

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMÍA**

**Disertación previa a la obtención del título de
Economista**

***Análisis de la relación entre la Productividad Total de
Factores (PTF) e Investigación y Desarrollo (I+D) en
Ecuador en el período 2006-2022***

**Paula Serrano Aguirre
pause14@hotmail.com**

**Directora: Verónica Artola Jarrín
wartola304@puce.edu.ec**

Quito, agosto de 2023

Resumen

En esta disertación se evalúa la relación entre la Productividad Total de Factores (PTF) e Investigación y Desarrollo (I+D), como una manera para poder calcular el retorno del gasto en I+D y entender su importancia para la economía ecuatoriana. Sin embargo, hay muchos pasos en el camino desde el gasto en I+D hasta la productividad; la I+D tiene que conducir a una innovación exitosa, que a su vez tiene que ser comercializada y adoptada ampliamente. Para evaluarlos se toma como base las teorías del crecimiento y se describe la evolución y la caracterización de la I+D en el periodo 2006-2022 con datos del Servicio de Rentas Internas (2023). Posteriormente, mediante un modelo LOGIC se evalúa si el gasto en I+D está generando innovación en el periodo 2016-2021 mediante el uso de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM) encontrando que no existe significancia estadística en el modelo que pruebe una relación entre las dos variables. Finalmente, mediante la encuesta Actividades de Ciencia Tecnología e Innovación (ACTI) y la encuesta Estructural Empresarial se calculó una función de producción Cobb Douglas para obtener la PTF, revelando un crecimiento entre 2016 y 2020. Al relacionar el gasto en I+D con la PTF mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), se encuentra que no existe significancia, por lo tanto, el gasto en I+D no genera innovación y no tiene una repercusión en la PTF.

Palabras clave: *crecimiento económico, productividad total de factores, investigación y desarrollo*

Abstract

The analysis of the links between the research and development (R&D) expenditure and total factor productivity growth (TFP) was evaluated here. There are some moments, however, in the path leading from R&D expenditures to productivity. The R&D has to lead to successful innovation, which in turn must be caught by the market and generate profit. Based on growth theories, the evolution, and features of R&D are depicted using intern rents service (SRI) data. Moreover, the application of a Binary logic model to the Business Structural -INEC¹ data from 2016 to 2021 shows a lack of statistical significance between R&D and innovation. Then, the TFP estimation using a Cobb Douglass function in an Ordinary Least Squares (OLS) model reveals growth in TFP from 2016 to 2020. However, the observed relationship between TFP and R&D is likely to be due to chance, so there is no evidence that R&D is generating innovation or PTF growth.

Keywords: economic growth, total factor productivity, R&D

1. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>

*A mi familia, profesores y amigos. A mi país, que
juntos encontremos el camino a un mundo más
equitativo.*

Análisis de la relación entre la Productividad Total de Factores (PTF) e Investigación y Desarrollo (I+D) en Ecuador en el período 2006-202

Introducción	11
Metodología de trabajo	11
Pregunta general	11
Preguntas específicas.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Estrategia de investigación y procedimiento metodológico	12
Fuentes de información	12
Fundamentación teórica	13
Teorías del Crecimiento Exógeno.....	13
Modelo de Harrod y Domar.....	14
Modelo Neoclásico	15
El modelo de Solow- Swang con cambio tecnológico exógeno.....	16
El modelo de Cass- Kaoopmans-Ramsey.....	17
El modelo de Frankel	17
Teorías del Crecimiento Endógeno	19
El modelo de Arrow	20
El modelo AK.....	21
El modelo de Lucas.....	22
El modelo de Romer.....	22
El modelo de Producto-variedad	24
El modelo de Shumpeter	25
Contabilidad del crecimiento.....	27
Resumen de teorías.....	27
Modelos empírico	32
Capítulo 1 .- Evolución y caracterización de la I+D en la economía nacional en el periodo 2006-2022	33
Evolución y caracterización de contribuyentes en actividades de I+D	33
Evolución y caracterización de contribuyentes por tipo de investigación.....	34
Evolución y caracterización de I+D por tipo de contribuyente	35
Evolución y caracterización de contribuyentes I+D por provincia.....	36
Declaraciones de I+D en la economía nacional 2006-2022	37
Evolución y caracterización de declaraciones de I+D	37
Evolución y caracterización de declaraciones por sector	38

Evolución y caracterización de las declaraciones por provincia	40
Evolución y caracterización de las declaraciones del impuesto a la renta en el que predomina actividades intensivas en intelecto o mano de obra.....	42
Evolución y caracterización de declaraciones por tipo de investigación	42
Capítulo 2 .- Estimación de modelo LOGIT de determinantes de la innovación y cálculo de la PTF y regresión con I+D.....	44
Estimación de modelo LOGIT de determinantes de la innovación.....	43
Regresión Logic	44
El modelo Logic Multivariante (PMV)	44
Variables Independientes.....	45
Variables Dependientes.....	45
Cálculo de la PTF por medio de la Función de Producción con la encuesta ACTI y la Encuesta Estructural Empresarial.	48
Regresión I+D y PTF en el periodo 2009 a 2021	54
Conclusiones y recomendaciones.....	57
Referencias bibliográficas.....	59
Anexos.....	65

Índice de ecuaciones

Ecuación 1.-.....	14
Ecuación 2.-.....	15
Ecuación 3.-.....	15
Ecuación 4.-.....	16
Ecuación 5.-.....	16
Ecuación 6.-.....	17
Ecuación 7.-.....	19
Ecuación 8.-.....	18
Ecuación 9.-.....	20
Ecuación 10.....	22
Ecuación 11.-.....	23
Ecuación 12.....	23
Ecuación 13.-.....	24
Ecuación 14.-.....	26
Ecuación 15.....	45
Ecuación 16.....	45
Ecuación 17.....	49
Ecuación 18.....	50

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de teorías del crecimiento	27
Tabla 2.Descripción de las variables de la innovación en la encuesta Estructural Empresarial del INEC (2016-2021).....	46
Tabla 3.Modelo Logic año 2016.....	47
Tabla 4. Definición de variables encuesta ACTI 2009-2014	50
Tabla 5. Coeficientes de función de producción año 2009.....	51
Tabla 6. Encuesta Estructural Empresarial 2016-20214.....	51
Tabla 7. Coeficientes de función de producción año 2016.....	52
Tabla 8. Prueba de normalidad	53
Tabla 9. Evolución PTF con encuesta ACTI Y Estructural Empresarial.....	53
Tabla 10. Regresión I+D y PTF 2009.....	54
Tabla 11. Regresión I+D y PTF 2010.....	54
Tabla 12. Regresión I+D y PTF 2011.....	55

Índice de gráficos

Gráfico 1.....	34
Gráfico 2.....	35
Gráfico 3.....	36
Gráfico 4.....	37
Gráfico 5.....	38
Gráfico 6.....	40
Gráfico 7.....	41
Gráfico 8.....	42
Gráfico 9.....	43
Gráfico 10	48
Gráfico 11	49
Gráfico 12	50
Gráfico 13	50

Introducción

La inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) se realiza con el objetivo de mejorar la eficiencia de un proceso o de un producto. La I+D es el trabajo creativo y sistemático realizado para aumentar el acervo de conocimiento y diseñar nuevas aplicaciones del conocimiento disponible (OECD, 2018). Por otra parte, la eficiencia dentro del proceso productivo es todo lo que origina una aceleración en el uso de los insumos, es decir, un aumento de producción por cada unidad de insumo utilizado. Por ejemplo, un relojero experto sería más eficiente si cambia su tiempo de elaboración del reloj de 1h:00 a 00h:30 porque utilizaría menos tiempo permitiéndose aumentar la producción de relojes.

Para indicar los efectos de la eficiencia dentro de la economía Solow (1956) utilizó la Productividad Total de Factores (PTF) a la que atribuyó la responsabilidad del 80% del crecimiento económico. La PTF es todo aumento en la producción que no se debe a un aumento en los insumos utilizados en el proceso productivo, sino a un aumento de la eficiencia.

Se ha demostrado la existencia de un vínculo de causalidad entre la innovación, y el crecimiento que se refleja en los retornos sociales positivos de las actividades de innovación. Por ejemplo, para el caso de Ecuador, la tasa de retorno social de la inversión en I+D está cerca del 47% y la de la inversión en capital físico en torno al 12%, por lo tanto, invertir en innovación es casi cuatro veces más rentable socialmente (Guaipatin y Schwartz, 2014). La I+D es el primer paso en el camino de la innovación, la innovación es mucho más grande que la I+D porque implica tres capacidades distintas: descubrimiento, incubación y aceleración. El proceso de I+D es el motor que impulsa la diferenciación de productos y procesos (O'Connor 2019).

El gasto en I+D continúa fuertemente concentrado porque el 93% es un aporte de los países integrantes del G20, esto se debe a que solo uno de cada cinco países invierte más de 1% de su PIB en I+D. En América Latina y el Caribe, a excepción de Brasil, ningún país supera ese umbral, incluso la inversión entre 2015 y 2018 se redujo del 0,69% al 0,62% (UNESCO, 2021).

Según Barro y Sala-i-Martin (2018), el bienestar social está sujeto a diferencias en las tasas de crecimiento entre países por lo que los economistas se han interesado en esas diferencias por mucho tiempo, aun pequeñas diferencias pueden terminar afectando en gran medida al crecimiento en el largo plazo. Las diferencias económicas son socialmente corrosivas, ineficientes, conllevan desigualdad política y son antidemocráticas. Aunque, como señala Griliches (1998), el gasto en I+D es parte importante de estas diferencias, las empresas ecuatorianas no logran comprender su

importancia ya que su gasto en I+D es similar a otros países latinoamericanos de ingresos medios. Además, según el Índice de Innovación Global de 2022 que calcula la media de los índices de recursos para la innovación y de resultados de la innovación, Ecuador es uno de los países menos innovadores de la región y el mundo. Según O'Connor (2019), cuando no existe un desarrollo integral de cada proceso las empresas terminan acumulando inventos no desarrollados en sus departamentos de I+D y no ven un fuerte retorno de la inversión de sus proyectos exploratorios.

