

Externalidades en la producción de la industria aeroespacial en México

Externalities in the production of the aerospace industry in Mexico

Jesús Castillo Rodríguez

Normand Eduardo Asuad Sanén

Correspondencia:
cast86@prodigy.net.mx
Universidad Nacional Autónoma
de México –
Estudiante de posdoctorado en la
UNAM

jetta2001vr6_3@hotmail.com
Universidad Nacional Autónoma
de México –
Profesor investigador del
Departamento de Economía

Fecha de recepción:
31-mayo-2023

Fecha de aceptación:
08-mayo-2024

Resumen

Este artículo presenta un estudio empírico sobre la presencia de externalidades en la producción de la industria aeroespacial, derivado de la aglomeración de la industria dedicada al equipo de transporte, donde habrá una tendencia de localización por parte de la industria aeroespacial en aquellas zonas que presenten beneficios (externalidades) generados por el conjunto de la industria del transporte. El objetivo de esta investigación es analizar la injerencia que tienen las externalidades generadas por la industria del transporte sobre el desarrollo de la industria aeroespacial. Se aplica un modelo econométrico multivariado en donde se consideran variables como la fabricación de automóviles, embarcaciones, equipo ferroviario, etcétera. Los resultados dan evidencia sobre la presencia de externalidades positivas que influyen sobre la localización y la producción de la industria aeroespacial en México.

Palabras clave: industria aeroespacial, equipo de transporte, aglomeraciones tecnológicas, externalidades.

Abstract

This article presents an empirical study on the presence of externalities in the production of the aerospace industry, derived from the agglomeration of the industry dedicated to transportation equipment, where there will be a tendency for the aerospace industry to locate in those areas that present benefits. derived from the externalities generated by the transport industry as a whole; That said, the objective of this research is to analyze the interference that externalities have by the transport industry on the development of the aerospace industry. A multivariate econometric model is applied where variables such as the manufacture of automobiles, boats, railway equipment, etc. are considered. The results provide evidence on the presence of positive externalities that influence the location and production of the aerospace industry in Mexico.

Key words: aerospace industry, transportation equipment, technological agglomerations, externalities.

Introducción

Este trabajo surge por la necesidad de no haber estudios que aborden las externalidades que genera la industria del transporte sobre la industria aeroespacial en México, donde el problema de investigación radica en comprender de qué forma se vinculan las externalidades que genera la industria del transporte en el desarrollo de la industria aeroespacial en México y, por ende, en el crecimiento de su producción; respondiendo a la pregunta de investigación: ¿existe alguna ventaja en tener una industria automotriz y del transporte consolidada, sobre la producción de equipo aeroespacial en México?

La hipótesis sostiene que la localización y aglomeración de la industria dedicada a la fabricación de equipo de transporte tiende a desarrollar factores facilitadores para el crecimiento de la misma industria, por lo que una industria de embarcaciones, ferrocarriles y automóviles desarrolladas, propiciarán externalidades positivas que benefician a la industria aeroespacial. El objetivo reside en analizar las consecuencias que tienen externalidades que generan la industria del transporte sobre el crecimiento de la industria aeroespacial; con la limitante de que, al ser datos agregados, se imposibilita hacer una segregación por estado y municipio.

La industria aeroespacial, por su tipo de producción, se desfragmenta en dos subconjuntos: la industria espacial, relacionada a la inversión de equipos concebidos para uso fuera de la atmósfera; y la industria aeronáutica, dedicada a la manufactura de aeronaves que no vuelan más allá del espacio. La industria aeronáutica muestra subdivisiones simultáneas por su destino de uso, en la aviación civil o aviación militar. En el ámbito mundial: el 58% de la producción está concentrada en la aviación comercial, 9% en la aviación general, 16% en aviación militar, 10% helicópteros y 7% aviones regionales (Vargas y Vargas, 2014).

La industria aeroespacial se considera una industria globalizada y localizada, consecuencia de la internacionalización y la expansión del comercio mundial. Esta globalización ha llevado a las empresas de los países desarrollados a llevar su inversión hacia los países en vías de desarrollo, este es un fenómeno que se ha experimentado en la industria manufacturera de México y específicamente en la industria aeroespacial (Martínez et al., 2012); esta implica una actividad manufacturera intensiva en conocimiento, con aplicaciones tanto civiles como militares, que va desde la producción de aviones, misiles, helicópteros, hasta cohetes y satélites (Longhi, 2005).

La industria aeroespacial denota algunas características particulares, ya que está compuesta por grandes compañías, donde la tecnología (fundamental para su desarrollo) y el Estado juegan un papel decisivo para su crecimiento (Gormand, 1993); así lo demuestran el caso europeo con Airbus y Boeing la empresa de Estados Unidos. Entonces, el Estado genera las bases para que una empresa se establezca o no en una región, y que cuando varias empresas de la misma índole se establecen en una locación, es considerada como una aglomeración industrial.

Marshall (1949) fue el primero en identificar las aglomeraciones industriales definiéndolas como distritos industriales. Adicional al proceso de aglomeración, existe un concepto más especializado referente a la aglomeración tecnológica descrito por Robinson y Mangematin (2007), el cual se refiere a la colocación de instalaciones científicas y tecnológicas en estrecha proximidad orientadas y coordinadas hacia el desarrollo de la tecnología.

