CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CICLO DE LA INNOVACION EN EL APALANCAMIENTO FINANCIERO DE LAS PYMES MANUFACTURERAS

Luis Fernando Mondragón Méndez

Administrador Financiero. Especialista en Gestión de Proyectos. <https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/EnRecursoHumano/query.do> https://www.researchgate.net/profile/Luis_Mondragon5 Correo: lfmondragon@unipanamericana.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-1331-1230>

Diego Fernando Ávila-Tamayo

Economista. Magister en Gerencia de la Responsabilidad Social y Sostenibilidad Empresarial. <https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/jsp/report-index.jsp> https://www.researchgate.net/profile/Diego_Avila_Tamayo Correo: dfavilat@unipanamericana.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-1473-6890>

Resumen

El objetivo del presente documento es identificar el comportamiento de las inversiones en I+D de tres sectores manufactureros de la ciudad de Bogotá para determinar si responden a ciclos de innovación y de comportamientos económicos; por un lado, el ciclo del apalancamiento financiero y por otro lado el ciclo de la innovación. La descripción de los determinantes se realiza a partir de la encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) en los periodos 2014 – 2018 en la que se detalla el papel de la innovación y su impacto en los sectores industriales. Se encuentra que las inversiones en I+D responden teóricamente a un ciclo denominado “curva logística” a través del tiempo, esto permite determinar patrones de inversión en los tres sectores industriales. Adicionalmente, los nuevos productos derivados de la inversión en innovación también responden a un comportamiento similar a una curva logística. El tipo de investigación es de carácter exploratorio – cuantitativo a través de modelos de regresión lineal que son buenos predictores del comportamiento de la inversión y del número de innovaciones realizadas por los sectores industriales. Estudios similares utilizan estas técnicas como también mecanismos de regresión logística. En conclusión, existen elementos de tipo económico y de políticas públicas que obedecen a los comportamientos en las tendencias de inversión en I+D y en la creación de nuevos productos derivados de I+D. Por último, se recomienda que las pequeñas y medianas empresas (PYMES) adopten procesos de I+D basándose en la experiencia de los grandes sectores manufactureros en Bogotá.

Palabras clave: Apalancamiento financiero, Ciclo del Apalancamiento, Ciclo de Innovación, Investigación y Desarrollo

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF THE INNOVATION CYCLE ON THE FINANCIAL LEVERAGE OF MANUFACTURING SMES

Abstract

The objective of this paper is to analyze the determinants of the innovation investment cycle in three manufacturing sectors in Bogotá based on two theoretical approaches: on the one hand, the financial leverage cycle and on the other hand, the innovation cycle. The description of the determinants is made from the survey of Technological Development and Innovation (EDIT) in the periods 2014 - 2018 in which the role of innovation and its impact on industrial sectors is detailed. It is found that R&D investments theoretically respond to a cycle called "logistic curve" over time, this allows determining investment patterns in the three industrial sectors. Additionally, new products derived from investment in innovation also respond to a behavior similar to a logistic curve. The type of research is exploratory - quantitative through linear regression models that are good predictors of investment behavior and the number of innovations made by the industrial sectors. Similar studies use these techniques as well as logistic regression mechanisms. In conclusion, there are economic and public policy elements that explain the behavior of R&D investment trends and the creation of new R&D-derived products. Finally, it is recommended that small and medium-sized enterprises (SMEs) adopt R&D processes based on the experience of large manufacturing sectors in Bogotá.

Keywords: Financial Leverage, Cycle of Leverage, Innovation Cycle, Research and Development

Identificación de la investigación

Este capítulo de libro es resultado del proyecto de investigación Transformación Digital en las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) Manufactureras de Bogotá D.C., proyecto desarrollado en el año 2020, financiado por la Fundación Universitaria Unipanamericana.

Introducción

El alcance de la deuda afecta materialmente el comportamiento las empresas, ya que tradicionalmente las interrelaciones entre las decisiones financieras y estratégicas han sido estrechas, tanto así, que las relaciones se han acentuado entre la estructura de capital y la estrategia de inversión y apalancamiento, debido a la aparición de nuevos mercados y cambios en el comportamiento del consumo; en efecto, para hacer frente a estos hechos la industria manufacturera emplea la deuda como alternativa para la adquisición de activos y financiamiento de nuevos proyectos, despertando preocupación en el largo plazo de las instituciones e inversionistas sobre las consecuencias de los elevados niveles de apalancamiento en el aumento de los riesgos, exhibiendo las debilidades financieras que finalmente se transfieren a los consumidores y público (Majumdar, 2016).

Por consiguiente, el presente documento tiene como objetivo identificar el comportamiento de las inversiones en I+D de tres sectores manufactureros de la ciudad de Bogotá para determinar si responden a ciclos de innovación y de comportamientos económicos. Para ello, se hace una revisión detallada de los principales estudios que abordan teóricamente dos líneas conceptuales: el primero, el ciclo del apalancamiento y segundo el ciclo de la innovación. Posteriormente, se emplean métodos de estadística descriptiva y modelos de regresión para indicar una aproximación de los ciclos.

Los resultados demuestran que las variables responden a un ciclo determinado por la innovación, a través de los periodos de análisis en la implementación de estrategias de innovación, en el escenario económico los tres sectores industriales presentan mayor relevancia en la economía colombiana respecto a la variable inversión y número de innovaciones. El proceso de innovación no presenta un modelo explicativo claro y conlleva a los sectores industriales a desempeñar procesos que no están acordes con la necesidad de mercado. Por otra parte, la innovación es una actividad compleja, diversificada y con muchos componentes en interacción que actúan como fuentes de nuevas ideas (Velasco y Zamanillo, 2015).