En Ecuador desde 2012 a 2021, el crecimiento de la PTF nacional se mantuvo en niveles negativos para todos los años (Banco Central,2023). Lo anterior es importante porque un bajo nivel de la PTF explica hasta un 70% de la brecha de ingreso entre países en desarrollo y países desarrollados (Hsieh y Klenow,2010). En cuanto al gasto en I+D podemos observar que los períodos de mayor auge en cuanto a aportaciones de impuesto a la renta de contribuyentes en el SRI fueron de 2014 a 2021. Por otro lado, los años con el menor número de aportaciones fueron 2006 a 2013.

La manera en que se mide la I+D afecta el resultado de su correlación con el crecimiento. Hay quienes creen que es necesario asumir el gasto en I+D como una variable que crece de manera exógena y continua, como Solow (1956), Swan (1956) ; y los que creen que la tasa puede ser positiva sin la existencia de una variable exógena y continua (Romer,1986); (Lucas 1988) y Barro (1991).En la actualidad, varios autores como Aghion y Howitt (1992), creen que el progreso tecnológico se da en los departamentos de investigación e intentan medirlo por medio del cálculo de la acumulación de los factores que participan en el proceso interno de los departamentos investigativos. Por otro lado, hay quienes creen que el “aprender mediante la práctica” es la fuente de cambio tecnológico y además es un cambio exógeno porque es la práctica y no los insumos los que lo posibilitan (Arrow 1962).

El autor Griliches (1987), examina dos enfoques utilizados por los economistas para evaluar la contribución de los gastos en I+D al crecimiento económico: los estudios de casos históricos y las estimaciones econométricas de las funciones de producción que contienen una variable de I+D. Los estudios de casos permiten un análisis detallado de las consecuencias de innovaciones específicas, pero pueden ser costosos y limitados tanto a campos como productos destacados. La aproximación de la función de producción econométrica se concentra en la producción total o PTF en función de la inversión en I+D pasada, aunque tiene sus limitaciones para inferir causalidad a partir de datos correlacionales.

La presente investigación se centra en Ecuador por lo que permitirá entender la evolución del gasto en I+D, las características de las empresas que deciden invertir en I+D e innovar y analizar la relación entre I+D y PTF. Con este análisis, se busca aportar al sector público, como herramienta para la formulación de una estrategia de desarrollo

y políticas públicas que se centren en la importancia de la I+D y la importancia de que la I+D pueda consolidar innovaciones. Además, contribuirá a evidenciar la poca importancia que las empresas le están atribuyendo al gasto en I+D y a consolidar que este gasto facilite un aumento de la PTF.

Metodología de trabajo

Pregunta general

¿Cuál ha sido la relación entre la I+D y la productividad total de los factores en Ecuador en el periodo 2006-2022?

Preguntas específicas

¿Cómo ha evolucionado la I+D en la economía nacional durante el periodo 2006-2022?

¿Cuáles son los factores que caracterizan a los procesos de I+D en las empresas ecuatorianas 2006-2022?

¿Cuál es la contribución que tuvo la I+D en la productividad de la economía ecuatoriana en el periodo 2006-2022?

Objetivo general

Analizar la relación entre la I+D y la productividad total de los factores en Ecuador en el periodo 2006-2022

Objetivos específicos

Identificar cómo han evolucionado la I+D en la economía nacional 2006-2022

Caracterizar al gasto en I+D en las empresas ecuatoriana en el período 2006-2022

Analizar la contribución que tuvo la I+D en la productividad de la economía ecuatoriana en el periodo 2006-2022

Estrategia de investigación y procedimiento metodológico

En un primer momento, la metodología será inductiva porque se utilizará datos del SRI (2023) para obtener hipótesis, identificar cómo ha evolucionado la I+D en la economía ecuatoriana en el periodo 2006 a 2022 y caracterizarla. En un segundo momento, será inductiva porque se utilizará las encuestas del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC,2023): ENESEM y ACTI para evaluar la relación entre la I+D y la innovación, periodo 2016-2021. En un tercer momento, será deductiva, ya que parte de las teorías de crecimiento que relacionan el conocimiento tecnológico con el crecimiento y para eso buscan cuantificar la relación entre I+D y PTF durante los años 2009 a 2021. El método que se utilizará es cuantitativo.

Fuentes de información

La información del SRI permite obtener: el listado de personas que cuentan con RUC, la información proveniente de las declaraciones del Impuesto a la Renta de Sociedades; y, las declaraciones por concepto de Retenciones en la Fuente, publicada de forma agregada por año fiscal desde el 2006. Las actividades económicas siguen la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) 4.0.

El SRI utiliza la siguiente división para actividades de I+D que comprende tres tipos de actividades de investigación y desarrollo: investigación básica son las investigaciones teóricas o experimentales encaminadas principalmente a adquirir nuevos conocimientos sin aplicación. Segunda, investigación aplicada son investigaciones para adquirir nuevos conocimientos y dirigidas principalmente a un objetivo o meta de orden práctico. Por último, desarrollo experimental es el trabajo sistemático basado en conocimientos adquiridos mediante investigación y/o experiencias prácticas (INEC,2012).

La encuesta ENESEM tiene un diseño muestral con representatividad a nivel nacional, según las secciones de la CIIU y tamaño de empresas. Para su elaboración se realizó la técnica de muestreo probabilístico de elementos con selección aleatoria, permitiendo generar resultados confiables de las principales variables investigadas. (INEC, 2021). La encuesta ACTI permite conocer los principales indicadores relacionados a la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación del Ecuador, así como el talento humano y los recursos destinados a estas actividades del periodo 2009 a 2014.

Para el periodo 2009 a 2011 dentro de ACTI, se observaron el conjunto de empresas con diez o más personas ocupadas y cuya actividad principal según la CIIU 4.0 consta en uno de los siguientes sectores económicos: industrias manufactureras, construcción, comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas, transporte y almacenamiento, actividades de alojamiento y de servicio de comidas, información y comunicación; actividades financieras y de seguros; actividades inmobiliarias, actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades de servicios administrativos y de apoyo; actividades de atención de la salud humana y de asistencia social. Además, el arco muestral para 2011 a 2014 de ACTI, queda conformado por 16.826 empresas, clasificadas en: manufactura; minería, comercio interno y servicios, estas se encuentran distribuidas de acuerdo con la CIIU Rev.4.0 a 1 dígito.

Las limitantes que se encontraron son: de 2006 a 2008 no hay datos sobre la I+D debido a que solo existe registro de esta actividad a nivel nacional. Adicional, la encuesta Estructural Empresaria solo se registra hasta 2021. Por otro lado, la estimación de la PTF se realizó por el método de Mínimos Cuadrado Ordinarios (MCO), con variables que no están distribuidas de manera normal por lo que el modelo presenta no normalidad en los residuos.

Fundamentación teórica

El componente tecnológico de la economía moderna fue creado un siglo antes de la Revolución Industrial, en el que se pasó de un mundo en cual el conocimiento de cómo funcionaba la naturaleza y cómo los materiales se comportaban y reaccionaban al calor y al movimiento era empírico y asistemático; a un paradigma tecnológico en el que este tipo de conocimiento fue recogido y analizado de forma sistemática y organizada (Hall y Rosenberg, 2010).

Al momento de intentar determinar qué se considera cambio tecnológico siempre se lo asocia a la productividad, por ejemplo, se puede decir que las técnicas informales de la era preindustrial se consideran limitadas en su capacidad para afectar la productividad, porque había que incorporar nuevas percepciones desde el exterior para influir en la tecnología. La teoría referente al avance tecnológico se puede dividir entre Teoría Exógena; y Endógena (Hall y Rosenberg, 2010).

Teorías del Crecimiento Exógeno

Uno de los primeros en tratar la relación cambio tecnológico y productividad fue (Malthus, 1798), él creía que el crecimiento sostenido de los ingresos per cápita sería imposible. En su lógica, las mejoras tecnológicas incrementarían la productividad del trabajo y los ingresos de los trabajadores, entonces se incentivaría a tener mayor número de hijos, eliminando el aumento en la productividad. Sin embargo, debido a la inconsistencia de su teoría con la evidencia se crean nuevas teorías para determinar el cambio tecnológico y su efecto en la productividad.

Según Barro y Sala-i-Martin (2018), los primeros modelos que se desarrollan se denominan modelos de Crecimiento Neoclásico, estos modelos evalúan la acumulación de capital, consideran que el crecimiento es limitado debido a los rendimientos decrecientes, siempre que no existan cambios tecnológicos que alteren el estado de equilibrio, al que, debido a la convergencia deben llegar todos los países en algún momento en el tiempo y se sustentan en los siguientes modelos:

Modelo de Harrod y Domar

Los modelos de Harrod (1939) y Domar (1946), son la base para otros modelos como: AK y Neoclásico, su objetivo principal no es determinar cómo se produce el cambio tecnológico o su efecto dentro de las teorías del crecimiento, más bien, es tratar la relación entre acumulación de capital y empleo; específicamente buscan comprender cual es el efecto de la inversión en la economía, en base a un modelo dinámico, que al mismo tiempo descarta la tesis de Mathus (1798) y establece un nuevo precedente.

Lo planteado por Harrod (1939) y (Domar, 1946), llama la atención porque aunque no era el objetivo principal, formaliza el cambio tecnológico y el cambio en la población como parámetros constantes, por al menos, tres razones: primera, su modelo estaba enfocado en la inversión; segunda, no existía distinción clara entre capital físico y capital humano (habilidades profesionales); tercera, no era necesario considerar otras variables porque su supuesto de que la acumulación de capital aumentaba la productividad del trabajo resolvía el modelo en concordancia con la evidencia empírica del momento.