El proceso de instalación de la industria manufacturera muestra la importancia de su trayectoria económica, política y la movilidad de los factores productivos en la configuración de las aglomeraciones tecnológicas (Luna-Ochoa et al., 2016). Ahora bien, las aglomeraciones generan ciertas ventajas entre las que destacan: difusión de las tecnologías, acceso a mano de obra calificada gracias a la agrupación del mercado laboral, el fortalecimiento de las relaciones cliente-proveedor mediante el intercambio de insumos y la propagación del conocimiento, así como las ideas más fácilmente entre empresas ubicadas en la cercanía (Monseny et al., 2010).

La presencia de un mercado laboral especializado genera ventajas en la reducción de costos para las empresas, que también se denominan externalidades. Las decisiones de localización de las empresas suelen afectar a otras empresas directamente en sus procesos productivos, con efectos tanto positivos como negativos, en proporciones mayoritarias o minúsculas, a estos efectos se le conoce como externalidades; por ello, las externalidades son todos aquellos fenómenos resultantes de la acumulación histórica de ideas, conocimientos y experiencias, a partir de la interacción de los agentes en el espacio (Krugman y Venables, 1995; Sexenian, 1996; Rabelloti y Scmitz, 1999).

La existencia de externalidades puede verse reflejada de muchas maneras, por ejemplo, el capital humano, específicamente en la mano de obra calificada, por lo que es importante recalcar que este conocimiento se materialice en un aumento del aprendizaje y

consecuentemente en un aumento de la producción (Pérez-Oviedo, 2015). La concentración industrial ha sido tema de estudio desde la perspectiva de los factores que motivan los conglomerados industriales, como lo analizaron Weber (1929), Marshall (1949) y Porter (1998), hasta las aportaciones más recientes que ha formulado Krugman (2006) desde el enfoque de la nueva geografía económica.

Desde otra perspectiva, los efectos de las externalidades pueden ser considerados como derrames en tecnología, suponiendo que el beneficio de una empresa puede generarse desde los esfuerzos tecnológicos de otras empresas, en un radio periférico cercano, generando así una externalidad positiva (Wolff y Nadiri 1993).

Entonces, un aumento en la concentración de las empresas en zonas específicas puede denotar la existencia de externalidades, ya que una industria boyante generara un imán de atracción de trabajo y mano de obra de otras regiones colindantes, promoviendo crecimiento en estas locaciones geográficas, como el caso de Silicon Valley en California, donde se demuestra cómo la concentración de las empresas en una región específica promueve el crecimiento y desarrollo de la industria de chips y semiconductores (Castells et al., 1994).

Este trabajo contribuye al debate sobre el vínculo entre las externalidades y sus afectaciones positivas en la estructura productiva de la industria aeroespacial de México, esbozando el problema de investigación desde una perspectiva empírica. Este artículo tiene la siguiente estructura: en la primera sección se abordan las teorías relevantes sobre las externalidades y economías de localización. En la segunda parte se ofrece una visión panorámica de entorno relativo a las externalidades derivadas de la industrialización. En la tercera parte se ubica la metodología para medir el impacto de las externalidades estudiadas, mediante regresiones econométricas para trata de esclarecer la dirección de la causalidad entre las variables (producción de automóviles, embarcaciones, ferrocarriles, vehículos automotores, remolques, y otro tipo de transportes), dentro de un solo modelo multivariado, y cuyo análisis de resultados se presentan en la penúltima parte. Al final, se presenta la discusión y conclusiones.

Externalidad y economías de localización

De acuerdo con Morrison y Siegel (1999), las externalidades generadas por la aglomeración económica son de suma importancia para explicar la productividad, el comercio, el

crecimiento económico regional, así como la teoría de la localización. Las externalidades son consecuencia de una creciente exposición del comercio internacional y sus implicaciones, como el acceso a insumos baratos y bienes de capital son menos costosos. La proximidad geográfica y la reducción de las distancias han tenido un impacto positivo para que las empresas desarrollen una organización e integración de industrias complementarias, aprovechando simultáneamente las diferentes ventajas por especialización que ofrecen los centros industriales, por su dotación de recursos y una localización privilegiada que comunica las principales ciudades y regiones del país, lo que reduce los tiempos y costos de trasportación (Contreras et al., 2004).

La teoría económica clásica de la localización de las empresas en una región se centra en función de las razones de minimización de los costos de transporte. Weber (1929) determinó que cuando el producto aumenta de peso en el proceso de fabricación, es más ventajoso transportar materias primas a la industria que transportar el producto acabado al mercado, por lo que las compañías tenderán a localizarse en una zona densamente industrializada, determinando así la ubicación de la actividad económica.

La literatura económica ha enfatizado en el concepto de economías de localización para explicar el hecho de que las empresas tienden a concentrarse en determinados sitios, generando con ello un contexto favorable para la actividad industrial. Entendido esto se habla de la existencia de dos enfoques divergentes en torno al problema del origen de las externalidades para las empresas en una localidad determinada; cuando las externalidades se derivan de la concentración de empresas dentro de la misma industria, se habla de economías de localización; en cambio, cuando se considera que las externalidades surgen de la diversidad general y de la escala del medio industrial local, se habla de economías externas.

