere (o no) la concentración de firmas, la especialización industrial y, por tanto, la presencia de economías externas o de aglomeración. Como ejemplificación de estos espacios, se analizan las denominadas Zonas Francas, que en síntesis son áreas geográficas delimitadas dentro del territorio nacional donde se instalan múltiples empresas que desarrollan actividades comerciales, industriales y de servicios, bajo una normatividad especial en materia tributaria, aduanera y de comercio exterior (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB], 2019). Así, localizarse dentro de una zona Franca trae

consigo una serie de beneficios para las empresas<sup>3</sup>, por una parte, en el ámbito tributario, las firmas tienen una tarifa única del impuesto sobre la renta del 20% y, las compras de materias primas que sean realizadas por parte de los usuarios de zonas francas a proveedores en el territorio nacional y a su vez entre usuarios de dichos territorios, están exentas del Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA)<sup>4</sup>. También, tienen beneficios aduaneros y de comercio exterior puesto que aquellas empresas que introduzcan bienes del exterior dentro de la zona franca no pagan arancel e IVA y las exportaciones son autorizadas por el usuario operador sin necesidad de presentar una autorización de embarque ni declaración de exportación (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo [MINCIT], 2017).

En consecuencia, es plausible afirmar que, la decisión de ubicación de las firmas no es aleatoria y está motivada por la normatividad especial que ofrecen las zonas francas, pues de entrada les permitirá a las empresas reducir sus costos. Sin embargo, es importante aclarar que, las zonas francas únicamente son ese instrumento o espacio que permite a las empresas ubicarse y especializarse geográficamente, pero, son las ventajas del territorio y la proximidad de las firmas, lo que permiten la posibilidad de que, eventualmente pueda generarse una reducción en los costos de las empresas que se encuentran concentradas.

Teniendo en cuenta lo anterior, el hecho de ubicarse en una zona franca puede implicar la formación de economías de aglomeración pero esto no necesariamente aplica para todos los sectores industriales, este punto es importante, puesto que en secciones posteriores como foco de la investigación, se toma en cuenta la ubicación y grado de concentración de firmas específicamente en zonas francas, para observar si hay presencia de economías aglomeradas en determinado sector industrial y así mismo, cuantificar el impacto que tiene en los costes de las empresas el hecho de aglomerarse geográficamente.

Recordando que, la aglomeración industrial puede incidir en los costos de las firmas y la presente investigación se encuentra sujeta a dicha premisa, es momento de abordar la teoría microeconómica de costos, la cual tiene sus raíces en pensadores clásicos como Adam Smith (1776), quien establece que el valor de un bien en el largo plazo depende de los factores de

---

<sup>3</sup> Los beneficios descritos hacen referencia al régimen de zonas franca de Colombia

<sup>4</sup> El IVA o Impuesto sobre el Valor Añadido es un impuesto indirecto que grava el consumo doméstico final de productos y servicios producidos tanto en el territorio nacional como en el exterior

producción, como las horas hombre necesarias en su fabricación, distinguiendo entre valor de uso y valor de cambio, siendo el primero aquel producto que satisface una necesidad y el segundo, el precio pagado en el mercado para la adquisición de un determinado bien, el cual depende de la cantidad de trabajo utilizada para su respectiva producción.

Por otro lado, y desde el enfoque de la economía neoclásica es conveniente referirnos una vez más a Marshall, quien en su teoría de la oferta a largo plazo establece que los precios de las mercancías están determinados por los costos de producción, adicionalmente, Marshall (1920) distingue entre los costes reales y los costos monetarios de la realización de la producción y textualmente expresa:

Todos los esfuerzos y sacrificios juntos se denominarán el costo real de producción de la mercancía, las sumas de dinero que deben pagarse por estos esfuerzos y sacrificios se denominarán costos monetarios de producción o, para abreviar, sus gastos de producción; que son los precios que hay que pagar para que se produzca un suministro adecuado de los esfuerzos y esperas que se requieren para la producción; o, en otras palabras, son su precio de oferta. (p.282)

En relación con lo anterior, Marshall denomina como “Factores de producción” a todos los elementos que se requieren para producir determinada cantidad de una mercancía y explica que los precios de oferta de dichos factores son, en él últimas, los costos de producción y que además, dichos costos de producción determinan el precio de oferta de dicha mercancía, en palabras del autor, “los gastos de producción, cuando se produce una cantidad determinada, son, los precios de oferta de las cantidades correspondientes de sus factores de producción, y la suma de estos es el precio de oferta de esa cantidad del producto” (Marshall, 1920, p.283). Marshall (1920) también expresa que, la producción de toda mercancía requiere diferentes tipos de trabajo y de uso del capital en diferentes formas, y por eso en últimas, el problema de los productores es la elección de insumos (capital y trabajo) que depende de los precios de los mismos, es decir, de los costos de producción.

En términos formales, los aportes mencionados antes son presentados posteriormente por autores como Nicholson (2008), Pindyck y Rubinfeld (2009) y Mankiw (2017) en sus respectivos libros de microeconomía. Estos autores, señalan que las firmas enfrentan un problema que se

traduce en minimizar los costos de producción de determinado bien, ya que todas las empresas, incurren en costos cuando fabrican los productos o suministran al mercado los servicios que venden; de manera que, los costos toman tanta importancia que además de reflejar el proceso de producción, se convierten en un “determinante fundamental para la toma de decisiones de producción y precio de las firmas” (Mankiw, 2017. p. 206).

Por lo que, toda empresa para la producción de determinado bien, presenta una función de producción:

$$q = F(K, L) \quad (1)$$

Donde  $q$  es la cantidad determinada que la empresa puede producir, utilizando distintas combinaciones del factor trabajo  $L$  (medido en horas-hombre) y factor capital  $K$  (medido en horas-máquina)<sup>5</sup>. Así mismo, suponen que el mercado de los factores de producción está en competencia perfecta, es decir, las empresas pueden comprar o vender todo el trabajo o capital que deseen a los salarios y tasas de alquiler que prevalecen en el mercado, respectivamente  $w$  y  $v$  (Nicholson, 2008). En términos formales:

$$CT = wL + vK \quad (2)$$

También es importante mencionar que, la función de costos de toda empresa está en función de los precios de los factores ( $w, v$ ) y del nivel de producción  $q$ . Así mismo, también depende de dos tipos de costos, los costos variables ( $CV$ ) que cambian cuando varía el nivel de producción, como por ejemplo los gastos en salarios y materias primas; y los costos fijos ( $CF$ ), que están presentes aun cuando la empresa no produce nada, por ejemplo, el alquiler del local, servicios públicos, etc. Estos costos pueden cambiar a lo largo del tiempo, cuando las empresas modifican sus niveles de producción, de tal manera que muchos  $CF$  de corto plazo se conviertan a largo plazo en  $CV$ . Lo anterior puede resumirse en la siguiente ecuación:

$$CT(w, v, q) = CF + CV(q) \quad (3)$$

---

<sup>5</sup> Nicholson (2008) también explica que los costos empresariales están incluidos dentro de los costes de capital para simplificar el análisis.

En la toma de decisiones sobre producción, los empresarios deben tener en cuenta el impacto del nivel de producción sobre los costos de la empresa (Mankiw, 2017). Para lo anterior, las firmas no solo tienen en cuenta los  $CT$ , pues también son objeto de análisis los costos medios y los costos marginales, los cuales dependen del nivel de producción de las empresas y de los precios de los factores productivos, y en últimas analizarlos es de vital importancia a la hora de tomar decisiones de producción, ya que por un lado los costos promedios representan los costos por unidad de producto y por otro lado, los costos marginales hacen referencia al costo de producir una unidad de más.

Por otra parte y con el fin de ilustrar cómo el efecto de la aglomeración incide dentro de la estructura de costos de las firmas, se adoptará el modelo utilizado en Bernal (2021) donde relaciona la aglomeración de empresas en un mercado de competencia perfecta con costos unitarios decrecientes, el cual complementa otros modelos económicos utilizados en los análisis de López y Südekum (2009), Balat y Casa (2018), y los reportados por Rosenthal y Strange (2004) en los cuales se utilizan modelos Input-Output.

Los supuestos iniciales del modelo incluyen el hecho de que todas las empresas ofrecen un bien homogéneo, se encuentran en equilibrio de mercado, sus utilidades a largo plazo son cero y producen con el objetivo de maximizar sus beneficios sujetos a unos costos, los cuales se pueden representar de la siguiente manera:

$$CT_j = F_j + c_j \frac{q_j^\alpha}{J_A^\beta} \quad (4)$$

Donde  $F$  representan los costos hundidos de las firmas,  $c_j$  un parámetro  $> 0$  que contribuye al costo marginal ( $CM$ ),  $q_j$  el volumen de producción de la empresa  $j$ ,  $\alpha \geq 2$  toma en cuenta la tecnología de la firma y  $J_A$  es el número de firmas que se aglomeraron debido a la difusión del conocimiento, la mano de obra y el intercambio de insumos,  $\beta > 0$  es el parámetro que toma en cuenta el efecto aglomerado sobre la productividad de la empresa.