La función de producción que utiliza es de tipo Leontief en la cual la elasticidad de sustitución entre los factores productivos es cero:

Ecuación 1.-

$$Y = F(K, L) = \min\{AK, BL\}$$

A y B: coeficientes fijos

K= capital

T= trabajo

Y= producción

Por lo tanto, producir una unidad de producto requiere (1/A) unidades de capital y (1/B) unidades de trabajo, al ser recursos complementarios no hay manera de compensar uno sustituyéndolo por el otro. Además, con coeficientes de tecnologías fijas, existirá sobreproducción de capital o trabajo en la economía, dependiendo de la proporción que exista en la economía de los dos insumos. Por último, al considerar exógeno el cambio tecnológico el modelo no asegura el pleno empleo y considera que el crecimiento es inestable (Telechea, 2019).

Modelo Neoclásico

El Modelo Neoclásico es un buen punto de inicio porque es sencillo matemáticamente, lo central, en el modelo, es la importancia del rol de la acumulación del capital en el crecimiento. Según Aghion y Howitt (2009), el Modelo Neoclásico consideraba solo dos ecuaciones, una ecuación de producción en función del stock de capital y trabajo con las siguientes características:

Ecuación 2.-

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

K= stock de capital

L= trabajo

A= parámetro de productividad

1- α y α = elasticidades de producción

$\alpha < 1$: rendimientos decrecientes de capital

Y una ecuación que denota cómo la acumulación de capital depende, positivamente, de la acumulación de ahorro y, negativamente, de la depreciación de capital:

Ecuación 3.-

$$\dot{K} = sY - \delta K$$

\dot{K} = acumulación de capital

sY= agregado de ahorro

δK =agregado de depreciación de capital

Destaquemos lo relacionado con la productividad que es el elemento (A) de la Ecuación 2. En los Modelos Neoclásicos, el crecimiento a largo plazo solo es posible si existe cambio en la productividad que es causado, según Solow (1956), por el progreso tecnológico. Como consecuencia de introducir el crecimiento tecnológico en el modelo la función de producción se la representa de la siguiente manera:

Ecuación 4.-

$$Y=A(t)F(K,L)$$

K= stock de capital

L= trabajo

$A(t)$ = trayectoria temporal de productividad

Sin embargo, no puede explicarse cómo se genera el progreso técnico porque en estos modelos no se lo considera un factor económico. Por otro lado, el crecimiento a corto plazo se basa en la acumulación de capital que tiene rendimientos decrecientes (Solow, 1956). Esta es en general la estructura de los Modelos Neoclásicos, a pesar de ello existen varios modelos con características específicas, de los cuales destaco las concepciones sobre productividad y cambio tecnológico de los modelos de Solow-Swang y Cass-Koopmans-Ramsey.

El modelo de Solow- Swang con cambio tecnológico exógeno

Para (López, 2015), la única diferencia frente al modelo estándar de Solow-Swang es que, con cambio tecnológico exógeno, se reemplaza la (L) insumo del trabajo, por el número de unidades eficientes de trabajo (AL), por lo que ahora se encuentra un estado de equilibrio basado en el capital por unidad de eficiencia:

Ecuación 5.-

$$K = \frac{K}{AL}$$

K= capital

A = eficiencia

L: trabajo

El agregar el número de unidades de eficiencia, implica que el producto por persona no cae a cero porque la eficiencia obstruye la tendencia a caer de la ratio producto sobre capital, que cae por los retornos decrecientes de capital, porque se asume la tecnología y trabajo como constantes. El modelo llega a un equilibrio porque los rendimientos decrecientes y la eficiencia se anulan mutuamente y la ratio de producto sobre capital es constante. A pesar de que, el nivel al que se alcanza el estado de equilibrio será determinado por esos parámetros junto con la ratio de ahorro, ratio de depreciación y ratio de crecimiento de la población, el único parámetro que afecta el crecimiento es la ratio de progreso tecnológico exógeno expresado como eficiencia (López, 2015).

El modelo de Cass- Kaoopmans-Ramsey

Utiliza de función de producción la siguiente ecuación:

Ecuación 6.-

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t))$$

A: parámetro de productividad exógeno o unidades de eficiencia por unidad de trabajo

K: capital

L: trabajo

Utiliza la ecuación de Euler, que representa cómo el crecimiento depende de la preferencia sobre el tiempo, (Hromádková, 2010). Al progreso tecnológico se lo añade, usualmente, suponiendo que la función de producción agregada puede ser escrita como:

Ecuación 7,-

$$F(K,AL) \text{ con } L=1$$

A: parámetro de productividad exógeno o unidades de eficiencia por unidad de trabajo

K: capital

L: trabajo

En este modelo con progreso tecnológico la cantidad constante de insumo de trabajo (L) ha sido remplazada por el número creciente de unidades de eficiencia de (A). Este cambio permite que el stock de crecimiento aumente indefinidamente sin que el producto marginal dependa de la ratio de preferencia por el tiempo, como la ecuación de Euler propone, porque el efecto de los retornos decrecientes es anulado por el aumento en productividad (Prettner, 2021).

El modelo de Frankel

Otro modelo importante de resaltar es el modelo de (Frankel, 1962), combinó el modelo de Solow-Swan y Harrod-Domar, porque observó que cada uno carecía de herramientas que el otro podía aportar, encontró limitaciones tanto teóricas como empíricas que mostraban cambios en la productividad sin aumento poblacional o de capital. Un ejemplo fue Estados Unidos, en el que la fuente de un gran incremento en el producto neto por persona no fue apoyado por un incremento en el insumo de trabajo por persona ni en un incremento en el capital por persona desde 1869 a 1878 y de 1944 a 1953.

(Frankel, 1962), asume que cada empresa $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ tiene una función de producción de la forma:

Ecuación 8.-

$$P_i = aHK_i^\beta L_i^\alpha$$

K_i : capital empleado en la empresa

L_i : trabajo empleado en la empresa

a = productividad

H = el modificador como parámetro (que tanto puede producir una economía)

β, α =elasticidades

y la función de producción agregada es:

Ecuación 9.-

$$P = aHK^\beta L^\alpha$$

K : capital

L : trabajo

a = productividad

H = capital por trabajador

β, α =elasticidades

En la primera función, 'el modificador' es un parámetro y en la segunda, una variable. Un punto fundamental para la función de producción agregada en este modelo es que el modificador representa el grado de desarrollo y el grado de capital por trabajador:

Ecuación 10.-

$$H = \left(\frac{K}{L}\right)^\gamma$$

K : capital

L : trabajo

Los incrementos en 'el modificador' son exógenos para la empresa y sirven para comprender el impacto de la acción colectiva. Las decisiones particulares de las firmas sobre aumentar la cantidad de capital generan externalidades positivas en el agregado: inicialmente, la inversión permite que existan rendimientos marginales no decrecientes, entonces el comportamiento de una firma se vuelve una externalidad para otra firma. La externalidad no puede ser apropiada por una firma individual puesto que es un resultado

social independiente de las decisiones de las unidades; consecuentemente, cada firma aumenta su dotación de capital per cápita. (Frankel, 1962).

Según, Chirwa y Odhiambo (2018) a medida que la empresa varía en insumos de capital, en respuesta a las oportunidades de mercado, 'el modificador' cambia la función de producción, un caso especial de la función Cobb Douglas en las que las elasticidades son 1 y 0 respectivamente:

Ecuación 11.-

$$P = aK$$

La productividad agregada depende de la cantidad de capital total que ha sido acumulada por las firmas, y de esa manera, se cumple que el cambio técnico es exógeno a la firma, pero endógeno a la economía (Chirwa y Odhiambo, 2018).

Teorías del Crecimiento Endógeno

Las herramientas teóricas que utilizan los modelos endógenos se pueden resumir en: las funciones de producción con rendimientos constantes o crecientes; la introducción de factores de educación y capacitación en el trabajo; y, el desarrollo de nuevas tecnologías para el mercado mundial. Con estos cambios introducidos al Modelo Neoclásico tradicional, se halló que el crecimiento del producto puede ser indefinido y que la participación de la difusión del conocimiento y las externalidades producidas por el avance tecnológico son cruciales, pues compensan la tendencia de los rendimientos marginales decrecientes ante la acumulación del capital (Jiménez, 2010).

La Teoría Moderna del Crecimiento Endógeno reconoce ciertas limitaciones de la Teoría Exógena y busca soluciones para profundizar y ampliar el viejo modelo apoyándose en nuevas suposiciones, por ejemplo, su postura sobre la innovación se entiende como un proceso producido dentro del sistema y, por lo tanto, sujeto a incentivos económicos; y como un producto resultado de insumos, donde el capital físico, capital humano, I+D y economías de escala juegan papeles principales (Aghion y Howitt, 2009).

Los economistas neoclásicos defienden que la ratio de crecimiento agregado está dada por la suma de la ratio de crecimiento del empleo más la ratio crecimiento de la productividad el trabajo. Además, apoyándose en el supuesto de pleno empleo, postulan que la fuerza de trabajo aumenta a una ratio demográfica (n), por lo tanto, la ratio de crecimiento agregado es dependiente de la ratio de crecimiento demográfico, que además es exógeno, y es independiente de la inversión. Es por eso que los modelos

neoclásicos se centran en la ratio de ingreso per cápita. Por el contrario, para los economistas no convencionales es la ratio de crecimiento agregado lo que resulta más importante, debido a que creen que la economía no llega al pleno empleo (Aghion y Howitt, 2009).

El modelo de Arrow

Arrow, elaboró una relación entre la tasa de ahorro y el progreso técnico y así, indirectamente, relacionó el crecimiento del producto per cápita con el ahorro. Además, para Arrow, el conocimiento se ganaba a través de la experiencia; la acumulación de esta experiencia permitía aumentar la productividad y disminuir las horas necesarias para crear un producto determinado, dando paso a las economías de escala, es decir economías en las que el costo promedio de producir un bien o servicio cae, a medida que se produce más (Arrow, 1962).