Asimismo, la literatura sobre el análisis de tendencias de inversión en innovación y desarrollo es incipiente, los modelos de regresión se enfocan particularmente al estudio de modelos financieros que se enfocan en el análisis y proyecciones de variables financieras internas, dejando a un lado variables asociadas con modelos de inversión en innovación. Las inversiones en innovación y desarrollo y el ciclo del apalancamiento financiero determinar si las inversiones responden a tendencias económicas o de coyuntura financiera. Lo anterior, por intermedio de un estudio de tipo cuantitativo exploratorio a través de curvas de regresión y modelos logísticos de los tres sectores industriales que entre 2008 y 2019 realizaron alta inversión en actividades de innovación. Se demuestra que el país ha presentado poca sofisticación en innovación.

Fundamentación teórica

El ciclo del apalancamiento

A pesar del aumento del riesgo sistémico derivado del apalancamiento, para las empresas los préstamos son necesarios para el afianzamiento de la actividad económica. Desde la perspectiva del ciclo del apalancamiento, los agentes responden temporalmente a los cambios negativos de los mercados, como por ejemplo, impulsando la venta de activos por parte de los agentes en el corto plazo (Aymanns & Farmer, 2015); por otra parte, las perspectivas económicas optimistas, el aumento de los beneficios tributarios y tasas de interés consistentes con las necesidades del mercado que en efecto, favorecen la confianza de los agentes económicos conduciendo a la obtención de préstamos.

Una de las motivaciones de las empresas para recurrir al apalancamiento financiero desde la innovación es intensificar la eficiencia dinámica, elemento significativo en el entorno de la competitividad e innovación empresarial, la eficiencia en el sentido estricto económico define la capacidad para generar la máxima producción a partir de un determinado número de insumos (Zamora y Favila, 2018) Alcanzar niveles adecuados de eficiencia dinámica demuestra una adecuada gestión de los recursos disponibles (Jhones & Jhones, 1995). Por

consiguiente, el hecho de que los indicadores de apalancamiento de las empresas sean óptimos y adicionalmente se alcance la eficiencia dinámica influye en la expansión de tecnología que culmina con la implementación de políticas sobre la innovación tecnológica.

Sin embargo, ampliar el concepto de apalancamiento financiero desde una formulación teórica, implica analizar los tipos de apalancamiento que utilizan los inversores para posteriormente utilizarlos en prácticas de I+D. Los inversores que optan por el apalancamiento varían sus estrategias considerablemente en correlación de las oportunidades de inversión y permitiendo ocasionalmente el límite de apalancamiento (Brunnermeier et al., 2007). Por consiguiente, la reducción del capital presiona a los inversores hacia la búsqueda de liquidez afectando las primas de riesgo y la liquidez del mercado, así los agentes (empresas, sectores industriales) que no consideran factores exógenos se exponen a los efectos del mercado y en consecuencia seguirán una política de apalancamiento procíclica (Aymanns & Farmer, 2015).

Ante todo, el ciclo del apalancamiento conduce, en primer lugar, al análisis de los efectos del riesgo sistémico por parte de los bancos y de los deudores; de forma semejante, los bancos ajustan el apalancamiento respecto a los movimientos de los precios, dado que cuando existen caídas en los precios, aumenta el apalancamiento a medida que aumenta el riesgo (Danielsson et al., 2004). En segundo lugar, las medidas anticíclicas permiten que las empresas al evidenciar mayor riesgo, disminuyan las preferencias por el crédito, son más racionales sobre las consecuencias de adquirir préstamos, esto ocurre por la volatilidad de los precios y la incertidumbre sobre la responsabilidad de los pagos (Hall & Lerner, 2010). Por último, el control de los bancos sobre el ciclo del apalancamiento depende de las políticas macroeconómicas que se presenten en el momento de la corrección.

Como resultado de lo anterior, las empresas deciden apalancarse por factores derivados de los “costos” de la deuda. En ocasiones las empresas optan por el apalancamiento externo buscando beneficios en tasas de interés del mercado o por no emplear el capital social de los accionistas (Niu, 2009). Por su parte las entidades financieras (bancos) prefieren apalancar grandes empresas debido a que ellas pueden diversificar su portafolio de productos posibilitando la disminución del riesgo; escenario que no se aplica con las pequeñas y medianas empresas debido a que presentan estructuras de capital deficientes y adicionalmente no permiten apalancarse por factores relacionados con: falta de garantías, deficiente estructura de capital y volatilidad en el flujo de caja en el corto plazo (Bobinaite, 2016).

En caso particular, las empresas que más recurren al apalancamiento financiero pertenecen al sector manufacturero, este tipo de empresas son más propensas a aumentar su estructura de capital bien sea adquiriendo activos fijos o en actividades relacionadas con I+D, en efecto, se caracterizan porque a mayor tiempo de operación, menores niveles de apalancamiento en el largo plazo; por el contrario, las pequeñas empresas o empresas nacientes buscan alternativas de financiamiento externo como única opción para desempeñar actividades de I+D. Sin embargo, no solo el tiempo determina las oportunidades de apalancamiento en general dependen de la favorabilidad en el contexto económico y del ciclo comercial y de innovación.

Por ejemplo, estudios realizados sobre los determinantes del ciclo del apalancamiento revelan que factores como: el tamaño de la empresa, la rentabilidad, la valoración de mercado y el valor intrínseco y el valor de los activos, influyen directamente en las decisiones de apalancamiento desde la perspectiva de los bancos (Bobinaite, 2016). No obstante, los inversionistas al inyectar recursos monetarios con base en el principio riesgo-rendimiento esperan que la relación sea

positiva; Li & Hwang (2011) mencionan que existe una relación positiva entre el apalancamiento financiero y los beneficios de las empresas más rentables, detallan además que el riesgo de quiebra de las empresas aumenta cuando los ciclos de vida de las empresas no persiguen una tendencia y su comportamiento refleja incertidumbre (Li & Hwang, 2011).

Los ciclos de vida de las empresas con gran incertidumbre se representan a través de empresas nacientes, las PYMES poseen características de tipo: falta de procedimientos claros, presupuestos poco adecuados y una alta dependencia en la centralización en la toma de decisiones de apalancamiento e I+D. Lo anterior, conlleva a que un error en el proceso de planificación permita destruir valor de firma casi inmediatamente (Adizes, 1979); como consecuencia este tipo de empresas no son foco de los inversionistas (bancos), su ciclo del apalancamiento es nulo, y la probabilidad de desaparecer es alta, y los procesos de inversión en innovación no corresponden a lo esperado para obtener competitividad, según León (2019).