Las economías de localización hacen referencia a los beneficios que las empresas obtienen del hecho de pertenecer a la misma industria dentro de una macrorregión, ya que su concentración genera mercados de trabajo integrados con una fuerza laboral especializada, la disponibilidad de servicios e inputs específicos de la industria, así como diversos efectos del desbordamiento a nivel tecnológico. Esta concepción predice la formación de espacios industriales altamente especializados, en los que son aprovechadas más eficientemente las externalidades, dando lugar a un proceso de crecimiento clave para incrementar la productividad.

La asignación científicamente fundamentada de un sistema de macrorregiones requiere no solo considerar los principios básicos de la localización económica, sino que, en primer lugar, es necesario identificar áreas prometedoras de cooperación interregional, es decir, aquellas regiones que tienen una ventaja comparativa en relación a otra región y cuyo desarrollo permitirá obtener externalidades positivas de los efectos externos tanto en la industria directamente desarrollada como en las industrias caracterizadas por la presencia de diversidad relacionada (Dubrovskaya et al., 2023).

Los efectos de las externalidades surgen como resultado de la concentración de la actividad empresarial y la rápida difusión del conocimiento dentro de una misma industria. La proximidad entre diferentes entidades les permite crear, adquirir, acumular y utilizar conocimientos mucho más rápido que las empresas fuera del área de concentración inmediata. Otro efecto de las externalidades incluye los efectos de derrame sobre el crecimiento urbano y regional, contribuyendo al desarrollo de nuevo conocimiento, requerido en cualquier actividad de innovación (Balland et al., 2018).

Las externalidades y las aglomeraciones tecnológicas

Es importante entender los factores que influyen en la localización de la industria de alta tecnología, ya que esta industria es altamente propensa a cambios en la competitividad de las regiones, pues con facilidad pueden relocalizarse a regiones con mejores perspectivas de crecimiento y desarrollo (Galbraith et al., 1990). Las externalidades tecnológicas se forman a partir de un proceso circular derivado de una red de innovación entre la aglutinación de empresas similares, consecuentemente generando así una derrama tecnología localizada (Pérez et al., 2014). Por lo tanto, las externalidades tecnológicas se asocian a la aglomeración, incidiendo positivamente en el crecimiento de la productividad (Contreras et al., 2004).

Marshall (1949) define a las aglomeraciones industriales como un conjunto de actividades productivas en una localización determinada sujetas a importantes interrelaciones de producción y comercialización, llamados distritos industriales; la importancia radica en las relaciones y complementariedades entre las diferentes empresas, donde las interrelaciones tanto materiales como de intangibles lo son todo. La aportación del modelo de los distritos industriales supuso una gran contribución a las teorías espaciales y, más concretamente, a las relativas a la localización de la actividad industrial.

En palabras de Porter (1998), toda actividad industrial utiliza insumos adquiridos, recursos humanos y alguna clase de tecnología para cumplir su función de producción. Siguiendo esta premisa, Boix y Galleto (2009) atribuyen precisamente a los altos niveles de educación en el capital humano y a las inversiones en investigación y desarrollo (I + D), como impulsoras de la innovación tecnológica, factores que sirven como catalizadores de las aglomeraciones tecnológicas.

Externalidades y geografía económica

La importancia de la industria manufacturera radica en los beneficios que surgen cuando se concentra geográficamente. La teoría de la localización y la nueva geografía económica, contribuyen de manera importante en el entendimiento de las razones que llevan a la industria a aglutinarse. Conforme sucedan cambios en la concentración de la industria manufacturera, y que estas modificaciones se tengan en una industria de alta tecnología más concentrada, se cuestionará qué factores han provocado una mayor aglomeración de la industria aeroespacial en México (Pérez et al., 2014).

Tanto en economía regional y geografía económica, se debe tener clara la alta elasticidad de la oferta de los factores de producción hacia regiones geográficas especiales, y que estos factores son movibles de una región a otra. Así, cualquier tipo de modelo empleado en geografía económica debe tomar en cuenta los dos tipos de fuerzas antagonistas que atraen o repelen este movimiento de factores: las fuerzas centrípetas y las fuerzas centrífugas (Krugman, 1995).

La maquiladora mexicana ha dejado de ser el ensamble manual básico que era de origen, pero aún no alcanza un desarrollo tal que haga producir mercancías con un alto grado tecnológico. La atracción de las industrias insta en localizarse en las zonas centro y norte del país, aprovechando las externalidades de la especialización sectorial desarrollada durante varios años, está cediendo terreno a los nuevos factores de localización que postula la economía global (Rubin y Chico, 2004). La industria de alta tecnología localizada en la frontera norte es maquiladora de exportación, la evidencia muestra que esta industria ha evolucionado, pasando de un modelo de ensamble con un bajo factor de mano de obra calificada, a un modelo con procesos de producción especializados en intensivos de mano de obra calificada (Pérez et al., 2014).