Arrow, recoge las visiones de ciertos psicólogos de que el aprendizaje es producto de la experiencia. El aprendizaje solo puede tener lugar a través del intento de resolver un problema y, por lo tanto, solo tiene lugar durante la actividad. Además, se puede deducir en muchos de los experimentos clásicos que, el aprendizaje asociado con la repetición de el mismo problema está sujeto a rendimientos decrecientes (Arrow, 1962).

La Función de progreso tecnológico creado por Arrow fue

Ecuación 12.-

$$H = K^\gamma$$

K: capital

γ : elasticidad del capital

En esta ecuación Arrow, fija $\gamma < 1$, lo que significa que la acumulación endógena de capital no es capaz de originar un incremento proporcional en la fuerza de trabajo en unidades de eficiencia. La función (H) anterior cumple el propósito de expandir los efectos de la tasa de crecimiento exógena de la fuerza de trabajo sobre el crecimiento global. Por un lado, el modelo de Arrow es un avance con respecto al modelo Solow-Swan, porque el crecimiento de la productividad es independiente del cambio técnico exógeno, sin embargo, el crecimiento de la productividad sigue siendo dependiente del crecimiento de la fuerza de trabajo exógeno (Cesaratto, 1999).

A pesar de que el crecimiento deja de depender del cambio técnico exógeno, falló en su intento de relacionar la tasa de crecimiento del producto a largo plazo con la tasa de ahorro, porque sigue dependiendo de la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo. Para poder superar este limitante podría igualar $\gamma = 1$, es decir, igualar la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo en unidades de eficiencia a la tasa de crecimiento del stock de capital. En ese escenario, la economía crecería impulsada por la acumulación de capital con una proporción constante de capital y trabajo en unidades de eficiencia, libre tanto del crecimiento exógeno de la fuerza de trabajo o del cambio técnico exógeno. Sin embargo, esto conllevaba contradecir el supuesto de pleno empleo de la Teoría Neoclásica porque el empleo dependería del impulso de la acumulación de capital (Cesaratto, 1999).

Los modelos posteriores cambian un poco la formulación de la función de progreso técnico. La idea es que el progreso técnico no es una externalidad de la acumulación de capital, sino el resultado de las actividades de I+D o de la acumulación de capital humano, en definitiva, el progreso técnico no es solo un subproducto de la acumulación de capital. Esto queda probado empíricamente en el trabajo de Horndal, mismo que toma como caso de estudio a una planta siderúrgica de Suecia para determinar que a pesar de no existir nuevas inversiones por un periodo de 15 años, la productividad (producto por hora trabajada) aumentó un 2% anual, mismo que se imputa al aprendizaje por experiencia (Lazonick y Brush 1985).

El Modelo AK

La primera versión de la teoría del crecimiento que toma en consideración el crecimiento como factor endógeno se llama Teoría AK, que se caracteriza por una función lineal donde (A) es constante y (K) incorpora el capital físico y humano, además, la función de producción incorpora rendimientos constantes a escala, y asumimos, que la población agregada es constante. Existe una buena razón para pensar que el cambio tecnológico depende de las decisiones económicas dentro de la economía porque proviene de innovaciones industriales realizadas por empresas con ánimo de lucro y depende de la financiación de la ciencia, la acumulación de recursos humanos capital y otras actividades económicas similares. (Heijdra, 2009).

Ecuación 13

$$Y = AK$$

Al agregar las diferentes clases de capital acumulados, los retornos decrecientes no harán que el producto marginal caiga a cero porque como parte del cúmulo se encuentra el progreso tecnológico necesario para detener los retornos decrecientes. Según los

modelos (AK), la manera para sostener grandes tasas de crecimiento es ahorrar una gran fracción de PIB, parte del cual terminará financiando una mayor tasa de progreso tecnológico, lo que resultará en crecimiento acelerado. Entonces, en la función de producción AK, el capital per cápita siempre crece a una tasa constante. De este modo, no se predice convergencia hacia ningún estado estacionario porque va a depender del ahorro acumulado. Bajo este enfoque, podemos decir que las condiciones iniciales de ahorro (s) y productividad (A) son las que diferencian el crecimiento entre los países (Heijdra, 2009)

El Modelo de Lucas

Comienza resaltando con datos las diferencias entre países y a lo largo del tiempo, en niveles y tasas de crecimiento del ingreso per cápita. Prueba que los países desarrollados tienen tasas de crecimiento estables a diferencias de países en desarrollo en el que se encuentran cambios bruscos lo que representa la posibilidad de que el gobierno tenga un papel importante dentro de la economía (Lucas, 1988).

En su trabajo elabora dos modelos: el primero, se centra en la interacción de la acumulación de capital físico y capital humano; el segundo examina un modelo en un sistema de dos bienes que admite capital humano especializado y obtiene diferentes posibilidades sobre la relación entre comercio exterior y crecimiento. Lucas, supone que el progreso técnico (A) es una función $\hat{A} = \vartheta u$ de la proporción (u) de la fuerza de trabajo utilizada en actividades de I+D o en educación: $(u) = (L_d / L)$, es, por lo tanto, un indicador de la proporción a ahorrar, la proporción de la mano de obra no utilizada para producir resultados físicos y utilizada para producir conocimiento. Entonces, el progreso técnico es endógeno, en el sentido neoclásico, depende de la propensión al ahorro y depende de la elección de la comunidad entre usar la fuerza de trabajo para producir ideas o productos actuales (Lucas, 1988).

El Modelo de Romer

El modelo que propone Romer (1986), ofrece una visión diferente de los modelos de crecimiento de largo plazo, relaja ciertos supuestos de modelos anteriores: primero, dado un modelo de equilibrio competitivo, el producto per cápita puede incrementar sin límite, a una tasa que está creciendo monótonamente a través del tiempo; segundo, la ratio de inversión y la ratio de retorno de capital puede incrementar en lugar de decrecer con incrementos en el stock de capital; tercero, el nivel de producto per capital en diferentes países no necesita converger; y cuarto, el crecimiento puede ser persistentemente lento en países en desarrollo y quizá falle en llevarse a cabo. El crecimiento en estos modelos no depende ni del cambio tecnológico exógeno ni de diferencias entre países, además las preferencias y la tecnología son estacionarias e idénticas, incluso el tamaño de la población es constante, lo crucial es la desviación del supuesto de retornos decrecientes.

El modelo que se propone es que el crecimiento está impulsado, en el largo plazo, principalmente, por la investigación tecnológica que tiene rendimientos decrecientes porque al tomar como dado el stock de conocimiento, un aumento en el número de insumos utilizados en la investigación no aumentará proporcionalmente la cantidad de producción de nuevos conocimientos. Además, la inversión en conocimiento produce una externalidad natural ya que la creación de nuevos conocimientos por parte de una empresa no puede ser perfectamente patentado o mantenido en secreto, lo que cambia sus posibilidades de producción. (Jiménez, 2010).

Romer (1986), asume que la tecnología de las empresas depende del stock de conocimiento $K(t), t \geq 0$. En lugar de una tasa de ahorro constante, se considera un problema de planificación de maximización de la utilidad de un consumidor de un solo bien representativo con $\delta > 0$:

Ecuación 14.-

$$\max \int_0^{\infty} u(c_t) e^{-\delta t} dt \text{ subject to } K(t), t \geq 0$$

$e^{-\delta t}$ = factor de descuento

$c = c_t$ El actual consumo de este propietario o trabajador

De esto se formalizan tres casos: uno sin cambio tecnológico, otro con crecimiento explosivo y un caso donde se anulan ambas fuerzas de crecimiento tecnológico y rendimientos decrecientes, en el cuál:

Ecuación 15.

$$\alpha + n = 1$$

Lo que diferencia al modelo son: externalidades, rendimientos crecientes en la función de producción y rendimientos decrecientes en la función de conocimiento, los que combinados producen un modelo que llega a un crecimiento con equilibrio competitivo. Lo fundamental es que el modelo asume que el conocimiento es un bien de capital con un producto marginal creciente (Romer, 1986).

A diferencia del modelo de Arrow que se verificó anteriormente, el modelo de Romer sí sacrifica el supuesto de pleno empleo porque la tasa de crecimiento de la población deja

de depender del ahorro. El crecimiento del factor (K) es interpretado en el modelo de Romer como consecuencia de la inversión en investigación y desarrollo y no como consecuencia del aprender mediante la práctica (Jiménez, 2010).

El Modelo de Producto-variedad

Romer (1990), llena el vacío que dejan los modelos de aprender haciendo: primero, porque el supuesto de que ($\alpha+n=1$) no se encuentra apoyado en datos; por otra parte, porque los modelos anteriores imposibilitaban el avance dentro del campo de estudio debido a que conceptualizaban que el aprendizaje se daba al realizar actividades, sin considerar la inversión deliberada en progreso tecnológico, al mismo tiempo que apoyaban la existencia de retornos constantes a escala y la competencia perfecta; por último, tomando en cuenta su ecuación, todo el ingreso es asignado al capital o al trabajo, pero ninguna parte a la I+D.