Analizando el apalancamiento financiero y su estrecha relación con el cliente, la literatura acarrea los efectos directos sobre la satisfacción del cliente y el valor de la empresa. La necesidad de los directores financieros para aumentar los flujos de caja tienen consecuencias en la reducción de gastos en I+D en el largo plazo y perjudicar la satisfacción del cliente en la calidad y el valor brindado en los productos (Malshe & Agarwal, 2015). Sobre los efectos negativos en las empresas altamente apalancadas, estas tienden a reducir sus costos y la inversión en I+D tiende a disminuir, este efecto provoca la disminución de la calidad de productos y un peor rendimiento financiero en el largo plazo (Malshe & Agarwal, 2015).

Figura 1.

Vértientes teóricas desde la innovación y el apalancamiento.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Ciclo de la innovación

Desde la perspectiva del ciclo de la innovación, se evidencia que las actividades relacionadas con I+D presentan dificultades de financiación en un mercado altamente competitivo (Hall & Lerner, 2010), en consecuencia, los desarrollos tecnológicos impiden

que la generación de conocimiento quede en el anonimato y en efecto, las posibilidades de las empresas generadoras de conocimiento sobre rentabilizar los beneficios pueden ser nulos temporalmente (Arrow, 1962). No obstante, las dificultades en la generación y gestión de conocimiento disminuyen exclusivamente cuando las empresas tienen alto poder de mercado debido a las barreras de entrada que generan monopolios impidiendo las entradas de nuevas empresas. Por tanto, existe una disminución de incentivos para los nuevos innovadores permitiendo niveles de apalancamiento hacia las grandes empresas.

A pesar de los inconvenientes derivados del financiamiento, la deuda en el sector manufacturero favorece el crecimiento de las empresas y con posterioridad el crecimiento económico, concretamente la inversión en Tecnologías en Información y Comunicación (TIC) aumentan el rendimiento (eficiencia) de las empresas. El aumento de las capacidades mediante un mejor equipo de información y telecomunicaciones mejora las posibilidades de prestación de servicios al proporcionar una mejor conectividad y aumento de la eficiencia dinámica como medida importante de los resultados de las políticas de competitividad, según Rodríguez (2019).

De forma similar, la necesidad de nuevos conocimientos de las industrias motiva a que empresas individuales impulsen la investigación; sin embargo, al no optar por apalancamiento financiero prefieren buscar recursos por medio de asociaciones o patrocinadores, estas prácticas se implementan debido a los altos costos de la innovación (Nelson, 1959). La búsqueda de eficiencia dinámica tiende hacia la disminución de incentivos con la expectativa de rentabilizar a futuro las investigaciones. En lo que concuerdan los autores sobre los nuevos métodos de producción basados en investigación e innovación, es que son exclusivos de grandes empresas y conglomerados monopolísticos y adicionalmente el factor del costo implica que los procesos de adaptación de las pequeñas empresas sean rápidos buscando siempre el equilibrio. Según Cortés (2020) incluye la gestión del conocimiento, no sólo en las grandes empresas, sino en las pequeñas.

Continuando con la línea de Arrow, (1962) y Nelson, (1959), las barreras de financiación de las industrias dependen de la estructura de producción y el tipo de producto, esto quiere decir que el proceso de innovación es acumulativo y cada innovación se construye de manera muy distinta a la anterior (Levin et al., 2013). Pero a pesar de que los procesos sean distintos gracias a las evoluciones tecnológicas se pueden compartir los beneficios de los procesos acumulativos y fomentar la innovación. En la actualidad las empresas pueden aprender fácilmente de las demás, esto influye en que los productos tienden a ser similares, buscando la disminución de los recursos y pocos niveles de apalancamiento para la actividad.

Dados los incentivos hacia los empresarios como mecanismos para invertir en I+D, es necesario mencionar factores exógenos que contribuyen a la generación de I+D, entre ellos se encuentran las políticas gubernamentales, políticas fiscales y un mercado con expectativas adecuadas a las necesidades de inversión y deuda. Igualmente, las innovaciones se pueden apalancar bajo dos mecanismos: el primero consiste en financiación interna, en la que el empresario espera una tasa mayor de rendimiento basado en el mercado y en las expectativas de rentabilizar la inversión. Y, en segundo lugar, bajo mecanismos externos de financiación, aquí la racionalidad del inversor juega un papel importante al determinar el mejor costo de oportunidad y el riesgo asociado con la inversión.

El “ciclo de la innovación” está relacionado con la dinámica de precios en general. La dinámica del mercado evidencia que sin interferencias monopolísticas y de competencia imperfecta, los mercados deben explicar las fluctuaciones en los precios, asimismo, un aumento de la oferta de un producto obliga a la disminución generalizada de los precios en general dentro de un producto específico. En consecuencia, los productores al evidenciar disminución en precios y partiendo desde la racionalidad optan por implementar procesos de innovación, esto conlleva a resaltar elementos como “ciclo del producto” y el nivel de escolaridad (Yoav & Shchori-Bachrach, 1973), en efecto el nivel de asignación óptima de recursos proviene no solo de elementos monetarios, sino de gestión enfocado hacia el mejoramiento de la eficiencia en la producción.

La innovación tecnológica se constituye en determinante para el crecimiento de la economía local y a su vez de los sectores industriales (Olarte et al., 2020). Los determinantes de la productividad, teóricamente comprendidos desde el empleo y capital, se fundamentan teóricamente en la implementación de innovación tecnológica; lo anterior, sumado a la constante innovación tecnológica en que las empresas emplean esfuerzos de inversión con el objetivo de aumentar la satisfacción de los clientes y los procesos manufactureros.