Por lo tanto, la industria aeroespacial presenta una tendencia creciente a nivel global, con efectos positivos en el crecimiento de las maquiladoras dedicadas a este sector, debido a las externalidades positivas de esta industria. Aunque la participación de las cadenas globales de producción deja una de derrama económica importante, la creación de valor aún es débil, ya que las actividades realizadas son generalmente de baja especialización (Solleiro et al., 2020).

La identificación de las regiones como centros de competitividad industrial han motivado a precisar los sistemas regionales de producción e innovación que surgen entorno a los recursos, ya sea humanos o tecnológicos. Han situado a los estados a agruparse para sacar lo mejor de sus capacidades productivas e integrar regiones afines como núcleo geográfico, a partir de las principales redes industriales de cada locación geográfica. La tendencia a desarrollar enlaces regionales se está convirtiendo en una tendencia para la especialización, en donde los casos de éxito dependen de la existencia previa de capacidades industriales concretas y su convergencia con su actividad productiva (Rubin y Chico, 2004).

En el modelo de la nueva geografía económica se denota la importancia de las economías externas para mejorar la producción industrial, lo que provoca que las empresas puedan beneficiarse al tener un mercado especializado que les permite mejorar el acceso a los productos de otras empresas (Pérez et al., 2014). El argumento de fondo es que la integración de la industria manufacturera en diferentes regiones surge de las condiciones iniciales de oferta y demanda, así como de las condiciones favorables iniciales de sus dotaciones, o por las que se crean derivadas del aprendizaje que se toma de la experiencia (Rubín y Chico, 2004).

Este nuevo patrón permite la existencia de una nueva relación entre las diferentes regiones de un país con el mercado mundial, debido a que la dinámica puede estar establecida por la relación directa de una región con algún sector globalmente ya integrado y no por el grado de integración dentro del país. En este contexto, la maquila y la subcontratación se intensificó en los países en desarrollo y se crearon auténticos enclaves productivos rodeados de pequeñas unidades productivas con tecnologías no tan desarrolladas y basadas en el uso intensivo de mano de obra (Germán, 2002).

Metodología para medir el impacto de las externalidades

La metodología plantea usar regresiones econométricas para determinar de qué forma la existencia de plantas productiva de otras industrias referentes a equipo de transporte, tienen injerencia de forma positiva o negativa en la producción de la industria aeroespacial. Con datos de una muestra censal que van del año 2013 al 2021, proporcionada por el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), en su Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM), SCIAN (Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte), se estima un modelo econométrico multivariado con variables como la fabricación de automóviles, embarcaciones, equipo ferroviario, equipo para vehículos automotores, entre otros. Los estudios empíricos en economía suelen ser realizados mediante el uso de técnicas econométricas, estas se componen de diversos elementos entre los que destacan la economía matemática, la probabilidad y la estadística, así como el análisis de bases de datos económicas, para estudiar y cuantificar mediante datos reales los fenómenos económicos.

Ahora bien, el modelo de Meade (1952) considera a dos industrias, las cuales pueden o no producir de manera idéntica el mismo producto, pero que en realidad constituyen una sola industria. Supone que dentro de cada industria hay una gran cantidad de empresas competidoras independientes, de modo que cada empresario escoge individualmente la cantidad producida, el precio del producto y la cantidad de los factores a emplear. Cada empresario contrata cada factor hasta el punto en que el producto adicional del factor multiplicado por su precio sea igual al precio del factor; además, habrá rendimientos constantes a escala. Es decir, si cada factor en cualquiera de las dos industrias se incrementara en un 10%, incluido el número de empresarios, el producto también se incrementaría en un 10%.

En la siguiente ecuación se pueden entender el término Y_1 para los productos de la industria 1 y Y_2 para los productos de la industria 2. Hay dos factores: l (trabajo) y c (capital), empleados en ambas industrias, de modo que l_1 (el trabajo de la industria 1), sumado a l_2 (el trabajo de la industria 2) será igual al trabajo total (l), así con el capital $c_1 + c_2 = c$. Así, y_1p , l_1p , c_1p serán el precio de mercado de los factores; y $Y_1 = y_1p$, $L = l_1 l_1p$, $C = c_1p$, para el total del valor de la producción de X_1 o para el total del ingreso ganado por l_1 . Finalmente, L_1 y C_1 son los montos que tendrían que pagar los factores si recibieran el valor de sus productos sociales netos marginales. En este modelo, el capital es siempre el factor de contratación, y su

recompensa, por lo tanto, siempre igual en cada industria a la producción total de esa industria menos los salarios: pagados al trabajo en esa industria, de modo que $Y_1 = L_1 + C_1$ y $Y_2 = L_2 + C_2$; y para un caso indeterminado de empresas $Y_n = L_n + C_n$.

Los resultados obtenidos por Meade (1952) indican que hay dos tipos de externalidades las de una atmósfera de un tanto natural y la otra como factores de producción no remunerados. Entre sus ejemplos destaca: que la lluvia es una atmósfera para el cultivo de trigo; y la apicultura es un factor de producción no remunerado para la producción de manzanos. Ahora bien, se debe recurrir a economías de aglomeración que propicien externalidades positivas para las actividades referentes a un grupo de productores y que estos a su vez generen una atmósfera favorable. En este estudio se pone de manifiesto que solo existirán externalidades positivas si y solo si se cumple la siguiente condición:

$$(1) X_1 = F_1(l_1, c_1, l_2, c_2, x_2)$$

$$(2) X_2 = F_2(l_2, c_2, l_1, c_1, x_1)$$

Donde:

F_1 y F_2 no tienen que ser necesariamente homogéneos de primer grado.