Ecuación 16.-

$$Y = r^k K + W_L L$$

El argumento presente en este estudio se basa en tres premisas: la primera, es que el cambio tecnológico dado por la mejora en las instrucciones al mezclar materias primas es fundamental para el crecimiento económico y provee un incentivo para la continua acumulación de capital, y juntos, acumulación de capital y cambio tecnológico, son responsables de gran parte del incremento en el producto por hora trabajada. La segunda premisa, es que el cambio tecnológico es endógeno porque es llevado a cabo por personas que responden a incentivos de mercado. La tercera premisa, y más fundamental, es que las instrucciones para trabajar con materia prima son diferentes a las de otros bienes económicos. Una vez, el costo de crear un nuevo conjunto de instrucciones ha sido pagado, las instrucciones pueden ser utilizadas varias veces sin costo adicional, como sería un costo fijo Romer (1990),

Para entender el modelo, también resulta fundamental comprender el concepto de capital humano como años de educación o capacitación, que son específicos de la persona y que toman en cuenta los cambios en la calidad de la fuerza laboral debido a diferentes niveles de educación y experiencia. Este concepto de capital humano es más limitado que la noción utilizada en los modelos teóricos de crecimiento basados en la

acumulación ilimitada de capital humano, como los presentados por Lucas (1988). El modelo utilizado aquí separa el componente rival del conocimiento (H), del componente tecnológico no rival (A), debido a que tiene una existencia separada de la de cualquier individuo, (A) puede crecer sin límites. En la formulación específica que se utiliza en el modelo, cada nueva unidad de conocimiento corresponde a un diseño para un nuevo bien, por lo que no hay ningún problema conceptual al medir (A), es un recuento del número de diseños nuevos (Griliches, 1998).

La especificidad utilizada en este modelo se diferencia de investigaciones anteriores; primero, porque muestra que la correcta medida de escala es el capital humano no la población, ya que se basa en la idea de que la productividad viene de aumentar la variedad de productos intermedios especializados; segundo, la variedad de la producción se expande gradualmente, ya que el descubrir cómo producir un largo rango de productos implica un gasto en recursos reales, incluyendo tiempo. Por cada nuevo producto existe un costo fijo de la innovación en el producto, en el que se incurre únicamente por una ocasión; cuando el producto se crea por primera vez, el costo fijo puede entenderse como un costo de investigación, una actividad que resulta en innovación y que hace que el stock de conocimiento tecnológico aumente, en ese caso, el conocimiento tecnológico consiste en una lista de planos, cada uno describe cómo producir diferentes bienes y cada innovación añade un plano más (Romer 1990).

El Modelo de Shumpeter

La otra rama de la teoría basada en la innovación, desarrollada por Aghion y Howitt (1992), surgió de la organización industrial moderna y se conoce comúnmente como la Teoría del Crecimiento de Schumpeter, porque se centra en las innovaciones que mejoran la calidad y que vuelven obsoletos los productos antiguos. La obra describe la innovación industrial que se enfoca en mejorar la calidad del producto e introduce la obsolescencia, misma que muestra una característica importante del proceso de crecimiento, el progreso crea pérdidas y ganancias debido al el 'proceso de destrucción creativa'.

La teoría Shumpeteriana empieza con una función de producción especificada a nivel industrial:

Ecuación 17.-

$$Y_{it} = A_{it}^{1-\alpha} K_{it}^{\alpha} \quad 0 < \alpha < 1$$

Donde:

A_{it} es el parámetro que refleja la productividad según la tecnología más reciente utilizada en la industria (I) en un tiempo (t)

K_t = representa el flujo de un producto intermedio único utilizado en el sector, cada unidad de él es producido por un producto final, o en la versión más completa del modelo, por el capital.

Para Aghion y Howitt (1992), la teoría Schumpeteriana establece que, un crecimiento más rápido, generalmente, implica una mayor tasa de rotación de empresas, porque este proceso de destrucción creativa genera la entrada de nuevos innovadores y salida de antiguos innovadores. La producción agregada depende del stock de capital agregado (K_t) y el factor de aumento de la productividad laboral (A_t), que es simplemente la suma no ponderada de los (A_{it}) específicos del sector de acuerdo con la función de producción agregada por trabajador, tipo Cobb-Douglas:

Ecuación 18.-

$$Y_t = A_t^{1-\alpha} K_t^\alpha$$

A diferencia de la teoría neoclásica, en la que la tasa de crecimiento a largo plazo de la economía está dada por la tasa de crecimiento (n), aquí depende endógenamente de la tasa de innovación de toda la economía (Aghion y Howitt, 2014).

Hay dos insumos principales para la innovación: los gastos privados realizados por el posible innovador y el stock de innovaciones que ya han realizado los innovadores anteriores. La teoría es flexible al modelar la contribución de innovaciones pasadas, en el primer caso, modela un país que está realizando una innovación de vanguardia que mejora la tecnología de punta en su industria; y en otro caso, en el que la innovación consiste simplemente en imitar tecnologías que se han desarrollado en otros lugares. Por lo tanto, al tener en cuenta que las innovaciones pueden interactuar entre sí de diferentes maneras en diferentes países, la Teoría de Schumpeter proporciona un marco en el que los efectos de crecimiento de varias políticas dependen en gran medida del contexto. En particular, el modelo de Schumpeter es adecuado para analizar cómo variará el desempeño del crecimiento de un país con su proximidad a la frontera tecnológica y hasta qué punto el país tenderá a converger hacia esa frontera (Aghion, Akcigit, y Howitt, 2014).

La Teoría de Schumpeter se diferencia de los modelos neoclásicos que toman como dadas las frecuencias críticas de innovación, es decir, la frecuencia en que se producen innovaciones que superan la tecnología disponible y la frecuencia en la que se producen imitaciones. Sin embargo, la Teoría de Schumpeter deriva endógenamente estas frecuencias de innovación del problema de maximización de ganancias que enfrenta una posible innovación derivándola de la maximización de la utilidad que, a su vez, depende de las características institucionales de la economía, Aghion y Howitt (1992).

Contabilidad del crecimiento

Una opción para comparar la Teoría Neoclásica y la Teoría (AK), con las Teorías de la Variedad de productos y de Schumpeter es calcular qué tanto de crecimiento es atribuible a la acumulación de capital físico y humano, y qué tanto es el resultado del crecimiento en la productividad, utilizando la contabilidad del crecimiento, un método inventado por Solow (1957).

La contabilidad del crecimiento utiliza el indicador PTF, este parámetro nos dice, no únicamente, qué tan productivo es el trabajo, sino qué tan productivamente está utilizando la economía todos los recursos que tiene. Por esta razón, la ratio de crecimiento es la suma de dos componentes: la ratio de crecimiento de PTF y un componente que depende del capital. La primera (mide el efecto directo del progreso tecnológico y la segunda, mide el efecto de la acumulación de capital (Aghion y Howitt 2009).

Como casi todos los países tienen series de tiempo de producto, capital y trabajo, pero no tienen series de tiempo de PTF y acumulación de capital, la contabilidad del crecimiento lidia con estos problemas en dos pasos: El primero, es estimar la contribución de capital utilizando los datos de los factores de precios, el segundo, es estimar el crecimiento de PTF utilizando el método del residuo de Solow (Aghion y Howitt 2009).

Resumen de teorías

Tabla 1. Resumen de teorías del crecimiento

Modelos	El conocimiento como bien no rival y no excluible	I+D y su efecto en el crecimiento económico	Limitantes
Modelo Neoclásico	Solow (1956) trataba (A) como un insumo exógeno y provisto públicamente, que era no rival y no excluible, por lo tanto, el factor (A) no recibe compensación y cada firma que asumía el	Sin embargo, el progreso técnico no puede explicarse en estos modelos porque no se lo considera un factor económico dentro del campo de estudio. Por otro	Según (Jímenez, 2010) la mayor limitación de estos modelos es que no explican de

	modelo era libre de explotar el stock entero de (A).	lado, el crecimiento a corto plazo se basa en la acumulación de capital que tiene rendimientos decrecientes.	dónde vienen estos cambios de tecnología, por lo que los modelos endógenos tratarán de brindar luces.
Modelo Endógeno	Diferencias entre Modelos Endógenos	Diferencias entre Modelos Endógenos	Los modelos se centran en explicar tres hechos en los cuales la Teoría Neoclásica había fallado: en primer lugar, los modelos de crecimiento debían explicar la falta de convergencia de hace un siglo o más; segundo, explicar el crecimiento del capital humano y finalmente, la divergencia sistémica del crecimiento. (Jímenez, 2010)
Modelo de Arrow	Arrow (1962a) establece que un incremento en capital (K) necesariamente lleva a un incremento equiproporcional en conocimiento a través de learning by doing, pero en su	Para Arrow el conocimiento se ganaba a través de la experiencia, la acumulación de esta experiencia permitía disminuir las horas necesarias para crear un producto	Por un lado, el modelo de Arrow es un avance con respecto al modelo Solow-Swan porque el crecimiento

<p>modelo se sigue tratando al conocimiento como un bien público</p>	<p>determinado, dando paso a las economías de escala, en las que el costo promedio de producir un bien o servicio cae a medida que se produce más porque la productividad aumenta debido a la experiencia y por lo tanto el costo promedio cae (Arrow, 1962).</p>	<p>de la productividad es independiente e del cambio técnico exógeno, sin embargo, el crecimiento de la productividad sigue siendo dependiente del crecimiento exógeno de la fuerza de trabajo. (Cesaratto, 1999).</p>
--	---	--

Modelo AK

Modelo de Lucas

<p>Lucas (1988) acepta que lo clave es la producción de capital humano antes que capital físico porque genera bienes no rivales y no excluibles</p>	<p>En otras palabras, el progreso técnico se representa como en el modelo estándar de Solow $\hat{A} = m$, pero es endógeno, en la medida en que depende de la elección de la comunidad entre usar la fuerza de trabajo para producir ideas o productos actuales.</p>	<p>La diferencia está en el término $(1 - m)$ que permite considerar la tasa de crecimiento de la eficiencia del trabajo, como dependiente de las decisiones de ahorro de la comunidad (Cesaratto, 1999).</p>
---	--	--

Modelo de Romer

<p>La tecnología todavía se trata como un bien público puro.</p>	<p>Lo que diferencia al modelo son: externalidades, rendimientos crecientes en la función de producción y rendimientos decrecientes en la función de</p>	<p>Para Romer (1994,) aunque la tecnología surge como un efecto secundario de las decisiones de inversión privada, es</p>
--	--	---

conocimiento, los decir, de la que combinados actividad producen un modelo empresarial, que llega a un la tecnología crecimiento con todavía se equilibrio trata competitivo. Lo como un bien fundamental es que público puro, el modelo asume tal como en el que el conocimiento modelo es un bien de capital neoclásico. con un producto Un segundo marginal creciente límite es que (Romer,1986). Romer asume que los efectos indirectos de investigación es privadas debido al comportamiento maximizado dado por los incentivos, conducen a la mejora del acervo público de conocimiento y, al mismo tiempo, mantienen una toma de precios marco competitivo sin poder de monopolio que requiere la asunción de una función de producción homogénea de grado uno en todos sus

insumos, incluida la actividad de investigación y desarrollo, que todavía se trata como un bien no rival.