Sin embargo, la empresa, el producto y la industria obedecen a comportamientos dinámicos y adaptativos que implica que ninguno de los factores presente escenarios de estancamiento o de estacionalidad. El trabajo realizado por Yoav & Shchori-Bachrach (1973) explica a través de una función de producción el ciclo de la innovación para dos clases de productos, el primero con desarrollo tecnológico y el segundo materias primas (agricultura), concluye que las inversiones en I+D dependen de la inversión realizada por la empresa que de la experiencia de la misma industria.

Con relación a lo anterior, la idea es amplia sobre los determinantes del ciclo de la innovación para analizar tendencias en inversión monetaria y número de innovaciones desarrolladas, se evidencia la necesaria interacción entre diferentes agentes (empresas) e instituciones (Estado) para lograr relaciones de independencia (Abrunhosa, 2003). Desde la perspectiva del mercado, se infiere que este también es producto de interacciones entre agentes y se concluye que no son el producto de sistemas aislados. Por tanto, el conocimiento invertido hacia los procesos de I+D debe poder transmitir no solo elementos técnicos, sino que debe procurar converger hacia la sociedad.

La I+D de productos está diseñada para desarrollar nuevos productos o modificar los existentes, mientras que la I+D de procesos se diseña para generar o mejorar un nuevo sistema de producción. Las empresas pueden optimizar procesos cuando la demanda del producto es alta, no obstante, cuando lo que se desea es atraer nuevos mercados, se emplea inversión en I+D desde la perspectiva del producto (Zif & McCarthy, 1997). En lo que concuerdan los autores, es que la financiación depende de las características de los nuevos productos o procesos, es decir la disminución en criterios de indecisión disminuye las necesidades de apalancamiento financiero. **Efectos de la investigación y desarrollo en la innovación de productos y procesos.**

Figura 2.

Efectos de la investigación y desarrollo en la innovación de productos y procesos

Fuente: elaboración propia (2020)

Debido a las restricciones que presentan las compañías en términos de apalancamiento financiero, las inversiones se comportan de manera incremental en algunos sectores industriales, dado que las mejoras en procesos y productos obedecen a que las empresas realizan algún tipo de actividad en I+D de forma continua como causa de la dinámica de los mercados y factores exógenos; el comportamiento de la inversión sectorial se puede representar cómo una curva dinámica, concepto se traduce en “mejora de procesos” a través de la inversión en I+D (Cooper et al., 1973). En tal sentido, el aumento de la inversión temporal depende de la probabilidad de éxito en la implementación de estrategias de I+D, como lo menciona Baker et al (1986), factores como la experiencia, gestión del proyecto y la definición de los objetivos aseguran el éxito de la inversión.

Modelos no lineales de innovación y apalancamiento

Los modelos utilizados para describir los procesos de inversión tradicionalmente se desprenden teóricamente de curvas tipo S, este tipo de curvas se han denominado de diferentes maneras: curva Logística, curva de Crecimiento, curva Sigmoides, entre otros y en general describen la evolución de sistemas tecnológicos, económicos y sociales (Kucharavy & De Guio, 2011). Se ha verificado que las curvas tipo S se han implementado en estudios que analizan las tendencias y proyecciones de ventas de nuevos productos, al mismo tiempo que el reemplazo de nuevas tecnologías en escenarios de producción manufacturera (Modis, 2007), esto implica que contribuye en detectar ajustes de tecnología para crear nuevos productos o procesos.

Por su parte, desde la perspectiva de las estrategias organizacionales los procesos orientados a la exploración de este tipo de técnicas, impulsa a empresas nacientes a adaptarse a las nuevas tendencias de mercado, como también las empresas emergentes o pequeñas y medianas que aumentan la flexibilidad en las nuevas exigencias desde la perspectiva de los procesos, clientes y productos. Es decir, la pertenencia de este tipo de curvas, en el análisis del ciclo del apalancamiento y la inversión en I+D, es que posibilita describir e identificar las fases en la evolución de un sistema de característica cíclica, como se precisó en la teoría del ciclo del apalancamiento financiero e innovación.

La pertinencia en la implementación de este tipo de curvas se fundamenta principalmente en que los procesos de inversión en I+D no se comportan de forma lineal, esto quiere decir que definir las fases de un proceso de innovación no precisamente responden a un modelo

específico, ni tampoco a un conjunto de fases ordenadas (Velasco y Zamanillo, 2015); por tanto, al no existir un modelo específico los sectores industriales no pueden generalizar las fases de la innovación y como consecuencia los comportamientos dependen de factores exógenos que no se tiene en cuenta en los modelos logísticos (políticas públicas, variables macroeconómicas, etc.).

Tanto los modelos no lineales sobre factores exógenos corresponden los cambios que presentan los sectores manufactureros en base al enfoque de la innovación en procesos o productos, permitiendo que al centrarse en un proceso específico se olviden los otros elementos que hacen parte de la innovación, como por ejemplo las inversiones que realizan los sectores industriales en I+D, las grandes empresas líderes en innovación disponen de departamentos de I+D, pero las empresas pequeñas disponen de procesos informales de I+D (Velasco y Zamanillo, 2015), esto explica por qué para las empresas pequeñas (PYMES) existe una brecha respecto a las grandes, el costo de realizar inversiones de I+D es alto y además el ciclo de apalancamiento para las Pymes es lento y en ocasiones nulo.

Escenarios de comportamiento en inversión de Innovación

Figura 3.

Esquema Curvas tipo S en la inversión en innovación.

Fuente: Elaboración autores (2020).

Por tal motivo, los puntos de inflexión determinados en curvas en S se emplean como: herramientas en la toma de decisiones, aplicación de estrategias de inversión, realizar mejoras en productos existentes (López et al., 2012). En efecto, estas propuestas sobre la medición y análisis de tendencias se analizan con base en agentes e instituciones desde las perspectivas de las curvas de crecimiento deben ajustarse a los componentes externos, el comportamiento debe justificarse también por las decisiones de las instituciones en cuanto a política pública y decisiones de carácter estrictamente económico.