La escala de operaciones de una industria es importante debido a la atmósfera que crea para la otra industria. Siguiendo con Meade (1952), Boix y Trullén (2004) retoma su investigación respecto a las aglomeraciones, denotando que se da una economía de aglomeración cuando el *output* (Y_k) de una empresa depende del número de empresas k y de sus factores de producción (l_k, c_k, \dots) utilizados por la empresa, por lo que surge la siguiente ecuación:

$$(3) Y_k = F(l_1, c_1, l_2, c_2, l_3, c_3, \dots, l_n, c_n)$$

Dado que ya se cuenta con el valor de la producción y no concierne la cantidad en el grado de factores, se utilizaron para la producción, puesto que este valor ya se tiene, se da por hecho que:

$$(4) L_1 + C_1 = Y_1$$

$$(5) L_2 + C_2 = Y_2$$

.....

$$(6) L_n + C_n = Y_n$$

Por lo que se tiene la siguiente ecuación final:

$$(7) Y_k = F(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$$

Esta última ecuación comulga con la teoría desarrollada por Mishan (1971), la principal consideración de la nota indica un efecto externo donde el valor de la producción depende directamente de la actividad de las demás industrias. La función denota que este efecto externo es una característica que influye sobre la producción de las unidades productivas, en cuyo caso las X_s son las cantidades de salida de cada industria, donde las cantidades producidas de la industria X_1 se verán influenciadas por la de la industria X_2 , representado así la externalidad de una industria sobre otra:

$$(9) F_1(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

En consecuencia, la metodología plantea usar regresiones econométricas para determinar de qué forma la existencia de plantas productivas de otras industrias, referentes a equipo de transporte, tienen injerencia de forma positiva en la producción de la industria aeroespacial, por lo que el presente modelo pretende introducir como variables independientes: la fabricación de automóviles y camiones, así como de equipo ferroviario, y cómo influyen de manera directa en la producción de equipo manufacturado de la industria aeroespacial, siendo esta la variable dependiente, denotando el siguiente modelo de la forma:

Producción de equipo aeroespacial = f(producción de las empresas dedicadas a la fabricación de equipo de transporte)

$$(10) Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + u_t$$

Donde:

Y_t = Fabricación de equipo aeroespacial, siendo esta la variable a explicar, representando el valor total de la producción y manufactura de los productos elaborados referentes al equipo aeroespacial, sector (336) y subsector de actividad (3364), resultados integrados en miles de pesos corrientes.

X_1 = Fabricación de automóviles, camiones y vehículos automotores, siendo esta una variable dependiente, representando el valor de producción de los productos elaborados por sector (336) y subsector de actividad (3361 y 3363), resultados integrados en miles de pesos corrientes.

X_2 = Fabricación de carrocerías y remolques, siendo esta una variable dependiente, representando el valor de producción de los productos elaborados por sector (336) y subsector de actividad (3362), resultados integrados en miles de pesos corrientes.

X_3 = Fabricación de equipo ferroviario, siendo esta una variable dependiente, representando el valor de producción de los productos elaborados por sector (336) y subsector de actividad (3365), resultados integrados en miles de pesos corrientes.

X_4 = Fabricación de embarcaciones, siendo esta una variable dependiente, representando el valor de producción de los productos elaborados por sector (336) y subsector de actividad (3366), resultados integrados en miles de pesos corrientes.

X_5 = Fabricación de otro equipo de transporte, siendo esta una variable dependiente, representando el valor de producción de los productos elaborados por sector (336) y subsector de actividad (3369), resultados integrados en miles de pesos corrientes.

Análisis y resultados

Se corrió una regresión lineal múltiple, en la cual los datos no presentaron problemas de autocorrelación, corrección derivada de la prueba Durbin-Watson que arroja un valor de 2.793; las series se desestacionalizaron con el método de la razón de promedios móviles X12-ARIMA, dado que a priori todas series de tiempo tienen estacionalidad. El procedimiento para neutralizar este tipo de variaciones fue el siguiente:

Para obtener el componente tendencia-ciclo (TC_t), se efectúa un promedio móvil centrado de 12 términos mediante la siguiente fórmula. El objetivo es aislar la tendencia de la serie cronológica, suponiendo que este resultado actúa sostenidamente en una dirección e inducen el crecimiento de la serie:

$$TC_t = \frac{1}{24} * X_{t-6} + \frac{1}{12} \sum_{i=-5}^5 X_{t+i} + \frac{1}{24} X_{t+6}$$

A continuación, para obtener el componente estacional-irregular (SI_t) se dividen los valores de la serie original entre los valores del componente tendencia-ciclo encontrados en el paso anterior:

$$SI_t = \frac{X_t}{TC_t}$$

Posteriormente, para obtener el componente estacional (S_t) se efectúa un promedio móvil de tres términos utilizando los valores de SI_t para cada mes por separado a través de los años:

$$S_t = \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 SI_{t+12*i}$$

El componente irregular (I_t) se obtiene dividiendo los valores de SI_t con respecto a S_t :

$$I_t = \frac{SI_t}{S_t}$$

Finalmente, la serie desestacionalizada se obtiene dividiendo los valores de la serie original entre los valores del componente estacional.