<p>Modelo Producto-variedad</p>	<p>El modelo sostiene dos características del conocimiento, crecimiento no limitado e incompleta apropiabilidad. Por otro lado, este modelo acepta que el cambio tecnológico es un bien con una parte no rival pero excluible y niega el rol que el comportamiento maximizador privado juega en generar cambio mediante la destrucción creativa (Aghion y Howitt, 2009).</p>	<p>El modelo, elaborado por Romer (1990) acorde con el cual, la innovación causa crecimiento en la productividad creando nuevos, pero no, necesariamente, mejores variedades de productos</p>	<p>El modelo, elaborado por Romer (1990) acorde con el cual, la innovación causa crecimiento en la productividad creando nuevos, pero no, necesariamente, mejores variedades de productos</p>
--	--	---	---

<p>Modelo de Shumpeter</p>	<p>Rival y excluible</p>	<p>El estudio desarrolla la innovación industrial que se enfoca en mejorar la calidad del producto e introduce la obsolescencia, misma que muestra una característica importante del proceso de crecimiento, el progreso crea pérdidas y ganancias debido a la destrucción creativa(cita).</p>	<p>Se debería introducir el capital en el análisis como lo hace la contabilidad del crecimiento. Otro problema con la teoría es la suposición de mercados financieros perfectos.</p>
-----------------------------------	--------------------------	--	--

Modelos empíricos

Jones (1995), relaciona la PTF con la tasa de crecimiento del número de científicos e ingenieros, en tres países, mediante un modelo econométrico de series de tiempo, sin encontrar resultados concluyentes. Lo anterior evidencia como los modelos de crecimiento neoclásicos endógenos usualmente suelen calcular la relación entre la PTF y el número de investigadores representando el acervo de conocimientos.

Otros autores como Marroquín y Ríos(2012), argumentan que, en lugar de considerar el número de investigadores, la forma correcta de medir la relación entre la PTF y la I+D es utilizar el gasto en I+D como proporción del PIB. También, los modelos no lineales como el que utilizan Kijek y Kijek, (2020) toman en consideración las diferencias en educación y entrenamiento y sus efectos en la calidad de I+D, encontrando un impacto respecto a la PTF.

Además, el modelo de datos de panel no balanceados de Suárez y otros (2008), utiliza un modelo de efectos fijos para observar el número de patentes otorgadas y el número de publicaciones indexadas, que se han presentado a lo largo del tiempo para trece países con datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana REICYT. Por otra parte, el modelo espacial de innovación en Ecuador de (Morales y Morales, 2020) utiliza los modelos SAR, SEM, espacial de Durbin y los datos de la Encuesta de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación ACTI 2012-2014 con 6.275 empresas, encontrando una concentración del éxito innovador en Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua.

De acuerdo con autores como Camino y otros (2018), estiman la PTF mediante el uso de una función de producción a nivel de empresas, provincias, y subsectores manufactureros. Para ello utilizan un modelo que tiene como variables: el total de ingreso por venta de las empresas, el número de trabajadores, activos fijos netos, y el consumo de materias primas (estos datos se obtuvieron de la Superintendencia de Compañías en el año 2017). Por último, el trabajo de Chavarro (2017) calcula sobre 114 valores de años- empresa, con un promedio de cuatro empresas representativas en cada provincia la I+D provincial.

El trabajo de (Astudillo y Briozzo, 2015) contribuye al análisis de los determinantes de la innovación en las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) manufactureras de la Argentina y del Ecuador. Se utilizó el panel de datos de la encuesta empresarial del Banco Mundial con la información de los años 2006 y 2010 y se utilizó un modelo Probit, que responde la pregunta de cuáles son los determinantes de la innovación en la Argentina y en el Ecuador. En el estudio se distinguen dos tipologías de la innovación: innovación en producto y la innovación en proceso.

Capítulo 1 .- Evolución y caracterización de la I+D en la economía nacional en el periodo 2006-2022

Para describir la evolución y caracterizar a la I+D en la economía nacional en el periodo 2006-2022 se utilizan los datos del SRI. La información permite obtener: el registro de personas que cuentan con RUC, la información proveniente de las declaraciones del Impuesto a la Renta de Sociedades y las declaraciones por concepto de Retenciones en la Fuente.

En términos generales, en esta sección hemos observado el crecimiento a lo largo de los diferentes años según disponibilidad y relevancia de la información de la I+D considerando los sectores, provincias y tipo de investigación. Las personas naturales dedicadas a actividades de I+D fueron las que más se inscribieron como contribuyentes a lo largo de los años. Aunque las inscripciones de las personas naturales y sector privado se mantuvieron constantes, el sector público tuvo una concentración de inscripciones en los años 2008 y 2009 debido a nuevas políticas que se implementaron.

Se observó que el número de contribuyentes que más se ha registrado fue en Actividades de I+D en Humanidades. Adicionalmente, Cotopaxi y Azuay son las provincias que se destacan con la mayor variación porcentual, en la mayoría de los años, debido a las actividades de I+D que se han desarrollado en diferentes sectores productivos de estas provincias.

Evolución y caracterización de contribuyentes en actividades de I+D

Hasta el 2022 existieron 7,023 contribuyentes inscritos en actividades de I+D en la página del SRI. Este número es alto en comparación al promedio de otras actividades

que es de 2,951. Si analizamos la Gráfica 1, podemos observar que los períodos de mayor auge en cuanto a la inscripción de nuevos contribuyentes, es decir, el catastro de personas que cuentan con RUC que realizan actividades en I+D en el SRI fueron de 2006 a 2008 y de 2016 a 2019. Sin embargo, se puede decir que se mantuvo un número constante de registros a lo largo del período de estudio debido a que no hubo grandes variaciones.

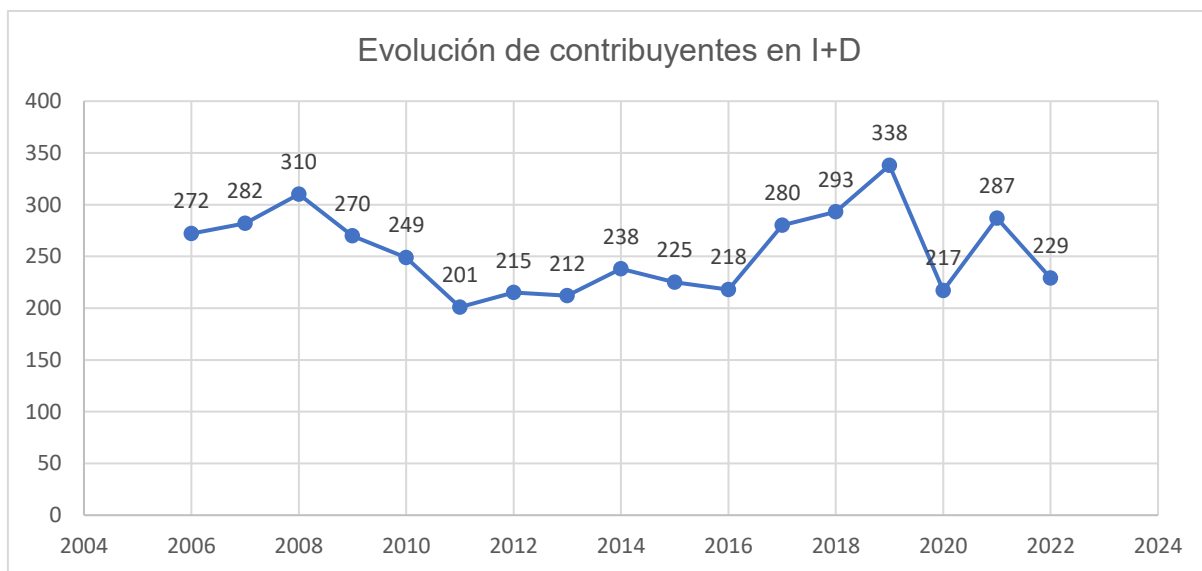


Gráfico 1

Evolución y caracterización de contribuyentes por tipo de investigación

Si analizamos la Gráfica 2, podemos observar que el número de contribuyentes que más se han registrado fueron en actividades de I+D en Humanidades, en todos los años excepto 2022, año en que la I+D en Ingeniería y Tecnología la superó por primera vez. Además, al inicio del período de estudio la I+D en Agronomía era la segunda actividad con mayor número de contribuyentes hasta 2011 y luego fueron la I+D Experimental en Ciencias Naturales y Técnicas e I+D en Ingeniería y Tecnología. Esto tiene coherencia debido a que para el año 2013 más del 40% de los investigadores del país se dedican a trabajar en las Ciencias Sociales y Humanidades (INEC,2013).



Gráfico 2

Evolución y caracterización de I+D por tipo de contribuyente

El Gráfico 3, indica que las personas naturales que se dedican a actividades de I+D son las que más se han inscrito como contribuyentes a lo largo de los años a comparación con otros tipos de contribuyentes como sector público; empresas del sector privado; economía popular y solidaria; y organismos internacionales. Aunque los contribuyentes inscritos como personas naturales y sector privado que desarrollaban actividades de I+D se han mantenido creciendo de manera constante, el sector público registró una mayor concentración en 2008 y 2009.