Descripción de sectores manufactureros

De acuerdo con la clasificación CIIU las actividades económicas se categorizan en códigos, para objeto de este estudio los códigos descritos en este apartado siguen las siguientes características:

- Innovación: bien o servicio nuevo o significativamente mejorado introducido en el mercado, o un proceso nuevo o significativamente mejorado introducido en la empresa, o un método organizativo nuevo o significativamente mejorado introducido en la empresa. Los cambios de naturaleza estética, y los cambios simples de organización o gestión no cuentan como innovación.
- Actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) internas: trabajos sistemáticos de creación llevados a cabo dentro de la empresa con el fin de aumentar el volumen de conocimientos y su utilización para idear bienes, servicios o procesos nuevos o mejorados.

Los sectores analizados pertenecen al directorio de la Encuesta Nacional Manufacturera (EAM) y se definen como industriales, poseen más de diez personas ocupadas y un valor de inversión monetaria reportada anualmente.

Sector 3290: fabricación de equipos de protección y seguridad, prendas de protección, respiradores reutilizables industriales, protección auditiva y protección ocular.

Sector 2394: fabricación de cementos, específicamente cemento tipo hidráulico, cemento aluminoso. Fabricación de cal hidráulica.

Sector 1103: elaboración de cerveza, malta y cerveza en bajo grado de alcohol. Embotellado y etiquetado de bebidas malteadas que se realice dentro de la misma unidad de producción.

Metodología

Dado el problema para explicar las tendencias en la inversión en I+D en los sectores manufactureros y el número de innovaciones, se empleará un análisis de regresión logística en una variable, este tipo de técnica cuantitativa con alcance exploratorio, determina las relaciones de causalidad con las características que persiguen cuantificar la relación existente entre cada una de las variables independientes. Además, este tipo de análisis puede efectuar predicciones de comportamiento, o estimar probabilidades de suceso definido por una variable dependiente en función de variables predictoras o de pronóstico, entre otras ventajas la regresión logística es una técnica adecuada cuando se pretende hacer una clasificación basada en las características de los datos (Jiménez et al., 2000).

Variables

Las variables estudiadas fueron las siguientes:

- Monto total invertido por los sectores manufactureros en actividades científicas, tecnológicas y de innovación.
- Número de innovaciones llevadas a cabo por las empresas, según el tipo de innovación.

Las variables empleadas se extraen de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica aplicado a empresas del sector manufacturero colombiano. Esta encuesta indaga sobre los productos, las actividades, los recursos y los instrumentos de apoyo, asociados con el desarrollo tecnológico y la innovación de las empresas. Esta encuesta analiza la innovación como todo bien o servicio nuevo o significativamente mejorado introducido en el mercado; todo proceso nuevo o significativamente mejorado introducido en la empresa; o todo método organizativo nuevo o técnica de comercialización nueva introducida en la empresa.

Sobre el monto total invertido, la encuesta recoge la información sobre las distintas actividades que realiza la empresa en su proceso de innovación, así como el monto de recursos que invierten anualmente en cada una de las actividades. Por su parte, el número de innovaciones llevadas a cabo por las empresas en el periodo 2014 – 2018, explica la información acerca de las innovaciones que realizó la empresa y los principales propósitos que la empresa persigue con la realización de innovaciones. Adicionalmente, identifica los impactos que ha tenido sobre la empresa la realización de innovaciones y determina el estado de avance de los resultados de innovaciones.

La pertinencia en escoger la encuesta EDIT para el desarrollo del estudio, consiste en que caracteriza la dinámica tecnológica y analiza las actividades de innovación y desarrollo tecnológico de las empresas del sector industrial colombiano y evalúa instrumentos de política, tanto de fomento como protección a la innovación.

El monto total invertido por los sectores manufactureros indica: el desarrollo de actividades de I+D internas, la adquisición o financiación de actividades a través de organizaciones públicas o privadas, adquisición de maquinaria o equipo, tecnologías de información y comunicaciones, mercadotecnia, transferencia de tecnología y/o adquisición de otros conocimientos externos, asistencia técnica y consultoría, ingeniería y diseño industrial, así como formación y capacitación.

Respecto al número de innovaciones llevadas a cabo por las empresas, según el tipo de innovación, hace referencia a un producto (bien o servicio) nuevo o significativamente mejorado introducido en el mercado, o un proceso nuevo o significativamente mejorado introducido en la empresa, o un método organizativo nuevo o técnica de comercialización nueva.

Técnicas de análisis

Las técnicas de análisis de datos empleadas fueron la regresión lineal para corroborar el efecto del monto total invertido en I+D y el número de innovaciones llevadas a cabo por las empresas. Por otra parte, se realizan análisis estadísticos descriptivos que permiten conocer el porcentaje del sector financiero en el apalancamiento financiero de los sectores manufactureros analizados.

Resultados

En la figura 4. se concreta el porcentaje de participación del sector financiero en la inversión total en I+D en los tres sectores manufactureros estudiados en los periodos 2014 – 2018. Durante el periodo analizado el 2014 representó los niveles más altos de

apalancamiento financiero en el sector 3290 (27%), seguido por el sector 1103 (8%) y finalmente el sector 2394 no presentó apalancamiento financiero. En los años posteriores se evidencia el decrecimiento del apalancamiento a valores casi nulos, el auge presentado en 2014 conllevó a que algunos sectores industriales buscaran fuentes alternativas de financiamiento como los bancos o instituciones de financiamiento. Este comportamiento se debe a la confianza inversionista que permitió el crecimiento del PIB en 7.5% sostenido en 2014 (Departamento Nacional de Planeación República de Colombia, 2008), lo anterior relacionado con los aumentos de rentabilidad de los sectores industriales que provienen exclusivamente en incrementos sostenidos de productividad.

Figura 4.

Relación Inversión total en I+D – Apalancamiento sector financiero

Fuente: elaboración propia (2020).