La ecuación anterior ilustra cómo a medida que  $J_A$  aumenta, la variable  $CT_j$  disminuye, lo que representa la presencia de economías de escala externas, por lo que, si una empresa busca ser

competitiva, sería racional que decidiera aglomerarse, la fórmula de costos de la empresa  $j$  incluyendo el efecto aglomeración sería la siguiente:

$$CT_j = F_j + c_j \frac{q_j^\alpha}{J^\beta} \quad (5)$$

Teniendo en cuenta que la oferta de mercado es  $\sum_j^J q_j^* \frac{q_j^\alpha}{J^\beta} = Q^o$ , esta misma aumentará y el precio disminuirá ante un incremento de  $J$  el cual impacta sobre los  $CT_j$ , esto se puede demostrar brevemente si derivamos la ecuación de costos totales para obtener el coste marginal:

$$CT_j = F_j + c_j \frac{q_j^\alpha}{J^\beta} \quad \rightarrow \quad \frac{\partial CT_j}{\partial q_j} = \alpha c_j \frac{q_j^{(\alpha-1)}}{J^\beta} = CM_j \quad (6)$$

Como puede observarse la función de costo marginal es convexa y disminuye a medida que aumenta  $J$ , de igual manera el costo promedio de las firmas puede representarse mediante la siguiente fórmula:  $CP_j = \frac{F_j}{q_j} + c_j \frac{q_j^{(\alpha-1)}}{J^\beta}$  los cuales también son convexos y decrecen a medida que el número de firmas  $J$  aumenta.

La principal conclusión de incluir el efecto de aglomeración en la estructura de costos de las firmas es que, a medida que aumenten el número de empresas concentradas en un territorio específico, estas mismas tengan la posibilidad de obtener beneficios derivados de la proximidad geográfica, como la concentración del mercado laboral, la disminución en costos de transporte de insumos y productos, mayor difusión de información y conocimiento, innovación tecnológica, entre otros, que pueden influir en la reducción de costos de las empresas y posibilitar que a futuro disfruten de economías a escala externas.

#### 4. Revisión de literatura empírica

La literatura expuesta en esta sección analiza algunos de los avances empíricos respecto a la validación del efecto de aglomeración, recordando que como se mencionó anteriormente, las economías de aglomeración pueden clasificarse en términos de economías de urbanización y de localización.

En primer lugar, las economías de urbanización se dan cuando los beneficios son externos tanto a la empresa como a la industria, y resultan de la diversidad interna al área urbana. Da Silva Catela et al. (2010) en su artículo estudió la relación que se da entre las economías de aglomeración de tipo Marshall-Arrow-Romer, es decir, economías de especialización y las de tipo Jacobs-Porter o economías de diversificación, para los municipios urbanos brasileños. Esto mediante la realización de medidas de especialización y diversificación, clasificando los municipios en conjuntos homogéneos, dicha identificación se realiza mediante el modelo de aglomeraciones productivas (clústeres), el cual permite agrupar observaciones homogéneas en un conjunto de datos heterogéneos. De igual modo, el artículo está basado en la relación anual de informaciones sociales del Ministerio de Trabajo y Empleo, los datos del empleo hacen referencia al número de empleos a nivel municipal por tipo de actividades económicas, así como los ingresos medios del trabajador, esto para los años 1997 y 2007. Finalmente, se evidenció que la diversificación se encuentra relacionada con el tamaño de la ciudad, además, se demostró empíricamente una relación entre los índices de especialización y diversificación industrial.

En segundo lugar, referente a las economías de localización con aglomeración interindustrial, Burki y Mushtaq (2013) en su estudio, pretenden averiguar las consecuencias de la aglomeración industrial sobre la productividad y la ineficiencia técnica de las empresas manufactureras en Pakistán, exponen que los estudios que evalúan los efectos de la aglomeración sobre la productividad, suponen que el proceso de producción no se enfrenta a ineficiencias técnicas y por ello, el documento investiga cuán sensible es la ineficiencia técnica de las empresas a las economías de aglomeración. Para lo anterior los autores utilizan datos de corte transversal del sector manufacturero de Pakistán y examinan el alcance de la aglomeración de la industria mediante, el uso del índice de aglomeración de Ellison y Glaeser (EG) e identifican los factores que causan la aglomeración de industrias. Los resultados del estudio muestran un impacto significativo del índice de aglomeración en la disminución de la ineficiencia técnica de las empresas. Finalmente concluyen que las empresas que se encuentran aglomeradas enfrentaron condiciones operativas exógenas más favorables.

De manera similar, Gaitán Álvarez (2013) busca establecer el tipo de localización que existe en Bogotá, seguido del efecto que tienen las economías de aglomeración en la productividad. Más aún, la metodología usada por la investigación es la propuesta por Duranton y Overman

(2005), en la cual se identifica el grado de aglomeración que tienen las actividades económicas, introduciendo la función K de Ripley como una prueba de concentración de las industrias, ya que dicha función mide la magnitud de la aglomeración, así como la proximidad de los agentes. Adicionalmente, para realizar el modelo, se tomaron los datos del sistema de información y riesgo empresarial (SIREM), de la Superintendencia de Sociedades de Colombia, correspondientes al año 2010, ya que la base de datos del SIREM posee toda la información financiera de las empresas bajo la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas CIIU<sup>6</sup>, por lo que se realizó la estimación con 19 sectores código CIIU a cuatro dígitos. Finalmente se llegó a la conclusión de que hay sectores productivos aglomerados y diferentes niveles de aglomeración, así como la existencia de heterogeneidades en los patrones de localización de las firmas, a pesar de que estas se encuentren en el mismo sector económico, posteriormente, se observó que la distancia al centro de la aglomeración es positiva en la productividad en 14 de los 19 sectores.

Por otro lado, para evidencia de aglomeración intraindustrial es conveniente seguir autores como Ellison et al. (2007), en su artículo prueban las teorías de Marshall sobre la aglomeración industrial para el caso de las industrias manufactureras de EE. UU. Para ello, los autores construyen un índice de coaglomeración<sup>7</sup> Ellison y Glaeser (EG) por pares para dichas industrias y junto a modelos de estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (*MCO*) lo relacionan con las tres teorías de Marshall (costos de transporte, la puesta en común del mercado laboral y la transferencia de tecnología o derrames intelectuales), todo esto, a partir de los datos e información suministrada en el Censo de manufacturas de EE. UU. y la Matriz Nacional de Empleo de Ocupación Industrial (NIOEM). Los resultados obtenidos evidencian que el índice EG para una industria está altamente correlacionado a lo largo del tiempo y los patrones de ubicación están lejos de ser aleatorios; así mismo, a partir de las regresiones surgen dos conclusiones generales: primero, tal como se mencionó anteriormente, los *MCO* apoyan la importancia de las tres teorías para las industrias manufactureras de EE. UU. y, segundo, como era de esperar, las relaciones entrada/salida-

---

<sup>6</sup> Clasificación de actividades económicas por procesos productivos que clasifica unidades estadísticas con base en su actividad económica principal.

<sup>7</sup> Ellison y Glaeser (1997) acuñaron el término “coaglomeración” para referirse a la tendencia más general de varias industrias a ubicarse juntas.

insumo/producto<sup>8</sup> parecen ser las determinantes más importantes de la ubicación de dichas industrias.

Así mismo, Quiroz Porras (2018) evaluó la situación de eficiencia técnica entre firmas ubicadas en zonas de la ciudad de Bogotá altamente aglomeradas y zonas no aglomeradas, del sector comercio, industria y servicios. Para cuantificar e identificar la presencia de aglomeraciones intraurbanas en el espacio, usó una metodología de estimación de la función  $G^*$ -Gettis Ord para 479.168 empresas; así mismo, para medir la eficiencia técnica (ET) en la producción o en los costos de las unidades productivas de las aglomeraciones usó un modelo de *MCO* y dos modelos paramétricos de Análisis de Frontera Estocástica de Producción (FEP) - Normal de Media Truncada con una muestra de 3.995 empresas. El autor encuentra que la mayoría de empresas en la muestra se encuentran en zonas de aglomeración, con la existencia de 80 aglomeraciones distribuidas en mayor medida en el sector industrial 49,2%, seguido del sector servicios 39,6% y finalmente, el sector comercial 26,4% con menor concentración en zonas aglomeradas; además encuentra que la eficiencia técnica de las empresas de los sectores analizados se ubica alrededor del 63% con lo cual, estas no están asignando ni empleando de manera adecuada los insumos productivos. Por lo tanto, los resultados ayudan a entender cuáles deberían ser las políticas y a qué sectores deben dirigirse para aumentar la productividad empresarial en la ciudad de Bogotá.

Finalmente, Bernal (2021) analizó bajo competencia perfecta cómo las aglomeraciones intraindustriales se traducen en economías a escala externas y de alguna manera inciden en la estructura de costos de las firmas, teniendo en cuenta que las economías a escala traen consigo beneficios en términos de una mejor productividad que implica menores costos y precios más bajos para los consumidores. El documento realizó la evidencia empírica con el modelo convencional de minimización de costos y la estimación del índice de aglomeración de tipo Herfindahl para la industria de plásticos colombiana. Para tal fin, utilizó los datos registrados en la Superintendencia de Sociedades para una muestra de 76 empresas pertenecientes al sector de interés. En los resultados de la investigación se evidencia como la relación entre el índice de aglomeración y los costos de las firmas es negativa, es decir que, a medida que aumenta la aglomeración de la industria de dicho sector, sus costos tienden a disminuir y, por lo tanto, las firmas aglomeradas se benefician.

---

<sup>8</sup> La aglomeración de empresas ahorra costos de fabricación y transporte por la proximidad a sus proveedores de insumos o consumidores finales.