Entre 2007 y 2012 se produjeron llamativos cambios en el Estado, la reapertura de una agencia planificadora: La Secretaría Nacional de Planificación (SEMPADES) y la creación de nuevas agencias estatales llamadas Ministerios Coordinadores: Ministerio Coordinador de la Política Económica (MCPE) y Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC). La adopción de nuevas políticas comerciales, de crédito y de estímulos a las industrias nacionales y el énfasis puesto por el gobierno nacional en dictar una Ley de Educación Superior que dota al Estado de mayores capacidades legales para controlar la investigación y desarrollo (Andrade,2016)

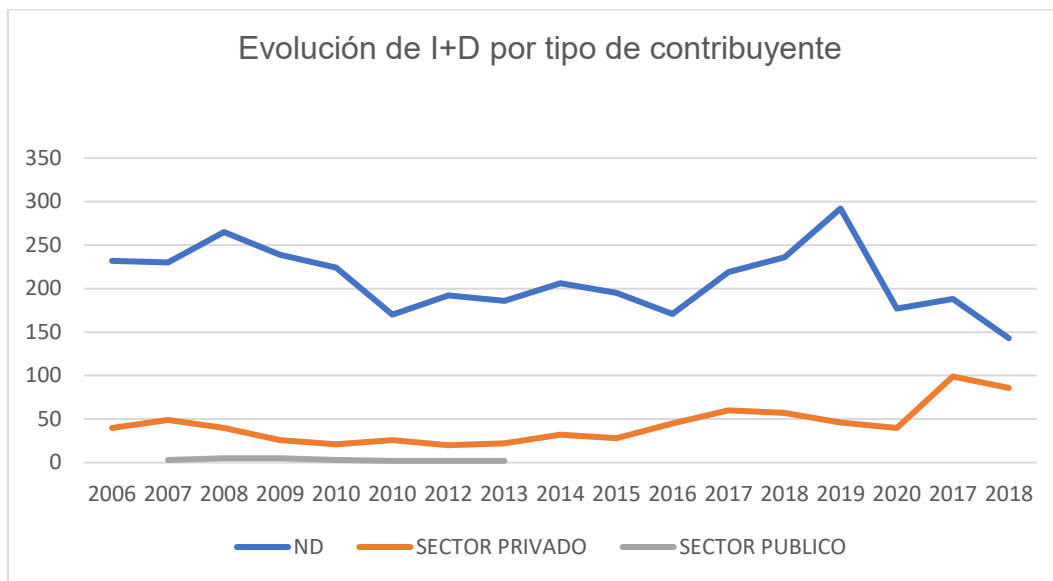


Gráfico 3

Evolución y caracterización de contribuyentes I+D por provincia

Las provincias con mayor número de contribuyentes a nivel agregado son Pichincha, Guayas, Tungurahua y Azuay, Anexo 1. Las provincias que más crecimiento registraron fueron Cotopaxi y Azuay a lo largo del periodo de estudio, a excepción de los años 2010, 2013, 2018 y 2022 en los cuales Guayas fue la única provincia que tuvo una variación porcentual positiva. Tungurahua fue la provincia que más creció en 2007 y 2012 y finalmente, Pichincha lideró en 2019. En Cotopaxi los que más se inscribieron fueron personas naturales. Cotopaxi produce casi el 90% de brócoli en todo el país en donde los cultivos han alcanzado rendimientos de 23.5 toneladas por hectárea gracias a la inversión en: I+D en nuevos híbridos e I+D que ha posibilitado la creación de estructuras de integración vertical. Ecuador se consolidó como el principal productor y exportador de brócoli en América del Sur (Guerra, 2012).

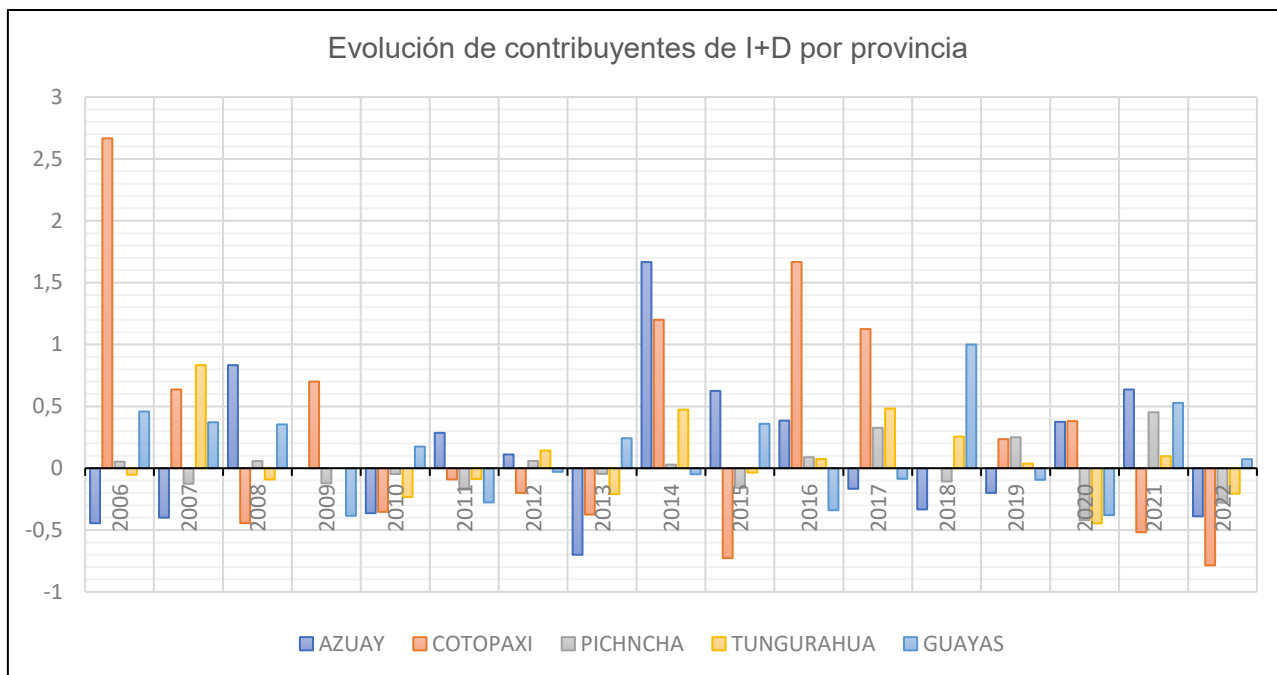


Gráfico 4

Declaraciones de I+D en la economía nacional 2006-2022

Hasta el año 2022, la contribución en actividades de I+D superó, la media de otras actividades económicas. A nivel agregado, se destaca el predominio del intelecto en estas actividades en todos los sectores privado, popular y solidario; y sector público. El sector público fue el que realizó la mayor cantidad de declaraciones de impuesto a la renta hasta el 2022 a pesar de que los primeros años era superado por el sector privado. En términos provinciales, Imbabura, Pichincha y Guayas fueron las ciudades que más realizaron declaraciones dentro de las provincias más destacadas. Es importante mencionar que la I+D en las ciencias económicas fue la que superó a nivel agregado a otros campos, alcanzando un total de \$1,825,676,121.

Evolución y caracterización de declaraciones de I+D

La contribución hasta 2022 de las declaraciones de I+D es de \$2.918.550.721,00 más alto que la media de actividades económicas que es de \$51,426,377. Si analizamos la Gráfica 7, podemos observar que los períodos de mayor auge en cuanto a aportaciones de contribuyentes en el SRI fueron de 2014 a 2021.

En 2013 se promulgó el segundo Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV), este plan es aún más explícito. SENPLADES afirmaba que el Plan definía cuatro ejes para la nueva estrategia de acumulación del desarrollo del país, indicando que dicha estrategia suponía cambios simultáneos y progresivos en la dinámica productiva, para consolidar una economía diversificada e incluyente orientada por el conocimiento y la innovación (Andrade, 2016).