La disminución en el apalancamiento se debe en gran medida a que el país tradicionalmente ha manifestado poca sofisticación y baja agregación de valor en los procesos productivos, acompañado de bajos niveles de innovación y de absorción de tecnologías, poca profundidad y avance del mercado financiero. Sobre el lento avance del mercado financiero para cubrir las necesidades de los sectores industriales, es importante exponer que las instituciones financieras en Colombia particularmente han estado protegidas de la competencia externa, y adicionalmente han ignorado la necesidad de implementar cambio tecnológico y nuevas innovaciones; como consecuencia no existe articulación con el sector manufacturero y las líneas de financiamiento no responden a las necesidades del sector industrial (Suescun-Melo y Misas A., 1996).

La figura 5 representa la relación de Inversión Total en I+D y el financiamiento por medio de recursos propios. En esta parte, contrario a la situación de apalancamiento financiero en bancos o instituciones financieras, los tres sectores analizados presentaron altos porcentajes de apalancamiento a través de recursos propios específicamente en los sectores 3290 y 2394, la tendencia se mantiene en los periodos analizados, excepto el sector 1103 en el que se evidencia un decrecimiento en el periodo 2017, sin embargo, retoma la senda de apalancamiento en el año inmediatamente posterior.

Figura 5.

Relación Inversión total en I+D – Apalancamiento recursos propios

Fuente: Elaboración autores (2020).

La volatilidad de los mercados y las tasas de interés pueden explicar el aumento del apalancamiento por recursos propios, los sectores manufactureros pueden experimentar efectos sobre los límites del apalancamiento dado por instituciones financieras en la medida en que los mercados pueden fijar los límites y, en efecto, es necesario optar por fuentes de financiamiento propios. Otra de las características de este comportamiento es la valoración de los bancos frente al riesgo y el horizonte de estabilidad del sistema (Aymanns & Farmer, 2015); los bancos pueden categorizar los préstamos destinados hacia I+D como carteras con alto riesgo minimizando el impacto del apalancamiento. Además, se evidencia que las empresas que presentan altos niveles de apalancamiento financiero (bancos) pierden competitividad y amplia cuota del mercado; técnicamente las industrias pierden cerca del 26% de la participación en comparación con las empresas que no optan por apalancarse con el sistema financiero (Lee & Feldman, 1994).

La necesidad de los sectores industriales en adaptarse a los cambios del mercado obliga a que se efectúen cambios en procesos dirigidos a la eficiencia dinámica, por tanto las empresas más apalancadas con recursos propios exponen un mejor rendimiento que las menos apalancadas (Lee & Feldman, 1994). Las empresas con estructuras financieras robustas aprovechan las dinámicas del mercado para llevar procesos de I+D con recursos propios (accionistas), buscando competitividad en precios expulsando a competidores vulnerables (Malshe & Agarwal, 2015). En efecto, la estrategia de obtener recursos propios será adecuada en la medida que las empresas puedan hacer frente a dos escenarios: las altas tasas de interés de los bancos que influyen en los límites del apalancamiento y en los cambios bruscos del mercado que obligan a realizar inversiones en I+D (Ver anexos 1, 2, 3).

Modelo de ajuste de datos

Mediante el procedimiento de ajuste lineal se evalúan las tendencias en dos categorías: inversión en actividades de I+D de los tres sectores analizados y el número de innovaciones realizadas en los periodos comprendidos entre 2014 – 2018. En este apartado se toman dos

modelos para explicar si existen o no tendencias en las variables estudiadas: inversión en I+D y número de innovaciones en productos nuevos.

La tabla 1 presenta tres modelos de regresión diferentes para cada uno de los sectores estudiados, se evidencia que los tres modelos no son significativos, confirmado por el coeficiente de correlación de Pearson no determina el grado de asociación lineal entre las variables y no establece a priori ninguna direccionalidad en la relación de cada una de las variables. Desde el ángulo del R^2 el modelo de regresión no explica la proporción de variabilidad de datos del modelo, los datos no permiten indicar que el modelo se ajusta adecuadamente cuando analizamos el nivel de inversión en I+D y el número de innovaciones.

Tabla 1.

Relación Inversión total en I+D – Apalancamiento recursos propios.

Cuadro comparativo: Regresión Lineal			
Variables	Modelo 1 – 3290	Modelo 2 - 2394	Modelo 3 – 1103
Inversión en I+D	$y = 496118,65 - 245,8x$	$y = 32147,8 - 15,87x$	$y = 3001,5 - 0,45x$
R^2	0,77	0,09	0,61
Coeficiente Pearson	-0,51	-0,32	-0,67
P – Value	No significativo	No significativo	No significativo
Innovaciones en productos nuevos	$y = 15557,8 - 7,7x$	$y = 13320,9 - 6,6x$	$y = 9715,2 - 4,8x$
R^2	0,66	0,75	0,21
Coeficiente Pearson	-0,32	-0,44	-0,11
P – Value	No significativo	No significativo	No significativo
Cuadro comparativo modelos ajustados (ajuste polinomial)			
Variables	Modelo 1 – 3290	Modelo 2 - 2394	Modelo 3 – 1103
Inversión en I+D	$y = 153,87x^3 - 1497,1x^2 + 4274,3x - 2908,5$	$y = 20,558x^4 - 222,13x^3 + 805,14x^2 - 1148,9x + 710,2$	$y = -5,2833x^4 + 71,733x^3 - 332,07x^2 + 566,72x - 192,2$
R^2	0,94	0,95	0,97
Coeficiente Pearson	-0,21	-0,13	-0,22
Innovaciones en productos nuevos	$y = 3,9583x^4 - 52,583x^3 + 236,54x^2 - 401,92x + 216$	$y = 1.5833x^4 - 15.833x^3 + 45.917x^2 - 30.667x - 1$	$y = 1.5833x^4 - 15.833x^3 + 45.917x^2 - 30.667x - 1$
R^2	0,98	0,97	0,95
Coeficiente Pearson	-0,02	-0,35	-0,11

Fuente: elaboración propia (2020)

De la misma manera, cuando las medidas no son ajustadas es recomendable aplicar un modelo de ajuste de tipo polinomial (ver tabla 1). El procedimiento adoptado fue la fijación de polinomios en las dos variables analizadas, a partir de las ecuaciones se encontraron los parámetros de las funciones lineales y los polinomios ajustados obtenidos.