Finalmente, el estudio concluye que el gobierno debería generar políticas que promuevan la aglomeración eficiente con el fin de generar economías a escala en determinados sectores de la industria.

En consecuencia, el presente trabajo sigue la metodología realizada por Bernal (2021). Sin embargo, a diferencia de estudiar los costos en aglomeraciones municipales, el presente se centra puntualmente en las economías de localización con aglomeración intraindustrial del sector de plásticos primarios en las zonas francas de Colombia.

## **5. Sector de plásticos en Colombia**

El presente trabajo toma como objeto de investigación el sector de plásticos primarios en Colombia, con el fin de validar empíricamente el impacto de la aglomeración que se presenta dentro de las zonas francas del país sobre los costos de las firmas productoras de plásticos en sus formas primarias.

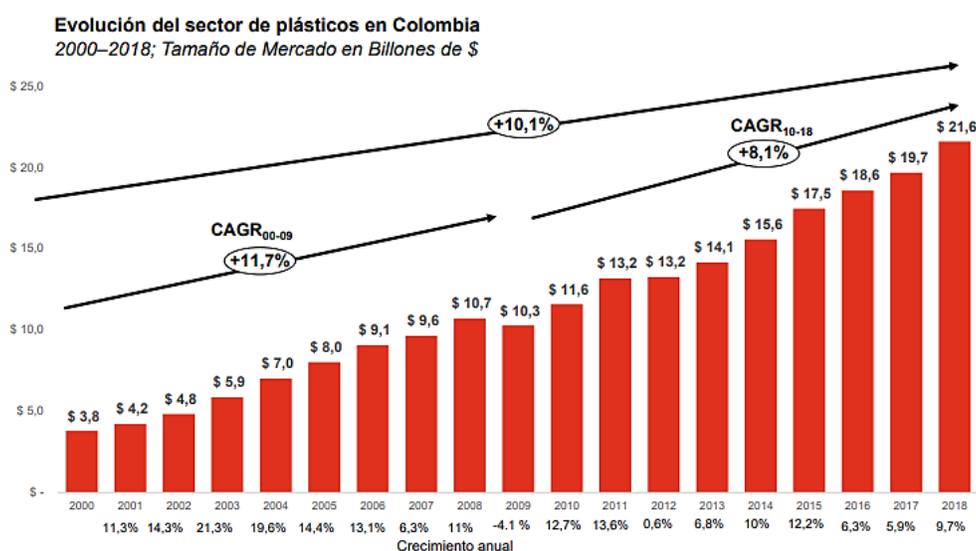
En Colombia el sector de plásticos es uno de los sectores más dinámicos y productivos dentro de la industria manufacturera del país, dado que debe responder a un mercado bastante amplio el cual incluye productos como envases, empaques y resinas plásticas entre otros, de hecho, desde el año 2016 se vienen produciendo alrededor de un millón de toneladas de plásticos anualmente, con una tendencia creciente, dado un aumento en la demanda de plástico por parte de las industrias de diferentes sectores del país, según datos de Procolombia y la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas (Acoplásticos).

Cabe resaltar, que el sector alimentos es el principal demandante de dicho mercado, pues el Sistema Integrado de Comercio Exterior (SICEX) asegura que, de todo el plástico destinado a la fabricación de envases en Colombia, el 62% es ocupado por el sector de los alimentos, el 22% es utilizado para envasar bebidas y un 9% es empleado en productos de aseo y cosméticos. Los principales productos de exportaciones colombianas de plásticos son el Polipropileno en formas primarias (14,15 %), Policloruro de vinilo (12,12 %), Copolímeros de propileno (11,89 %), Placas-láminas- hojas (4,42 %) y Tapones Tapas- Cápsulas (3,89%). Brasil, Estados Unidos, Perú, México, Argentina y Chile son los principales países de destino (SICEX, 2019).

Así mismo, Colombia Productiva, entidad del Ministerio de Industria y Comercio (MINCIT), expone que el tamaño del mercado del sector plásticos equivale a \$22 billones de pesos y su producción para el año 2018 fue de \$16 billones de pesos con un crecimiento compuesto de 6,5% en el periodo de 2010-2018. Adicionalmente, del año 2000 hasta el año 2018, la tasa de crecimiento constante de la producción de plásticos ha sido de 8,3%, afectada únicamente por la crisis del 2009, que disminuyó la dinámica en la industria, esta dinámica se refleja en la Figura 1.

### Figura 1

#### *Evolución del sector de plásticos en Colombia 2000-2018*



*Nota.* La figura muestra la evolución del tamaño del sector plásticos en Colombia durante el periodo 2000-2018. Fuente: Colombia Productiva (2018).

También es importante aclarar que dicho sector se encuentra conformado por tres categorías, clasificadas por CIU como: Plásticos en formas primarias (CIU 2013), formas básicas de plástico (CIU 2221), y productos de plástico (CIU 2229). Con esto en mente, la industria de plásticos en sus formas primarias es el objeto de estudio de la evidencia empírica de la presente investigación, ya que se cree que es pertinente, dadas las características del sector y de su producción que se ajusta a un modelo de competencia perfecta con bienes homogéneos según, tal como lo afirma Bernal (2021) puesto que los plásticos utilizan tecnologías similares en su proceso de obtención y producción.

## 6. Datos

La presente investigación tiene el objeto de evidenciar el impacto de la aglomeración sobre los costos de producción de las firmas que producen plásticos en zonas francas de Colombia para los años 1995-2019. Por la complejidad del foco de estudio, se creó una base de datos a través de dos principales fuentes de información para dichos años. Los Estados de Resultado (ER) de empresas registradas en la Superintendencia de Sociedades e información de la industria en la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Con esto en mente, la metodología para crear la base de datos se describe a continuación. Inicialmente, se tomó el ER de 75.134 empresas registradas en la Superintendencia de Sociedades clasificadas por CIIU, para identificar las empresas productoras de plásticos en sus formas primarias del resto de firmas de otros sectores. Por un lado, para 1995-2015 se identificaron por medio del CIIU REV. 3 A.C. y CIIU REV. 4 A.C por su actualización, que según la tabla correlativa económica del DANE “CIIU REV. 3 A.C. VS CIIU REV. 4 A.C”, en la industria manufacturera, los productos plásticos pasaron del código D2413 al C2013<sup>9</sup>. Por otro lado, para 2016-2019 en el ER las empresas no están clasificadas por CIIU, por tanto, para identificarlas se hizo un emparejamiento con la base de datos básicos de la Superintendencia de Sociedades clasificada por Número de identificación tributaria (NIT); adicionalmente, esta base permite hacer un emparejamiento con ciudad, departamento y dirección para verificar si se encuentran ubicadas dentro o fuera de una zona franca y con ello calcular e identificar los costos totales de las firmas para los años 1995-2019.

Previamente clasificadas las empresas, se identificaron los productos y cantidades producidas correspondientes de la industria plástica en la EAM del DANE bajo la Clasificación Central de Productos (C.P.C) en versión CIIU Rev. 2, CPC Versión 1.0 y CPC Versión 2.0 para diferentes grupos de años, por lo cual, se tomó en cuenta el CIIU identificado en el ER para las 92 empresas de plásticos identificadas y las tablas correlativas económicas de CIIU vs CPC con su

---

<sup>9</sup> Los productos plásticos en sus formas primarias en CIIU REV. 3 A.C. pertenecen a la sección C (Industrias manufactureras), División 20 (Fabricación de sustancias y productos químicos), Grupo 201 (Fabricación de sustancias químicas básicas, abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados, plásticos y caucho sintético en formas primarias), y Clase 2013 (Fabricación de plásticos en formas primarias).

correspondiente versión<sup>10</sup> (ver Anexo A). En consecuencia, queda en evidencia que se efectuó un encadenamiento de la clasificación CIIU del ER con la C.P.C de la EAM a partir de las tablas correlativas económicas del DANE para identificar las empresas productoras de plásticos, sus respectivos costos, productos y cantidades.

### 6.1 Descripción de datos

Para objeto de análisis, se decidió emplear dentro de los modelos a estimar las siguientes siete variables con el fin de obtener resultados económicos relevantes.

Inicialmente, se opta por calcular los *CT* de las empresas como variable objetivo del presente trabajo. Estos se calcularon teniendo en cuenta los costos de ventas, financieros, gastos de ventas y administración, gastos no operacionales y otros gastos, de las 92 empresas productoras de plásticos en sus formas primarias identificadas en el ER de las firmas registradas en la Superintendencia de Sociedades, evidenciándose los costos de las empresas ubicadas dentro y fuera de las zonas francas del país.

Por su parte, las variables de control en la investigación son la producción (*Q*), el Precio del petróleo (*WTI*), Salario real (*WR*), Índice de la tasa de cambio real (*ITCR*)<sup>11</sup>, la ubicación de las firmas (*ZF*) y el Índice de aglomeración (*IA*). En primer lugar, la cantidad producida por empresas se calculó de manera implícita dividiendo los *CT* por empresa sobre el precio promedio de los productos evidenciados en la EAM, de manera que los productos con mayor producción para esta industria son el polietileno, cloruro de polivinilo, homopolímeros, Copolímeros, Poliestireno, Emulsiones sintéticas, entre otros, teniendo en cuenta que la unidad de medida de dichos bienes está en miles de Kilogramos (Kg). El *WTI* representa el precio del petróleo en dólares estadounidenses a precios de 2019 por barril, este es utilizado como referencia para el mercado petrolero de EE. UU, y es un elemento fundamental para la fabricación de determinados productos, como el plástico; por tanto, el descenso en la cotización del crudo constituye un elemento dinamizador de la economía. Así mismo, *WR* representa el salario real y refleja la

---

<sup>10</sup> Para mayor detalle de las tablas correlativas económicas CIIU Rev. 3 A.C. vs. CIIU Rev. 2 DANE; CPC Ver. 1.0 A.C. vs. CIIU Rev. 3 A.C. vs. S.A 96 vs. CIIU Rev. 2 DANE; CIIU Rev. 4 A.C. 2020 vs. CPC Ver. 2 A.C., remítase a la página oficial del DANE.