Este proceso básicamente modela series de tiempo por medio de procesos autorregresivos integrados y de medias móviles. Extrapoló un año de datos no ajustados para cada extremo de las series con los modelos ARIMA que mejor se ajusten y proyecten las series originales bajo una operación de previsión. Lo dicho se debe a que las causas que produce la estacionalidad son de origen exógeno y, por lo tanto, influyen en la variable que se estudia. Esto proporciona, para las etapas de la modelación, una identificación de estimación y diagnóstico de los parámetros con máxima verosimilitud (U.S. Census Bureau, 2011).

Por otro lado, los datos no presentaron problemas de raíz unitaria. También se corrigió la heteroscedasticidad (aunque la presencia de esta no tiene implicación en los estimadores, ya que estos siguen siendo insesgados y consistentes), robusteciendo los errores con el método Huber-White. Igualmente, los datos se comportan de forma normal derivado de la curtosis que salió con valor 0.864. Los resultados obtenidos de dicha regresión se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1

Modelo de regresión lineal múltiple para determinar la existencia de externalidades en la producción de la industria aeroespacial

Variable	Coefficiente	Intervalo al 95%
Constante (c)	219,093.5***	282,729 a 155,457
Fabricación de automóviles (X_1)	0.001022***	0.00176 a 0.00027
Fabricación de carrocerías (X_2)	0.162226***	0.24392 a 0.08053
Equipo ferroviario (X_3)	0.114444***	0.14381 a 0.08507
Fabricación de embarcaciones (X_4)	-0.002299	0.04172 a -0.04631
Otro equipo de transporte (X_5)	-0.054957	0.01833 a -0.12824
R_2	0.857781	
R_2 ajustado	0.849967	

Fuente: elaboración propia, en E-views con base en el INEGI (2021).

* Significante al 1%.

** Significante al 5%.

*** Significante al 10%.

El intercepto (el punto de origen), o la constante de la fabricación de equipo aeroespacial, el valor del que parte es de **\$219,093,500** pesos, siendo esta cantidad independiente a las demás variables; es decir, cuando todas las variables valen 0, la fabricación de equipo aeroespacial valdrá **\$219,093,500** pesos. Esto denota que la industria aeroespacial empieza con un hándicap al iniciar su producción, por lo que existe un ambiente favorable para esta industria.

Aquí es importante destacar la interpretando el signo (+), tanto de la fabricación de automóviles, carrocerías y equipo ferroviario, indicando la existencia de un impacto en la producción de forma positiva, por lo que al incrementar la fabricación de automóviles y el equipo ferroviario habrá un incremento en la producción de equipo aeroespacial, verificando así la existencia de externalidades positivas en la producción.

Analizando la variable fabricación de automóviles, camiones y vehículos automotores en términos de análisis económico, se infiere que por cada unidad adicional que se produzca se incrementará en *\$1.022* pesos la fabricación de equipo aeroespacial, manteniendo todo lo demás constante. Simultáneamente, se analizó la variable de equipo ferroviario en términos de análisis económico, por lo que por cada unidad adicional que se produzca se incrementará en

\$162.226 pesos la fabricación de equipo aeroespacial, manteniendo todo lo demás constante. Igualmente, se analiza la variable de fabricación de carrocerías y remolques en términos de análisis económico, infiriendo que por cada unidad adicional que se produzca se incrementará en **\$114,444** pesos la fabricación de equipo aeroespacial, manteniendo constante lo demás.

Dicho lo anterior se reafirma la existencia de externalidades positivas mencionadas, por lo que cualquier aumento en la producción en alguna de estas tres variables, automáticamente, llevará a aumento en la fabricación de equipo aeroespacial, pero que este efecto será mayor al incrementar la producción de equipo férreo, mientras que la producción de automóviles solo influye ligeramente. Esto explica en cierto sentido el caso de éxito de Querétaro como punta de lanza referente a la industria aeroespacial, ya que su apogeo estuvo determinado inicialmente por el establecimiento de las plantas dedicadas a la fabricación de equipo ferroviario principalmente por la constructora nacional de carros de ferrocarril, para que posteriormente se instalara Bombardier en el 2005, y que ahora funge como principal exportador de partes para aeronaves.

De la Tabla 1 es posible observar que el valor de la R-cuadrado = **.887781**, lo que indica la bondad de ajuste del modelo, por lo que en términos generales es posible decir que el modelo es muy bueno. Asimismo, R-cuadrado ajustado = **.849967** por lo que el ajuste de las variables independientes que se utilizan son correctas para predecir la variable dependiente, por lo que el modelo se ajusta en buena medida.