En la figura 6, las líneas punteadas de la gráfica representan el comportamiento de la Inversión en I+D del sector 3290, desde el periodo de 2014 se observa la tendencia ajustada al interpolar el conjunto de datos, este cálculo representa un polinomio de grado tres con $R^2=0,94$, lo que demuestra una exactitud muy razonable. El dinero invertido para el sector 3290 en actividades de I+D explica el comportamiento del segmento analizado.

Figura 6.

Ajuste no – lineal del comportamiento de la inversión en I+D.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Para el número de innovaciones en servicios nuevos (ver figura 7), el ajuste polinomial está explicado en $R^2=0,987$ se evidencia que el ajuste polinomial responde a una tendencia hasta el periodo 2018. Para este caso las innovaciones responden a los cambios en el dinero invertido en actividades de I+D y en el sentido de la extrapolación el cálculo de 0,5 (6 meses) periodos adicionales demuestra la tendencia creciente del sector en número de innovaciones.

Figura 7.

Ajuste no – lineal del número de innovaciones en servicios nuevos

Fuente: Elaboración autores (2020).

Similares comportamientos en las dos variables ajustadas para los sectores 2394 y 1103 (ver anexos), los niveles observados de dinero invertido en I+D y el número de innovaciones responden a modelos de polinomios de grados tres y cuatro. Se observan tendencias y niveles de ajuste de los modelos con características semejantes, lo que indica que estos sectores están enfocados a mejorar la productividad a través de la innovación, la causa es la intensidad tecnológica usada para aumentar la competitividad y procurar el aumento de clientes como la eficiencia en los procesos.

Conclusiones

Los sectores industriales se apalancan en mayor porcentaje por intermedio de recursos propios, esto demuestra dos particularidades: la primera que el sector financiero presenta una baja participación (menor al 10% en promedio) en las actividades de financiación para los tres sectores, se puede interpretar indicando que el sector financiero no ha desarrollado un portafolio para que los inversionistas utilicen esta fuente de financiación, o por el contrario, las condiciones del mercado obligan a que los sectores sigan tendencias anticíclicas en los mecanismos de financiación. En segundo lugar, al utilizar netamente financiación interna se sacrifican los indicadores de liquidez e implica un posible endeudamiento en el largo plazo o que las decisiones estratégicas obliguen al uso de financiamiento interno. Por último, las políticas públicas de innovación y competitividad pueden responder a las tendencias descritas, sin embargo, los documentos técnicos carecen de participación del sector financiero como financiador de las actividades de innovación.

Los sectores manufactureros estudiados reaccionan adecuadamente a los cambios del mercado, comprenden oportunamente el concepto de innovación enfocada hacia el mejoramiento de los procesos y la obtención y fidelización de los clientes, también como los beneficios que acarrea el uso de nuevas tecnologías sobre el concepto de la eficiencia dinámica. Se puede concluir que la mejor estrategia para los sectores manufactureros estudiados es abarcar procesos de inyección de capital que van acompañados simultáneamente en la creación o mejoramiento de nuevos productos.

No obstante, las dinámicas sectoriales descritas responden a modelos de ajustes de datos que describen tendencias como se observan en las gráficas, las tendencias responden a factores exógenos, especialmente a cambios en el mercado y adicionalmente a variaciones en las perspectivas de inversión a largo plazo. Los ajustes polinomiales en las tendencias de las dos variables estudiadas explican lo claro para los sectores industriales desde la estrategia que para alcanzar los objetivos empresariales deben aplicar procesos de innovación.

Los procesos de innovación en general, para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), son de gran importancia, en éstas recae un alto porcentaje del empleo en los países en vías de desarrollo, además representa una alta participación en el Producto Interno Bruto por la cantidad que representan en comparación con las grandes empresas. Es por lo anterior, que es importante que las PYMES aumenten significativamente las actividades de innovación, aunque en la mayoría de las ocasiones la legislación no las ampare para llevar a cabo actividades de I+D.

El reto para este gran sector empresarial, como lo son las PYMES, es comprender que el uso de recursos financieros tiene un efecto importante en el rendimiento empresarial y la productividad, como también el desarrollo de mercados especializados que implican llegar a nuevos sectores de forma eficiente y brindando oportunidades de empleo.

Referencias

- Abrunhosa, A. (2003). The National Innovation Systems Approach and the Innovation Matrix. *Faculty of Economics, University of Coimbra*, 26. <http://www.druid.dk/conferences/summer2003/papers/ABRUNHOSA.pdf>
- Adizes, I. (1979). Organizational Passages- Diagnosing and Treating Lifecycle Problems of Organizations. *Organizational Dynamics*.
- Arrow, K. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. *National Bureau of Economic Research*, 609–626. <https://doi.org/10.1521/ijgp.2006.56.2.191>
- Aymanns, C., & Farmer, J. D. (2015). The dynamics of the leverage cycle. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 50, 155–179. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2014.09.015>
- Baker, N. R., Green, S. G., & Bean, A. S. (1986). Why R&D Projects Succeed or Fail. *Research Management*, 29(6). <https://doi.org/10.1080/00345334.1986.11757001>
- Bobinaite, V. (2016). Financial Leverage and its Determinants in Companies Producing Electricity from Wind Resources in Latvia. *Economics and Business*, 27(1), 29–39. <https://doi.org/10.1515/eb-2015-0005>
- Brunnermeier, M. K., Pedersen, L. H., Id, S., Olin, T., Nasseh, A., Strauss, J., Lasse, M. K. B., Pedersen, H., Allen, F., Amihud, Y., Blair, D., Dumas, B., Gromb, D., Johns, C., Julliard, C., Kambhu, J., Konz, M., Oehmke, M., Papakonstantinou, F., ... Hu, W. Y. (2007). Nber Working Paper Series Market Liquidity and Funding Liquidity. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 44(3), 191–207. <https://doi.org/10.3386/w12939>
- Cooper, A., Demuzzio, E., Hatten, K., Hicks, E., & Tock, D. (1973). Strategic Responses To Technological Threats. *Academy of Management Proceedings*, 1973(1), 54–59. <https://doi.org/10.5465/ambpp.1973.4981186>
- Cortés, A. (2020b). La gestión del conocimiento como elemento de valor en las instituciones. In A. Cortés (Ed.), *Inteligencia colectiva desde la gestión del conocimiento* (pp. 17–26). Ediciones de la U.
- Danielsson, J., Shin, H. S., & Zigrand, J. P. (2004). The impact of risk regulation on price dynamics. *Journal of Banking and Finance*, 28(5), 1069–1087. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(03\)00113-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(03)00113-4)
- Departamento Nacional de Planeación República de Colombia. (2008). Conpes 3527 Política Nacional De Competitividad Y Productividad. *Cundinamarca. Bogota*, 87–135.
- Hall, B. H., & Lerner, J. (2010). The financing of R&D and innovation. In *Handbook of the Economics of Innovation* (1st ed., Vol. 1, Issue 1 C). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01014-2](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01014-2)