<sup>11</sup> Las variables de control junto con el costo total están expresadas en términos reales a precios de 2019, a excepción de *ZF* y el *IA*.

cantidad de bienes y servicios que se pueden adquirir con un determinado salario nominal. De igual manera, se decide incluir *ITCR* tomado de la base de datos del Banco de la República.

Este dato se obtiene cuando se divide el precio de un grupo de bienes por el de ese mismo grupo en otro país. Esta medida refleja cuál es el valor de la canasta en el extranjero (numerador) respecto al valor de la misma canasta en Colombia (denominador). (Banco de la República, s.f.)

Así mismo, se emplea una variable dummy de Zonas Francas *ZF* con el fin de observar el impacto en los costos al ubicarse o no en dichas zonas del país, específicamente  $ZF=1$  si se encuentra ubicada dentro, o de lo contrario  $ZF=0$ . Esta variable es importante puesto que es una leve aproximación que permite observar la aglomeración a través de la ubicación de firmas, teniendo en cuenta que, estas zonas son territorios que brindan una normatividad especial la cual motiva a múltiples empresas a ubicarse dentro de estas con el fin de reducir costos.

Por último, con el fin de captar con mayor exactitud el impacto que causa el hecho de que las empresas se encuentren aglomeradas específicamente en zonas francas sobre sus costos de producción, se realiza un índice de aglomeración departamental, teniendo en cuenta que los números índices son una medida estadística que permite comparar una magnitud simple o compleja en dos situaciones diferentes respecto al tiempo o al espacio tomando una de ellas como referencia (De la Fuente Fernández, s.f.). En este caso, las dos magnitudes a comparar son: por un lado, el número total de empresas del sector de plásticos primarios en Colombia encontradas en la base de datos de la Superintendencia de Sociedades y, por otro lado, la cantidad de esas empresas que se encuentran ubicadas dentro de una zona franca. A consecuencia de lo anterior, el índice de aglomeración que se utilizó dentro del modelo de regresión es el siguiente para el periodo  $t$ :

$$IA_{i,t} = \frac{N^{ZD}}{N_t^T} \quad (7)$$

Donde  $N^{ZD}$  es el número de empresas del sector plásticos por departamento que se encuentran dentro de una zona franca para el periodo  $t$ , y  $N_t^T$  es el número total de empresas del sector plásticos en Colombia (independientemente de si se encuentran dentro o fuera de una de estas zonas) para ese mismo periodo.

En síntesis, los datos mencionados anteriormente para las empresas productoras de plástico primarios se presentan en la Tabla 1. En los periodos 1995-2019 se evidencia que el costo total máximo fue de \$2.398.291.570 COP y el mínimo de \$105.671 COP correspondiente a una empresa fuera de las *ZF*, mientras que, al estar dentro de estas zonas el máximo fue \$1.542.741.764 COP y el mínimo de \$959.857 COP, diferencias a su vez no solo por la ubicación sino también por el tamaño de las empresas. En cuanto a las zonas francas, el 7,8% de la muestra se encuentra ubicada en dicho lugar, las principales son la Zona franca del Cauca, la Candelaria de Cartagena y la Internacional del Atlántico en Barranquilla, por tanto, el máximo *IA* estimado fue de 0,143 puntos factoriales correspondiente al año 2004 en el departamento de Cundinamarca y 0 al no estar ubicada ni aglomerada en una *ZF*, en cuanto mayor sea el *IA*, menor serán los costos. La tendencia central de producción para esta industria es de 19.506 Kg, sin embargo, su máximo ha sido de 294.984 Kg de diversos productos de plásticos primarios. Respecto a otras variables, el precio del petróleo ha oscilado entre 19 USD y 126 USD, como se ha mencionado, su alza provoca un aumento en los costos de producción. Por su parte, el salario en estos periodos aumentó solo COP \$242.255 y finalmente, la dispersión de los datos frente al *ITCR* es 14,8%, donde un aumento del tipo de cambio afecta el precio de insumos importados.

**Tabla 1**

*Estadísticas descriptivas*

<i>Variable</i>	<i>Obs</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Dev.</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>Costo total (CT)</i>	493	1.581e+08	3.893e+08	105671.86	2.398e+09
<i>Zona franca (ZF)</i>	493	0,209	0,407	0	1
<i>Índice de aglomeración (IA)</i>	493	0,17	0,037	0	0,143
<i>Producción (Q)</i>	493	19506,648	47823,703	12,949	294984,01
<i>Precio del petróleo (WTI)</i>	493	69,311	32,184	19,94	126,45
<i>Salario real (WR)</i>	493	707759,98	70268,133	585861,58	828116
<i>Índice de tasa de cambio real (ITCR)</i>	493	115,95	14,803	94.903	145

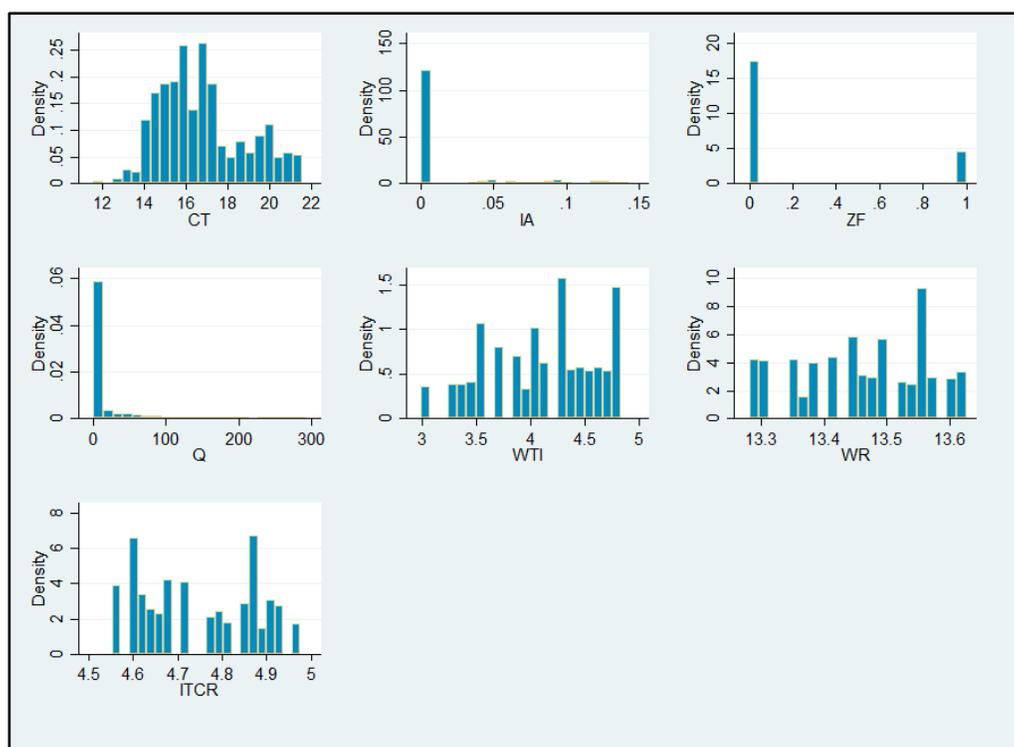
*Nota.* Principales estadísticas calculadas para 92 empresas productoras de plásticos en sus formas primarias de Colombia. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en los histogramas que se exponen a continuación, la variable de *CT* se distribuye en forma aproximadamente simétrica, es decir no existe el mismo número de observaciones tanto a la derecha como a la izquierda del valor central, sin embargo, los datos

presentan una mayor frecuencia en los dos picos observados en la Figura 2. Caso contrario a las cantidades las cuales muestran una distribución con una cola hacia la derecha, es decir, se evidencia un sesgo positivo, donde la frecuencia de los datos estuvo en el intervalo de 0 a 100 mil unidades. Por otro lado, la variable *IA* presenta una distribución con un pico en el extremo izquierdo, es decir, la cola de la distribución regular se ha cortado y acumulado en una sola categoría en el extremo del recorrido de los datos, en otras palabras, el índice se encuentra entre valores cercanos a cero. De manera similar se encuentra la variable dummy de *ZF*, la distribución a diferencia de la variable anterior tiene dos picos, uno en el extremo izquierdo y otro en el derecho, donde la frecuencia está entre 0 y 1, con una mayor concentración de los datos en 0. Finalmente, las variables *WTI*, *WR* y *ITCR* presentan varios saltos en el histograma por lo que son observaciones atípicas.