Discusión

En la industria aeroespacial, la acumulación de tecnología y concentración de mano de obra son vitales para el establecimiento de empresas manufactureras de dicha actividad; los resultados de este estudio proporcionan evidencia empírica sobre la presencia de externalidades positivas en la producción, ya que al incrementar la fabricación de automóviles y de equipo ferroviario. Estas dos actividades tendrán injerencia positiva en la fabricación de equipo aeroespacial, incrementando así sus niveles de producción.

Existen elementos fundamentales que unifican y dan cohesión a la industria aeroespacial, para empezar una dependencia de una tecnología compartida, siguiendo reconociendo que en ella participan un número relativamente reducido de empresas capaces tanto de fabricar productos de gran densidad tecnológica como de integrarlos en el sistema

que es una aeronave. La actividad de investigación y desarrollo en México van en rápido aumento gracias a que las leyes sobre propiedad intelectual que han mejorado y protegen actividades de I+D, especialmente en la industria aeronáutica y automotriz. Adicionalmente, el gobierno apoya las inversiones de ciencia y tecnología referidos a la industria aeroespacial (Agtmael, 2007).

Esta investigación comulga con el estudio de Dubrovskaya et al., (2023), quienes manifiestan que al existir una estructura territorial unificada por una misma industria será capaz de desarrollar un espacio común de bienes altamente diversificados, alcanzando una cooperación de productos con alto valor agregado en una industria caracterizadas por la presencia de una producción relacionada, que eventualmente generarán externalidades positivas en cada una de las empresas que participan en la macrorregión. Para los resultados del análisis sobre la industria aeroespacial, y si esta se localiza en una región donde ya existe un desarrollo industrial de un sector relacionado, tendría, junto con la industria del transporte, tendrá un crecimiento mayor de su producción en comparación a que si se localizase en una zona virgen.

Desde el punto de vista de las ventajas que conllevan las externalidades, un sistema industrial bien establecido, refuerza y tiende a maximizar la agrupación de las empresas, no importando su diferencia de tamaño, organización o actividad, siempre y cuando estén relacionadas por algún nexo integrador, por lo que las distintas posiciones y atributos de los elementos jugaran un papel importante para configuran un espacio ideal y formen así un conjunto de localizaciones geográficas llamados aglomeraciones industriales.

Por otro lado, contrario a la investigación de Andreana (2020), las externalidades son una fuerza que distorsionan el mercado generando ineficacia en la competencia, lo que se traduce en un alejamiento de la eficiencia en la producción por parte de la industria; igualmente, amplía las externalidades negativas de la producción de la industria aeroespacial a contaminantes pesados, por lo que, a mayor aglomeración, mares desechos contaminantes. Por lo que es importante considerar tanto externalidades positivas como negativas, como los impactos ambientales, y las diferentes condiciones de la industria, como la posición de poder de mercado de las grandes transnacionales y el apoyo gubernamental asimétrico.

Por su parte, Zervos (2021) denota una investigación más equilibrada, donde expone que las externalidades son detonantes de inversión extranjera directa para la industria aeroespacial, que supone un valor agregado mayor sobre sus actividades industriales y que

deben ser aprovechadas; mientras que el gobierno debe tomar acción para hacer frente a las externalidades negativas, y que este debe intervenir activamente como regulador, a fin de abatir el exceso de contaminación, así como evitar la colusión entre empresas, y sobre todo controlar las tecnologías relevantes sensibles a la seguridad.

Conclusiones

La importancia de las externalidades radica en el patrón de localización industrial, basados en patrones de comportamiento del empleo entre diferentes industrias y en diversos puntos en el tiempo, estableciendo relaciones causales que determinan el esquema de localización industrial, probando que la industria aeroespacial en México se ve beneficiada de este tipo de externalidades, dándole así una alta posibilidad de crecimiento en los procesos de aglomeración y expansión de la producción.

México se está posicionando como un competidor importante a nivel global en la producción de equipo aeroespacial. En los últimos años ha tenido un crecimiento significativo en esta industria, lo que hace que las empresas más importantes de este sector volteen a ver a México para instalarse en el país por su capacidad productiva derivada de una industrialización generalizada del sector de equipo de transporte.

La industria automotriz y de fabricación de equipo ferroviario sirven como catalizadores para la atracción de inversión extranjera referente a la industria aeroespacial, ya que estas dos industrias han generado condiciones adecuadas en infraestructura (caminos, carreteras y puentes) para una fácil transportación de insumos, así como de la logística y comunicación con el resto del mundo (puertos marítimos y aéreos), aunado a un aprendizaje ya preexistente del capital humano derivado de los conocimientos adquiridos de los procesos productivo en la industria automotriz y ferroviaria. Estos factores facilitadores están siendo aprovechados por las empresas dedicadas a la producción de equipo aeroespacial para que este sector incremente su presencia en México y su producción.

Este artículo es una primera aproximación que puede dar pauta a aunar en futuras investigaciones sobre las aglomeraciones espaciales y sus efectos sobre las empresas satélite dedicadas a dar proveeduría de la industria aeroespacial.