- Jhones, J., & Jhones, G. (1995). Research Funding and Performance in U.K. University Departments of Economics: A Frontier Analysis. In *Economics of Education Review* (Vol. 14, pp. 301–314). <https://doi.org/10.7326/0003-4819-91-4-605>
- Jiménez, M., Alvarado, J y Jimenez, A. (2000). La predicción del rendimiento académico: regresión lineal versus regresión logística. *Psicothema*, 12, 222–248. <https://www.redalyc.org/pdf/727/72797059.pdf>.
- Kucharavy, D., & De Guio, R. (2011). Application of S-shaped curves. *Procedia Engineering*, 9, 559–572. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.142>
- Lee, R. E., & Feldman, J. D. (1994). Financial Distress and Corporate Performance. *The Journal of Finance*, 49(3), 1015–1040.
- León, O., (2019). Tecnologías de la Industria 4.0 en la innovación de la cadena de valor de las PYMES. En: Jandar, M., y Moreno, J. La industria 4.0 desde la perspectiva organizacional. Fondo Editorial Universitario Servando Garcés. <https://alinin.org/wp-content/uploads/2020/07/La-industria-40.pdf>
- Levin, R. C., Klevorick, A. K., Nelson, R. R., & Winter, S. G. (2013). Appropriating the returns from industrial research and development. *Competition Policy International*, 9(2), 160–196. <https://doi.org/10.2307/2534454>
- Li, M. Y. L., & Hwang, N. C. R. (2011). Effects of Firm Size, Financial Leverage and R&D Expenditures on Firm Earnings: An Analysis Using Quantile Regression Approach. *Abacus*, 47(2), 182–204. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6281.2011.00338.x>
- López, J. D., Ávalos, A. F., y Zarha, J. W. (2012). *Análisis de la difusión de innovaciones tecnológicas en el sector cárnico por medio de las curvas en S*. March 2015, 1–11.
- Majumdar, S. K. (2016). Debt and communications technology diffusion: Retrospective evidence. *Research Policy*, 45(2), 458–474. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.10.004>
- Malshe, A., & Agarwal, M. K. (2015). *From Finance to Marketing: The Customer Satisfaction*. 2429. <https://doi.org/10.1509/jm.13.0312>
- Modis, T. (2007). Strengths and weaknesses of S-curves. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(6), 866–872. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.04.005>
- Nelson, R. (1959). The simple economics of basic scientific research. In *Foreign Affairs* (Vol. 67, Issue 3, pp. 297–306). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Niu, X. (2009). Theoretical and Practical Review of Capital Structure and its Determinants. *International Journal of Business and Management*, 3(3), 133–139. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v3n3p133>
- Olarte Cabana, J. A., Sanchez Villamil, D. N., Loaiza Franco, J. A., Rivera Cachepe, J. A., Católico Segura, D. F., y Santos, G. (2020). *Control, transparencia y productividad. Aportes para la creación de valor en las organizaciones*. Ediciones de la U.

- Rodríguez, N. (2019). Tecnología de la información y comunicación TIC como herramienta para la innovación en pequeñas y medianas empresas PYMES. Fondo Editorial Universitario Servando Garcés. <https://repositorioicrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/2161>
- Suescun-Melo, R., y Misas A., M. (1996). Cambio tecnológico, ineficiencia de escala e ineficiencia X en la banca colombiana. In *Borradores de Economía*; No. 59. <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/5074>
- Velasco, E., y Zamanillo, I. (2015). Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: desde el modelo lineal hasta los sistemas de innovación. *Desciones Organizativas*, 117(4), 679–692. <https://doi.org/10.1111/aman.12336>
- Yoav, K., & Shchori-Bachrach, N. (1973). The Process of an Innovation Cycle. *American Journal of Agricultural Economics*, 55(1), 28–37. <https://doi.org/10.2307/1238658>
- Zamora Torres, A. I., y Favila Tello, A. (2018). Medición de la eficiencia de la Innovación 2013-2016 mediante el análisis envolvente de datos (AED) en red dinámica. *Economía Sociedad y Territorio*, xviii(57), 557–584. <https://doi.org/10.22136/est20181184>
- Zif, J., & McCarthy, D. J. (1997). The R&D Cycle: The influence of product and process R&D on short-term ROI. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 44(2), 114–123. <https://doi.org/10.1109/17.584920>

Anexos

Anexo 1. Figura 8.

Ajuste no – lineal del comportamiento de la inversión en I+D

Fuente: Elaboración autores (2020).

Anexo 2. Figura 9.

Ajuste no – lineal del número de innovaciones en servicios nuevos

Fuente: Elaboración autores (2020).

Anexo 3. Figura 10.

Ajuste no – lineal del comportamiento de la inversión en I+D.

Fuente: Elaboración autores (2020).

Anexo 4. Figura 11.

Ajuste no – lineal del número de innovaciones en servicios nuevos.

Fuente: Elaboración autores (2020).