**Figura 2**

*Histogramas de distribución*



*Nota.* Representación gráfica de la distribución de las variables de interés. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la Tabla 2 se presenta la correlación entre las variables, que para el caso de *ZF* se observa que tiene un coeficiente positivo con los costos de 0,113, sin embargo, tiene una mayor correlación con el *IA* de 0,922 puntos factoriales, es decir, una relación positiva muy alta, esto ya que entre más cerca esté el coeficiente a 1, más significativo es. Adicionalmente, se encuentran las cantidades que presentan también una correlación positiva y alta con los costos de 0,990, al igual que *WTI* y *WR* de 0,070 y 0,065 respectivamente. Caso contrario a *ITCR* que tiene una correlación negativa con los costos de -0,042, es decir, la variable se mueve en dirección opuesta a los costos. Cabe resaltar que la correlación que tengan las variables no implica necesariamente una causalidad. En otras palabras, “la correlación examina la relación entre dos variables. Sin embargo, observar que dos variables se mueven conjuntamente no significa necesariamente que una variable sea la causa de la otra” (JMP, s.f.).

**Tabla 2**

*Correlaciones de principales variables*

<i>Variables</i>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) <i>CT</i>	1,000						
(2) <i>ZF</i>	0,113	1,000					
(3) <i>IA</i>	0,126	0,922	1,000				
(4) <i>Q</i>	0,990	0,115	0,128	1,000			
(5) <i>WTI</i>	0,070	-0,056	-0,139	0,050	1,000		
(6) <i>WR</i>	0,065	-0,146	-0,229	0,065	0,510	1,000	
(7) <i>ITCR</i>	-0,042	-0,011	-0,023	-0,023	-0,438	0,320	1,000

*Nota.* La tabla muestra la relación existente entre las variables. Fuente: Elaboración propia.

## 7. Modelo econométrico

Con el objetivo de evidenciar el impacto de la aglomeración sobre los costos de producción de las firmas que producen plásticos en zonas francas de Colombia para el periodo 1995-2019 y las características del presente trabajo se emplea la metodología de datos panel.

Los datos de panel o longitudinales combinan, por un lado, la dimensión tiempo representada por los datos de series de tiempo y por el otro, la dimensión estructural, representada por los datos de corte transversal, que en síntesis es el análisis de información para unidades individuales de estudio y que no incorpora el aspecto temporal (Baronio y Vianco, 2014). La

principal ventaja de realizar un análisis de información con datos de panel es que puede capturar la heterogeneidad inobservable. La especificación general de un modelo de regresión con datos panel es la siguiente:

$$Y_{it} = a_{it} + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

*con*  $i = 1, 2, \dots, N$     *y*     $t = 1, 2, \dots, T$

La heterogeneidad no observable puede darse a través del tiempo, entre unidades de estudio o en ambos sentidos, por lo tanto, en estos casos para evitar estimaciones sesgadas deberá recurrirse a métodos avanzados de datos de panel. Existen dos métodos avanzados para datos de panel con efectos inobservables. En primer lugar, se encuentra el método de Efectos Fijos (*EF*)

El cual considera que existe un término constante  $a_i$  diferente para cada individuo y supone que los efectos individuales son independientes entre sí. Con este modelo se considera que las variables explicativas afectan por igual a las unidades de corte transversal y que éstas se diferencian por características propias de cada una de ellas, medidas por medio del intercepto  $a$ . (Baronio y Vianco, 2014, p.11)

Por lo tanto,

$$Cov(X_{it}, a_i) \neq 0 \quad (9)$$

Supongamos un modelo de dos o más variables explicativas con presencia de efectos inobservables, el modelo de *EF* formalmente es:

$$Y_{it} = a_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Lo importante de este método es que utiliza una transformación para eliminar el efecto inobservable  $a_i$  y al hacer esto también desaparece cualquier variable explicativa que sea constante en el tiempo. En *EF* se hace uso de variables dummy ( $D$ ) con el fin de que estas interactúen con variables explicativas que cambian en el tiempo, es decir, para reconocer qué variables omitidas pueden generar cambios en las dos dimensiones. En este caso el modelo de *EF* en términos generales sería:

$$Y_{it} = a_i + \alpha_N D_N + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

Por tanto, es plausible afirmar que “el estimador de  $EF$  se obtiene también por medio de la regresión de variables dummy” (Wooldridge, 2010. p. 486).

En segundo lugar, se encuentra el modelo de Efectos Aleatorios ( $EA$ ). Este modelo a diferencia de  $EF$ , considera que los efectos individuales no son independientes entre sí, sino que están distribuidos aleatoriamente alrededor de un valor dado, este método resume todas las posibles perturbaciones en una variable aleatoria (Sancho y Serrano, 2004). Se tiene el mismo modelo con heterogeneidad inobservable, pero en donde se supone que  $a_i$  no está correlacionada con ninguna variable explicativa del modelo en todos los periodos, es decir, en un modelo de  $EA$  se supone que:

$$Cov(X_{it}, a_i) = 0 \quad (12)$$

El modelo de  $EA$  supone que,  $a_i$  es una variable estocástica que representa la perturbación y permite distinguir el efecto de cada individuo en el panel, es decir,  $a_i = \alpha + u_i$ . Por consiguiente, teniendo en cuenta la ecuación (10), la ecuación formal de  $EA$  toma la siguiente forma:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_k X_{kit} + u_i + \varepsilon_{it} \quad \text{con } \varepsilon_i \sim NI(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (13)$$

Para efectos de la investigación, teniendo en cuenta las características de los datos, se utiliza modelos de datos panel, por lo cual para elegir el método más indicado sea de  $EF$  o  $EA$ , es necesario realizar el Test de Hausman. Adicionalmente, hay que tener en cuenta el tipo de panel que se presenta, puesto que existen paneles balanceados cuando todas las observaciones tanto de corte transversal como de series de tiempo están disponibles, es decir,  $N = T$ ; y no balanceados cuando algunas observaciones de corte transversal no se observan en algunos periodos de tiempo.

Teniendo en mente las especificaciones de datos panel, es importante resaltar que el presente trabajo cuenta con un panel no balanceado; sin embargo, sus características en cuanto a modelo se mantienen puesto que dispone de una dimensión transversal compuesta por las empresas productoras de plásticos en formas primarias en Colombia, y una dimensión temporal comprendida entre los años 1995-2019. El uso de datos panel en la estimación permite tener en cuenta la heterogeneidad inobservable de las empresas del sector plásticos y del periodo de análisis, lo cual

reduce el riesgo de obtener resultados sesgados y aumenta la eficiencia de las estimaciones econométricas para observar el impacto en los costos totales.

Teniendo en cuenta el concepto de economías externas propuesto por Marshall (1920) y la teoría microeconómica de costos dentro del enfoque neoclásico, formalizada y expuesta por autores como Nicholson, Pindyck y Mankiw, quienes mencionan que el problema de las firmas se traduce en obtener el volumen de producción más alto posible al coste mínimo, esta investigación procede a estimar dos modelos con el fin de cuantificar el efecto de la aglomeración sobre los costos de producción de las firmas pertenecientes a un sector en específico.

### **Modelo I**

El primer modelo incluye la variable dummy  $ZF$ , con el objetivo de evidenciar el impacto sobre los costos de ubicarse dentro de una zona franca, teniendo en cuenta el supuesto de que estas permiten la concentración de múltiples empresas y con ello una posible reducción en sus costos de producción. Así mismo, se integra una variable de *interacción* ( $ZF*Q$ ) la cual cumple la función de comprobar si el modelo presenta cambio estructural, es decir, cambio en la pendiente y en el intercepto (ver Anexo B). Formalmente:

$$\begin{aligned} \ln(CT_{i,t}) = & a_0 + a_1 ZF + a_2 \text{interacción} + a_3 Q_{it} + a_4 \ln(WTI_{it}) + a_5 \ln(WR_{it}) \\ & + a_6 \ln(ITCR_{it}) + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (14)$$

### **Modelo II**

Por otra parte, este modelo pretende observar el impacto de la aglomeración sobre los costos de producción de las firmas que producen plásticos en zonas francas de Colombia, por tanto, se incluye la variable  $IA$  la cual corresponde al índice de aglomeración.

$$\begin{aligned} \ln(CT_{i,t}) = & a_0 + a_1 IA_{it} + a_2 Q_{it} + a_3 \ln(WTI_{it}) + a_4 \ln(WR_{it}) + a_5 \ln(ITCR_{it}) \\ & + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (15)$$

## **8. Resultados y análisis econométrico**

Para efectos del presente trabajo, se comienza estimando un modelo de  $MCO$  normal llamado *Pooled*, luego uno de  $EA$  y otro de  $EF$ . Para el análisis del modelo se tiene en cuenta que, un

coeficiente positivo indicará una relación directa entre las variables, contrario a un coeficiente negativo que representa una relación inversa como señala Carter Hill et al. (2011).

En contraste con la teoría de datos panel y los respectivos modelos a analizar para sustentar la investigación, inicialmente se estima el *modelo I*, con el fin de evidenciar y cuantificar el impacto sobre los costos al ubicarse o no dentro de una zona franca, así como dar una primera impresión, más sin embargo no exacta de la aglomeración, teniendo en cuenta que estas zonas son territorios donde se ubican y concentran múltiples empresas.