Referencias

- Agtmael, V. (2007). *El siglo de los mercados emergentes*. Norma.
- Andreana, M. (2020). *Externalities in the Aviation Industry*. University of Belgrado.
- Balland, P. A., Boschma, R., Crespo, J. y Rigby, D. L. (2018). *Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification*. Regional studies.
- Boix, R. y Galletto, V. (2009). Innovation and industrial districts: a first approach to the measurement and determinants of the I-district effect. *Regional Studies*, 43(9), 1117-1133.
- Boix R. y Trullén, J. (2004). *Redes de ciudades y externalidades*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Castells, M., Hall, P. y Geoffrey, P. (1994). *Technopoles of the World: The Making of Twenty-first-century Industrial Complexes*. Routledge.
- Contreras, J., Ochoa, R. y Vásquez, F. (2004). Desarrollo regional y productividad de la industria colombiana. *Revista de estudios regionales*, (70), 173-201.
- Dubrovskaya, J., Kozonogova, E. y Rusinova, M. (2023). Modeling Spatial Development of the Economy Based on the Concept of Economic Complexity (on the Example of Aerospace Industry). *Mathematics*, 11(3), 773.
- Galbraith, C., De Noble, A. y Estavillo, P. (1990). Location criteria and perceptions of regional business climate: A study of mexican and U. S. small electronics firms. *Journal of Small Business Management*, 28(4), 34-47.
- Germán, S. (2002). América Latina en la globalización industrial. Ponencia presentada durante el *IV Seminario Nacional Territorio-Industria-Tecnología*.
- Gormand, C. (1993). *L'industrie Aéronautique et Spatiale*. L'Harmattan.
- INEGI. (2021). *Banco de Información Económica*. <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/> Consultado el 30/02/2021.
- Krugman, P. (1995). *Desarrollo, geografía y teoría económica*. Antoni Bosch.
- Krugman, P. y Venables, A. (1995). *Globalization and the Inequality of Nations*. National Bureau of Economic Research.

- Longhi, C. (2005). A French revolution: technology management in the aerospace industry. The case of Toulouse. *International Journal of Technology Management*, 29(3-4), 194-215.
- Luna-Ochoa, S. M. A., Robles-Belmont, E. y Suaste-Gomez, E. (2016). A profile of Mexico's technological agglomerations: The case of the aerospace and nanotechnology industry in Queretaro and Monterrey. *Technology in Society*, 46, 120-125.
- Martínez, M., Barajas, R. y Ruiz, W. (2012). Crecimiento del empleo manufacturero y externalidades: México y Marruecos en las regiones fronterizas. *Análisis Económico*, 27(65).
- Marshall, A. (1949). *Obras Escogida*. Fondo de Cultura Económica.
- Meade, J. (1952). External economies and diseconomies in a competitive situation. *Economic Journal*, (62), 54-67.
- Mishan, J. (1971). The postwar literature on externalities: an interpretative essay. *Journal of Economic Literature*, 9(1), 1-28.
- Monseny, J. J., López, R. M. y Marsal, E. V. (2010). The mechanisms of agglomeration: Evidence from the effect of inter-industry relations on the location of new firms. *Documents de treball IEB*, (49), 1-39.
- Morrison, C. y Siegel, D. (1999). Scale economies and industry agglomeration externalities: a dynamic cost function approach. *The American Economic Review*, 1(89), 272-290.
- Pérez, A., Ceballos, I. y Cogco, R. (2014). Los factores que explican la mayor aglomeración de la industria de alta tecnología en la frontera norte de México: el caso de Matamoros y Reynosa. *Estudios fronterizos*, 15(29), 173-206.
- Pérez-Oviedo, W. (2015). Externalidades de la mano de obra calificada y estados estacionarios múltiples en una economía abierta pequeña. *El trimestre económico*, 82(328), 787-806.
- Porter, M. (1998). *The competitive advantage of nations: with a new introduction*. Harvard Business Review.
- Rabelloti, R. y Schmitz, H. (1999). The Internal Heterogeneity of Industrial Districts in Italy, Brazil and Mexico. *Regional Studies*, 2(33), 97-108.
- Robinson, A. Rip y Mangematin, V. (2007). Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology. *Res. Policy*, 36(6), 871-879.

- Rubín, U. y Chico, R. (2004). La industria automotriz en tres regiones de México. Un análisis de clusters. *El Trimestre Económico*, 71(284), 909-941.
- Saxenian, A. (1996). *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press.
- Solleiro, L., Mejía, O. y Castañón, R. (2020). *Mexico's innovation policy for aerospace industry*. International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).
- U.S. Census Bureau (2011). *X-12-ARIMA Reference Manual*. <https://www.census.gov/ts/x12a/v03/x12adocV03.pdf>
- Vargas, M. y Vargas, J. (2014). *Alianza para el desarrollo de la ingeniería en baja california (adi bc) clúster aeroespacial del estado de baja california: competencias profesionales demandadas en el sector aeroespacial*. Ediciones Ilcsa.
- Weber, A. (1929). *Alfred Weber's theory of the location of industries*. Business & Economics.
- Wolff, E. y Nadiri, M. (1993). Spillover effects, linkage structure, and research and development. *Str Change Econ Dyn*, 4, 315-331.
- Zervos, V. (2021). Strategic microeconomic considerations of macroeconomic analysis: fiscal, trade and security impacts of aerospace and defence. *Defence and Peace Economics*, 32(5), 621-634.