**Tabla 3**

*Estimación modelo I*

<i>VARIABLES</i>	<i>MCO (1)</i> <i>Ln (CT)</i>	<i>EA (2)</i> <i>Ln (CT)</i>	<i>EF (3)</i> <i>Ln (CT)</i>
<i>ZF</i>	0,369** (0,177)	-0,386** (0,165)	-0,478*** (0,164)
<i>INTERACCIÓN</i>	-0,00002 (0,002)	0,00822*** (0,002)	0,00801*** (0,001)
<i>Q</i>	0,0307*** (0,001)	0,00737*** (0,001)	0,00576*** (0,001)
<i>Ln (WTI)</i>	-0,444** (0,213)	0,236*** (0,081)	0,266*** (0,077)
<i>Ln (WR)</i>	-0,383 (1,095)	0,498 (0,482)	0,643 (0,468)
<i>Ln (ITCR)</i>	-0,633 (0,687)	0,289 (0,238)	0,387* (0,227)
<i>Constant</i>	26,09** (12,210)	6,668 (5,771)	5,116 (5,620)
<i>Observations</i>	493	493	493
<i>R-squared</i>	0,538		0,319
<i>Number of NIT</i>		92	92

Standard errors in parentheses

\*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$

*Nota.* Resultados de la estimación del primer modelo con sus respectivos errores estándar. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se estima el *modelo I* por el método *MCO (1)*, en donde con  $p < 0,05$  de significancia el producir dentro de una zona franca aumenta los costos de las firmas en un 36,9%, mientras que las variables *WTI*, *WR*, e *ITCR* presentan una relación negativa, lo cual no es coherente puesto que la intuición económica afirma que los costos de producción aumentan cuando aumenta el precio de los insumos que en este caso son *WTI* y *WR*.

En segundo lugar, se estima el modelo  $EA$  (2), y permite inferir que encontrarse dentro de una  $ZF$  disminuye los costos de producción en 38,6%. En esta estimación, la relación entre el precio del petróleo, el salario real, el índice de la tasa de cambio real y los costos de producción es positiva, es decir que al aumentar alguna de estas variables, las empresas incurren en mayores gastos para el proceso de fabricación de los plásticos primarios y, por tanto, los costos son mayores. De igual manera, se observa que, ante un aumento de  $Q$  en 1.000 unidades, los costos de las empresas aumentan en 0,73%, lo cual tiene sentido ya que a mayor cantidad producida mayores costos.

La prueba Breush-Pagan deja en evidencia que los estimadores por  $MCO$  (1) son sesgados, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y va a favor de  $EA$  (2) con una significancia del 1%, sin embargo, como sugiere el Test de Hausman los estimadores de  $EA$  (2) son inconsistentes por lo que el modelo más indicado para la investigación es  $EF$  (3) con un nivel de confianza del 99% (ver Anexo C).

Finalmente, al modelar bajo el estimador de  $EF$  (3) los resultados parecen ser bastante interesantes y significativos, pues teniendo en cuenta que  $ZF$  es una variable binaria, los resultados indican que cuando las empresas se encuentran ubicadas dentro de una zona franca ( $ZF=1$ ) los costos de estas firmas se ven reducidos en un 47,8%. Lo cual es de esperarse ya que, para el caso colombiano, dichas empresas cuentan con una normatividad especial en materia tributaria, aduanera y de comercio internacional. En consecuencia, al ubicarse en zonas francas, la localización de las empresas es la óptima y se cumple la principal finalidad de las firmas que es disminuir costos, como afirma Weber (1909).

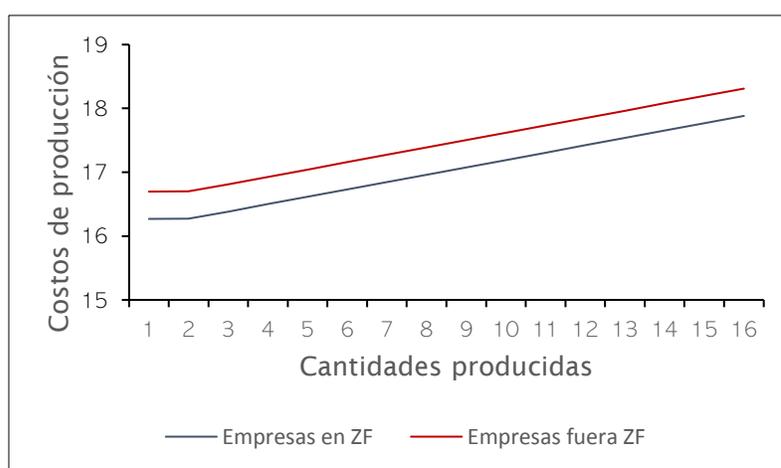
Así mismo, al observar el coeficiente de  $Q$  es correcto inferir que, ante un aumento de 1.000 unidades producidas de plásticos primarios, los costos aumentan en 0,57%, lo cual es válido puesto que, a mayores cantidades, mayores costos de producción. Por su parte, al analizar la dinámica de  $WTI$  y  $WR$  se puede observar que un aumento del 1% en los mismos tendrá como consecuencia un incremento en los costos de 26,6% y 64,3% respectivamente, adicionalmente, ante un aumento del  $ITCR$  en 1 p.p. los costos se verán afectados directamente en un aumento del 38,7%.

Como se observa en la Figura 3, este modelo presenta un cambio de pendiente e intercepto con una significancia de  $p < 0,01$ , es decir, existencia de cambio estructural. En primer lugar, el cambio en el intercepto es mayor, por tanto, quiere decir que al ubicarse en zonas francas los *CT* de producción de las firmas van a disminuir a diferencia de las que se encuentran fuera. En segundo lugar, el cambio en la pendiente es muy pequeño, es decir, producir fuera de zonas francas resulta marginalmente 0,8% menos costoso que para las firmas ubicadas dentro de dichos territorios. Razón de ello, es que para empresas ubicadas en zonas francas predomina con mayor fuerza la normatividad permanente a la que están sujetas sin depender del nivel de producción, de manera que los *CF* predominan con más fuerza que los *CV* y el impacto mayor se observa en los *CT* de producción, contrario a ubicarse fuera de estas zonas; o tal vez, otra razón puede ser porque existe cierto nivel de cantidades al que la industria nunca va a llegar sea porque las firmas no tienen la capacidad técnica o porque no existen los incentivos de demanda para producir a ese volumen de cantidades.

En consecuencia, se infiere que, para las firmas productoras de plásticos ubicadas dentro de zonas francas, a pesar de que tengan un *CM* mayor a diferencia de las que se encuentran fuera, el impacto en sus costos resulta ser una diferencia demasiado pequeña y, por tanto, el factor que prima e influye es ubicarse en zonas francas puesto que en general, se reducen sus *CT*.

### Figura 3

#### *Cambio estructural*



*Nota.* Relación entre los costos de producción y las cantidades producidas de las empresas ubicadas dentro y fuera de las zonas francas. Fuente: Elaboración propia.

Dicho lo anterior, a pesar de que el *modelo I* (3) presenta menos información de aglomeración (e implique un menor impacto) porque solo señala la ubicación de las firmas dentro o fuera de las zonas francas y no el número de concentración industrial, los resultados son los esperados, puesto que efectivamente se evidencia una reducción en los costos al pertenecer a una zona franca. Sin embargo, mediante el R-cuadrado es posible observar que las variables de control explican solo en un 31,9% la variable de *CT*, es decir, que el 68,1% restante es explicado por circunstancias internas de cada firma como puede ser su gestión administrativa u otras, que presentan mayor fuerza en comparación con las variables *WTI*, *WR* e *ITCR*. No obstante, este resultado no quita el hecho de que estar ubicado en una zona franca implica una reducción en los costos.

En consecuencia, para estimar con mayor precisión el impacto sobre los costos de las firmas que se aglomeran en zonas francas, se estima el *modelo II*, el cual tiene mayor potencia ya que aparte de identificar si las firmas están ubicadas en *ZF*, se observa con mayor exactitud qué tan concentradas están mediante el *IA* y cómo afecta la concentración de estas en los costos.

**Tabla 4**

*Estimación modelo II*

<i>VARIABLES</i>	<i>MCO (1)</i> <i>Ln (CT)</i>	<i>EA (2)</i> <i>Ln (CT)</i>	<i>EF (3)</i> <i>Ln (CT)</i>
<i>IA</i>	3,004* (1,801)	-3,226** (1,467)	-3,625** (1,424)
<i>Q</i>	0,0307*** (0,00134)	0,00885*** (0,00114)	0,00707*** (0,00111)
<i>Ln (WTI)</i>	-0,412* (0,212)	0,217*** (0,0819)	0,241*** (0,0785)
<i>Ln (WR)</i>	-0,478 (1,098)	0,525 (0,489)	0,723 (0,474)
<i>Ln (ITCR)</i>	-0,567 (0,687)	0,312 (0,241)	0,404* (0,230)
<i>Constant</i>	26,94** (12,26)	6,258 (5,883)	4,053 (5,720)
<i>Observations</i>	493	493	493
<i>R-squared</i>	0,535		0,296
<i>Number of NIT</i>		92	92

Standard errors in parentheses

\*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1

*Nota.* Resultados de la estimación del segundo modelo con sus respectivos errores estándar.

Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente, se analizan las estimaciones realizadas por *MCO (1)* y *EA (2)*, donde para el primer caso se omite las dimensiones de tiempo y espacio de los datos agrupados, de ahí que la variable *IA* muestre que un aumento de las empresas de plásticos que se encuentran aglomeradas en las zonas francas de Colombia incrementará los costos en un 300%, esto con un nivel de significancia de  $p < 0,1$ , caso contrario al segunda estimación la cual permite suponer que cada unidad transversal tiene un intercepto diferente, donde el resultado del coeficiente genera una disminución sobre los costos del 322,6%. Por otro lado, se encuentra *Q* que presenta un nivel de significancia más alto con  $p < 0,001$  y las cuales ante un incremento de 1.000 unidades generan un incremento en los costos de 3,07% y 0,88% respectivamente. Posteriormente los demás coeficientes no fueron significativos a excepción de *WTI* el cual ante un incremento del 1% en el precio del petróleo genera una disminución de los costos en un 41,2% para la primera estimación, pero carece de sentido económico, dado que la intuición microeconómica expresa que un aumento en el precio de un insumo debería aumentar los costos de producción de las firmas, no obstante, en la segunda estimación, el aumento de *WTI* incrementa los costos 21,7% con un nivel de significancia de  $p < 0,01$ .

Para el *modelo II*, *EF (3)* fue la estimación seleccionada para la investigación con un nivel de confianza del 99%, ya que a pesar de ser *EA (2)* el más apropiado en la prueba Breush-Pagan con significancia de 0,01, sus estimadores resultan ser inconsistentes y para contrastarlo se efectúa el Test de Hausman donde la diferencia entre los coeficientes es significativa (ver Anexo D) y por tanto al rechazar la hipótesis nula, deja en evidencia que *EF (3)* es consistente y el más conveniente (Pajón Scocco, 2018).

Al usar el modelo de *EF (3)* que tiene en cuenta la especificidad de cada una de las empresas, se obtienen resultados bastante interesantes además de ser los esperados, pues de las cinco variables de control, cuatro de ellas son significativas. En primer lugar, se evidencia que aglomerarse en zonas francas de Colombia para las empresas productoras de plásticos en sus formas primarias disminuye los costos en un 362,5%, es decir, tiene un impacto bastante fuerte y significativo al 5%. Es importante tener presente que en este modelo se incorpora con mayor precisión el número exacto de concentración en zonas francas a través del *IA*, y gracias a esto se puede observar como el impacto en los costos es mucho mayor por la especificidad del territorio en el modelo, a diferencia de trabajos como Bernal (2021) o Da Silva Catela et al. (2010) que

toman la aglomeración de firmas por municipios. El gran impacto que se produce en las firmas de plásticos, se explica por medio de las ventajas que se derivan de la aglomeración, pues siguiendo a Marshall (1920), la concentración y proximidad geográfica de productores dentro de un territorio, en este caso zonas francas, permite que las empresas locales sean más especializadas, se beneficien de mercados con trabajadores más cualificados, posibilite la adquisición de destrezas y promueva la innovación tecnológica o difusión de conocimiento, que no solo implica una reducción de costos para las firmas sino también la eficiencia de la industria.

En cuanto al principal insumo de producción de esta industria de plásticos, es decir, el petróleo, la variación de su precio depende de “la demanda ya que una mayor necesidad de este recurso, puede superar la oferta y entonces hacer que la materia se encarezca” (Martín, 2017), de manera que cuando aumenta el *WTI* un 1%, el impacto es directo y aumenta los costos significativamente en 24,1% , de forma similar sucede con el *ITCR* puesto que al incrementar los precios de otros insumos o transacciones con el exterior debido a un cambio relativo en el valor de las divisas, los costos aumentará en 23%. En segundo lugar, y no menos importante, el salario real genera un impacto del 72,3% en los costos sin ser de manera significativa, ya que es la remuneración entregada por las empresas a su capital humano por el aporte en el proceso de producción de plásticos, esto sumado a que la aglomeración de este sector, provee mano de obra calificada y especializada, de manera que cuando una empresa pasa por un riesgo económico, otra que cuente con las condiciones necesarias podrá aprovechar estos trabajadores de forma casi inmediata, como afirma Krugman (1991). Además, mediante la aglomeración de firmas del sector plásticos, las empresas obtienen beneficios al permitir que en los territorios se concentre el mercado laboral, se genere riqueza y con ello el consumo de los hogares, haciendo que se facilite el flujo de ideas y la interacción entre individuos de este o diferente sector (Marshall, 1920).

Cabe mencionar que, aunque el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para el presente modelo indique que las variables de control explican en una tercera parte los costos, es atractivo, puesto que resalta que incluso con datos ruidosos y de alta variabilidad, estos pueden tener una tendencia significativa en el impacto sobre los costos de las firmas productoras de plásticos primarios. Es decir, en primera instancia el modelo señala que el hecho de ubicarse en zonas francas implica de entrada una reducción en los costos por la normatividad especial, pero en ese contexto, cuando las firmas del sector se concentran en dichos territorios, inducen a la presencia de economías externas

para la industria y por tanto, el resultante del modelo se explique en segunda instancia, por las ventajas que implica su aglomeración, como son la concentración del mercado laboral, las relaciones interempresariales de insumo intermedios y el derramamiento de conocimiento, que a modo general, conduce a la eficiencia de la industria y por tanto a obtener aún menores costos para las firmas.

Por consiguiente, al ser *EF* el método más consistente para la investigación tanto en el *modelo I* y *modelo II*, deja en evidencia que, para las 92 empresas existe alguna característica específica (heterogeneidad no observable) en cada una como son los procesos gerenciales, administrativos o financieros, que afecta sus costos. Sin embargo, tienen en común pertenecer a la misma industria y producir un bien homogéneo, de manera que el impacto significativo en los costos radica en parte al ubicarse en zonas francas, pero mayormente, por la aglomeración intraindustrial de firmas productoras de plásticos primarios en dichas zonas del país.

## **9. Conclusiones**

El presente estudio evidenció teórica y empíricamente que la localización y concentración de firmas permite reducir los costos de producción, pues como lo planteó Marshall (1920) los principales beneficios derivados de la localización son traducidos en la posibilidad de especialización de las empresas en el proceso productivo y la reducción de costos de transacción gracias a la proximidad e intensidad de las relaciones entre los agentes, las economías de aprendizaje y la difusión de conocimientos, entre otros. Por lo que las empresas de plásticos primarios ubicadas y aglomeradas dentro de las zonas francas presentan unos costos menores a diferencia de las que producen por fuera de dichos territorios. En relación con lo anterior, los aportes realizados por diferentes autores como Quiroz Porras (2018) y Bernal (2021) dejan en evidencia la presencia de aglomeración intraindustrial y su relación con la reducción en los costos de las firmas. Esto mediante la estimación de la función  $G^*$ -Gettis Ord y la estimación del índice de aglomeración de tipo Herfindahl respectivamente, con el fin de comprobar que a medida que aumenta la aglomeración, sus costes tienden a disminuir y, por lo tanto, las firmas aglomeradas se ven beneficiadas.

En Colombia el sector plástico es uno de los sectores más dinámicos y productivos dentro de la industria manufacturera del país dado que debe responder a un mercado bastante amplio,

razón por la cual la evidencia empírica de este documento utiliza la industria de plásticos primarios como objeto de estudio, sumado al hecho de que los plásticos primarios podrían analizarse como bienes homogéneos ya a que la tecnología utilizada para su producción es similar y sus precios son competitivos. Este estudio utilizó una muestra de 92 empresas productoras de plásticos en sus formas primarias, ubicadas en 11 departamentos del país para el periodo 1995-2019.

Para validar la hipótesis, la estimación más consistente para los *modelos (I, II)* fue *EF* con un intervalo de confianza del 99%. Los resultados de los modelos fueron los esperados puesto que efectivamente se encontró una relación inversa y bastante significativa entre los costos y la aglomeración de las firmas productoras de plásticos primarios al ubicarse específicamente en zonas francas del país. En primer lugar, el *modelo I*, aunque presenta menor información de aglomeración, evidencia que cuando las firmas se ubican en zonas francas reducen sus costos *CT* un 47,8% mientras que para las que no están en zonas francas aumenta en la misma magnitud, aunque para estas últimas producir en cantidad represente una pequeña disminución del *CM* en 0,8%. En segundo lugar, el *modelo II* al incorporar con mayor precisión la aglomeración de firmas a través del *IA*, el coeficiente es más exacto y por tanto el impacto sobre los costos tiene mayor potencia y efectivamente son reducidos de manera significativa. En cuanto corresponde al salario y a los insumos importados afectados por el tipo de cambio, estos aumentan los costos, pero no significativamente, a diferencia del *WTI*, que es el insumo más importante en la industria para la fabricación de dichos plásticos.

En consecuencia, se valida la hipótesis puesto que se evidencia que la aglomeración medida a través de dos modelos, sea cuando las firmas pertenecen a una zona franca o por su nivel preciso de concentración, genera un impacto en los costos y se reducen significativamente, de manera que el aporte de esta investigación no solo evidencia el impacto en los costos sino también los cuantifica tanto al localizarse como al aglomerarse en zonas francas para el sector plásticos primarios.

La presente investigación puede utilizarse como marco de referencia para estudios posteriores y similares en otros sectores de la economía, con el fin de corroborar si efectivamente este es un comportamiento general de las empresas que se encuentran en zonas francas o es un comportamiento sectorizado. En efecto, lo evidenciado en este estudio permite recomendar que los gobiernos deberían enfocarse en formular políticas que promuevan la generación de territorios

con las condiciones necesarias para que las empresas se encuentren motivadas a aglomerarse y así la economía en su totalidad se vea beneficiada puesto que no solo los productores se benefician de unos menores costes de producción, sino que esto a su vez podría verse traducido en menores precios a los consumidores.

## Referencias

- Asociación Colombiana de Plásticos. (2020). *Plásticos en Colombia (2019-2020)*. <https://www.acoplasticos.org/AFshjuraaF47lfjbOSTNKYs4831gepsfiq57DRCFws38164LXIEMFhqner/sGcWB9lkZ/PeC2020/>
- Banco de la República [Banrep]. (s.f.). *Índice de la tasa de cambio real (ITCR)*. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-tasa-cambio-real-itcr>
- Baronio, A. y Viano, A. (2014). Datos de panel guía para el uso Eviews. *Universidad Nacional de Río Cuarto*. <http://www.econometricos.com.ar/wp-content/uploads/2012/11/datos-de-panel.pdf>
- Bernal, H. (2021). *Intra-industry agglomeration and its external economies of scale model: empirical evidence from Colombia*. (En proceso de publicación).
- Burki, A. y Mushtaq, K. (2013). Agglomeration Economies and their Effects on Technical Inefficiency of Manufacturing Firms. *International Growth Center*. [https://www.enterprise-development.org/wp-content/uploads/AgglomerationEconomiesEvidencePakistan\\_IGCMarch2013.pdf](https://www.enterprise-development.org/wp-content/uploads/AgglomerationEconomiesEvidencePakistan_IGCMarch2013.pdf)
- Camagni, R. (2005). El principio de aglomeración (o de la sinergia), *Economía Urbana* (pp.21-50). Antoni Bosh Editor.
- Cámara de Comercio de Bogotá [CCB]. (2019). *Guía práctica Zonas Francas*. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14387/Gu%c3%ada%20pr%c3%a1ctica%20Zonas%20Francas%20%28002%29.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Carter Hill, R., Griffiths, W. E., & Lim, G. C. (2011). *Principles of Econometrics* (4th ed.). Wiley.

- Colombia Productiva. (2018). *Evaluación de desempeño y capacidades del sector plásticos para el periodo 200-2017*. <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/publicaciones/sectoriales/publicaciones-plasticos-y-pinturas/plan-de-negocio-industria-de-plasticos-2019-2032/evaluacion-de-desempeno-y-capacidades-del-sector-p>
- Da Silva Catela, E. Y., Gonçalves, F. y Porcille, G. (2010). Municipios brasileños: economías de aglomeración y niveles de desarrollo en 1997 y 2007. *Revista CEPAL* (101), 145-161. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/11411?locale-attribute=es>
- De la Fuente Fernández, S. (s.f.). Números índices. *Universidad autonoma de Madrid*. <https://www.estadistica.net/PAU2/numeros-indices.pdf>
- Ellison, G., Glaeser, E. L., & Kerr, W. (2007). What Causes Industry Agglomeration? Evidence from Coagglomeration Patterns. *Harvard Institute of Economic Research Discussion Paper No. 2133*. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=980966](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=980966)
- Gaitán Álvarez, J. (2013). Incidencia de las economías de aglomeración en los sectores reales localizados en el área urbana de Bogotá. *Ensayos sobre Política Económica*, 31(70), 158-214. <https://www.banrep.gov.co/es/espe70-4>
- JMP. (s.f.). *Correlación vs. Causalidad*. [https://www.jmp.com/es\\_co/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-vs-causation.html#:~:text=La%20correlaci%C3%B3n%20examina%20la%20relaci%C3%B3n,la%20causa%20de%20la%20otra.&text=Puede%20ser%20el%20resultado%20del,%20hay%20una%20relaci%C3%B3n%20subyacente](https://www.jmp.com/es_co/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-vs-causation.html#:~:text=La%20correlaci%C3%B3n%20examina%20la%20relaci%C3%B3n,la%20causa%20de%20la%20otra.&text=Puede%20ser%20el%20resultado%20del,%20hay%20una%20relaci%C3%B3n%20subyacente).
- Krugman, P. (1991). "Increasing Returns and Economic Geography". *Journal of Political Economy*, 99 (3), 483-499. [https://pr.princeton.edu/pictures/g-k/krugman/krugman-increasing\\_returns\\_1991.pdf](https://pr.princeton.edu/pictures/g-k/krugman/krugman-increasing_returns_1991.pdf)
- Mankiw, N. G. (2017). *Principios de Economía* (M. Carril Villareal, Trad., 7.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning. (Trabajo original publicado en 2015).

- Manrique, O. L. (2006). Fuentes de las economías de aglomeración: una revisión bibliográfica. *Cuadernos de Economía*, 25(45), 53-73.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/ceco/v25n45/v25n45a03.pdf>
- Martín, L. (2017). *¿Por qué sube o baja el precio del petróleo?*. BBVA.  
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/sube-baja-precio-petroleo/>
- Marshall, A. (1920). *Principles of Economics* (8th ed.). Palgrave Macmillan.  
<http://www.library.fa.ru/files/marshall-principles.pdf>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo [MINCIT]. (2017). Régimen de Zonas Francas [Diapositiva de PowerPoint].  
<https://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=42cbdea9-d4ea-4ec6-90ed-e7f02d622b03>
- Nicholson, W. (2008). *Teoría microeconómica: Principios básicos y ampliaciones* (E. Rabasco y L. Toharia, Trad., 9.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning. (Trabajo original publicado en 2005).
- Pajón Scocco, J. I. (2018). Evaluación de la competencia del sistema bancario argentino periodo 2006-2016 mediante un modelo de Panzar-Rosse [Diapositiva de PowerPoint]. Universidad Nacional de Córdoba.  
[https://www.eco.unc.edu.ar/files/iestadistica/Presentacin\\_Peretto\\_18.pdf](https://www.eco.unc.edu.ar/files/iestadistica/Presentacin_Peretto_18.pdf)
- Pindyck, R. S. y Rubinfeld, D. L. (2009). *Principios de Economía* (E. Robasco y L. Toharia, Trad., 7.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación S.A. (Trabajo original publicado en 2009).
- Procolombia. (2020, 28 de mayo). *El sector plástico en Colombia se reinventa*.  
<https://procolombia.co/noticias/covid-19/el-sector-plastico-en-colombia-se-reinventa>
- Quiroz Porras, O. J. (2018). Aglomeración empresarial y eficiencia técnica: un enfoque de frontera estocástica en la producción para Bogotá D.C. *Documentos CEDE*, (13).  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/6417/dcede2018-13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Romo Bastidas, B. (2016). *Modelo de datos de panel para el análisis del efecto de variables macroeconómicas en los procedimientos concursales de empresas españolas* [Trabajo fin de máster, Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE]. Archivo digital. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/15406/TFM000448.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sancho, A. y Serrano, G. (2005). *Econometría de Económicas*. Universidad de Valencia. <https://www.uv.es/~sancho/panel>
- Sistema Integral de Información de Comercio Exterior [SICEX]. (2019, 15 de octubre). *La industria del plástico representa un mercado muy productivo en Colombia*. <https://sicex.com/blog/la-industria-del-plastico-representa-un-mercado-muy-productivo-en-colombia/>
- Smith, A. (1776). *La riqueza de las naciones* (C. Rodríguez, Trad.). Titivillus. (Trabajo original publicado en 1776).
- Viladecans Marsal, E. (1999). *El papel de las economías de aglomeración en la localización de las actividades industriales. Un análisis del caso español*. [Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona]. Archivo digital. [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1467/01.EVM\\_1de3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1467/01.EVM_1de3.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Weber, A. (1909), *Alfred Weber's Theory of location of industries* (Ed. Friedrich, C. J.). <http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/Libro%20de%20Weber.pdf>
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno* (M. E. Hano Roa y E. J. Hernan D´Borneville, Trad., 4.ª ed.). Cengage Learning. (Trabajo original publicado en 2009).

## Anexos

### Anexo A Emparejamiento anual CIU y C.P.C.

		PRODUCTOS ESPECÍFICOS		
		CIU REV 2	C.P.C. VERSIÓN 1.0	C.P.C. VERSIÓN 2.0
SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES	CIU 3: D2413	1995-1996-1997-1998-1999	2000-2001-2002-2003-2004-2005-2006-2007-2008-2009-2010-2011-2012	2013
	CIU 4: C2013			2014-2015-2016-2017-2018-2019

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo B Demostración matemática del efecto de la variable Interacción en el modelo I

*Modelo I:* Dentro de una zona franca

$$CTR = \beta_0 + \beta_1 ZF + \beta_2 \text{Interacción} + \beta_3 Q$$

$$\text{Interacción} = ZF * Q$$

$$CTR = \beta_0 + (\beta_1 * 1) + (\beta_2 * 1 * Q) + \beta_3 Q$$

$$CTR = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 * Q + \beta_3 * Q$$

$$CTR = \beta_0 + \beta_1 + Q(\beta_2 + \beta_3)$$

*Modelo I:* Fuera de una zona franca

$$CTR = \beta_0 + \beta_1 ZF + \beta_2 \text{Interacción} + \beta_3 Q$$

$$\text{Interacción} = ZF * Q$$

$$CTR = \beta_0 + (\beta_1 * 0) + (\beta_2 * 0 * Q) + \beta_3 Q$$

$$CTR = \beta_0 + \beta_3 Q$$

**Anexo C** *Test de Hausman Modelo I*

<b>Hausman (1978) specification test</b>	
	Coef.
Chi-square test value	54,136
P-value	0

*Test: Ho: difference in coefficients not systematic*

**Anexo D** *Test de Hausman Modelo II*

<b>Hausman (1978) specification test</b>	
	Coef.
Chi-square test value	53.458
P-value	0

*Test: Ho: difference in coefficients not systematic*