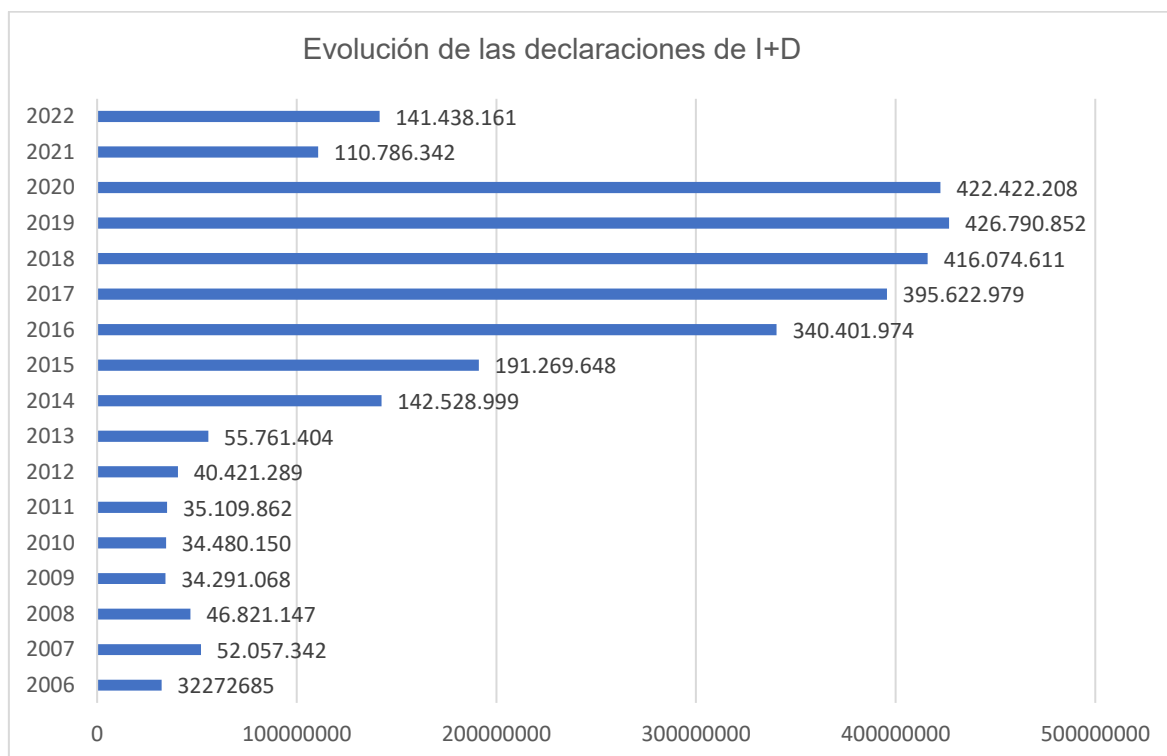


Gráfico 5

Evolución y caracterización de declaraciones por sector

El sector público es el que más declaraciones sumó a nivel agregado hasta el 2022, seguido por el sector privado con \$702.103.035 de diferencia, Anexo 2. En el Gráfico 8. se puede observar la comparación de las declaraciones por sector a lo largo de los años. Al inicio del período de estudio el sector privado fue el que más declaró hasta 2014, año en que el sector público tomó la delantera hasta 2020. En los años 2021 y 2022, el sector público no realizó declaraciones. Las personas naturales no cuentan con declaraciones en actividades I+D a pesar de que son los que aportan con el mayor número de contribuyentes porque el formulario 101 del impuesto a la renta del SRI solo tiene datos sobre las sociedades.

La Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENECYT), en el año 2014 ejecutó los proyectos: Fortalecimiento de Conocimiento y

Talento Humano en el que se invirtió \$148.0 millones; Proyectos de I+D+I Convocatoria SENACYT en 2010, que utilizó USD 26.8 millones y Becas Prometeo ejecutando \$ 10.8 millones (Ministerio de Finanzas 2014). En el 2015, mediante el artículo 298 de la Constitución de la República del Ecuador, las preasignaciones destinadas al sector salud, al sector educación, a la educación superior; y a la investigación, ciencia, tecnología e innovación, ascendieron a USD 5.778,60 millones, de los cuales a los GAD's les correspondió USD 3.595,14 millones (Ministerio de Finanzas, 2015)

De 2016 a 2021, el gasto en I+D del Presupuesto General del Estado (PGE) se designó únicamente para las preasignaciones a los GAD's pero además, en el año 2017, El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ejecutó 8 proyectos, el proyecto más relevante es el de Investigación Agropecuaria para el Cambio de la Matriz Productiva en el que se invirtió USD 1,58 millones, el mismo que tiene por objetivo principal investigar, desarrollar y aplicar el conocimiento científico y tecnológico para lograr una racional explotación, utilización y conservación de los recursos naturales del sector agropecuario.(Ministerio de Finanzas, 2017).

Según Vivanco (2020), no existía un incentivo específico que impulse directamente el sector de ciencia y tecnología antes de los incentivos tributarios planteados en el COESCCI en 2016, los esfuerzos que el Estado ha realizado desde períodos anteriores han sido mínimos para este sector. A excepción de los introducidos con la entrada en vigor del Código de la Producción, Registro Oficial 351, del 29 de diciembre del año 2010, y que de alguna manera incentivan este sector, como podemos observar a continuación:

Según el artículo 9.1 de la Ley de Régimen Tributario Interno¹⁸⁵, exonera del pago de impuesto a la renta durante 5 años para el desarrollo de inversiones nuevas y productivas que se realicen fuera de Quito y Guayaquil de los sectores económicos considerados prioritarios para el Estado como: Biotecnología y Software Aplicados, entre otros (Vivanco Carrera,2020).

El primer incentivo para la investigación responsable considerado en el COESCCI, y tipificado en la Ley de Régimen Tributario Interno en su artículo 37.1, reduce la tarifa del impuesto a la renta a aquellas sociedades productoras de bienes que reinviertan sus utilidades, en el Ecuador y en programas acreditados por la SENESCYT de investigación científica responsable o de desarrollo tecnológico, (Vivanco,2020).

El segundo incentivo, exonera del pago del impuesto a la renta para los sujetos pasivos que se encuentren debidamente acreditados ante la SENESCYT, y que realicen actividades exclusivas de investigación científica responsable o de desarrollo tecnológico de manera autónoma y que reinviertan al menos el diez por ciento de sus utilidades en el país y en la referida actividad, esta exoneración aplica únicamente sobre el monto reinvertido. Por último, exoneración de tributos al comercio exterior en la importación de equipos e insumos a ser utilizados en el desarrollo de programas, proyectos y actividades de investigación científica. Las categorías de bienes exonerados serán determinados por la SENESCYT (Vivanco,2020).

EVOLUCIÓN DE APORTACIONES POR SECTOR

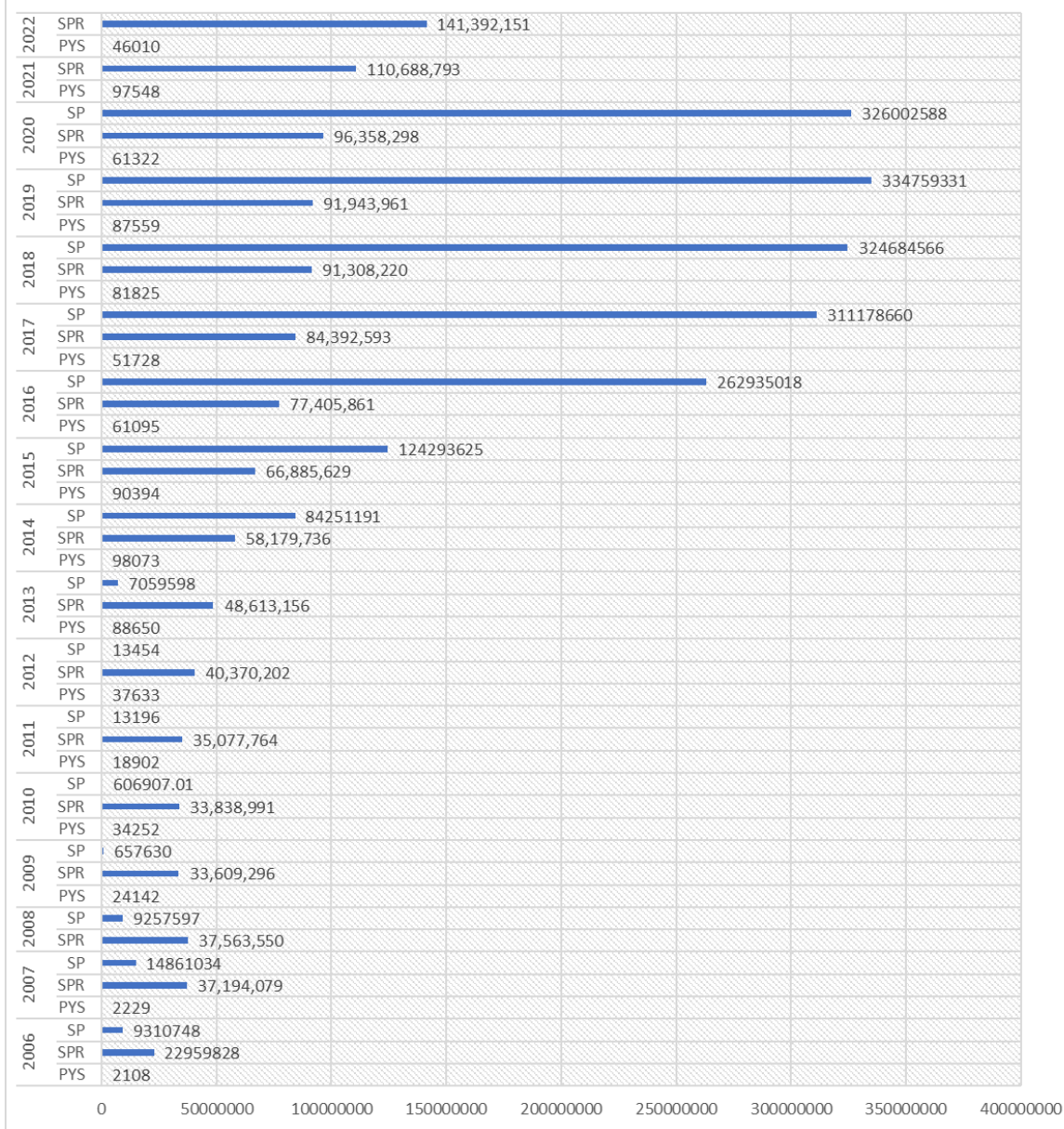


Gráfico 6

Evolución y caracterización de las declaraciones por provincia

Según los datos agregados, las provincias que sumaron más declaraciones del impuesto a la renta en actividades de I+D son: Imbabura, Pichincha, Guayas y Azuay, Anexo 3. En el Gráfico 9 las provincias que mayor crecimiento registraron fueron Imbabura, Azuay, Pichincha y Guayas respectivamente, llama la atención que es Imbabura la provincia que más declaró a nivel agregado y la que más creció, a pesar de que Pichincha es la provincia con mayor número de contribuyentes y Cotopaxi la provincia que registró más crecimiento de contribuyentes. En la mayoría de los periodos Azuay es la provincia de más crecimiento, pero de 2012 a 2016 Imbabura tuvo un crecimiento importante.

Imbabura, es la provincia donde se creó la primera ciudad del conocimiento Yachay, es la primera ciudad planificada del Ecuador, se ha constituido principalmente en un centro de carácter universitario, investigativo e industrial, tuvo sus inicios en el año 2011 y fue inaugurado el 31 de marzo del 2014. Finalmente, a inicios del 2018, los resultados del ranking anual 2017 de Nature Index colocan a la Universidad Yachay Tech en el segundo lugar del Ecuador.(Yépez,2014)

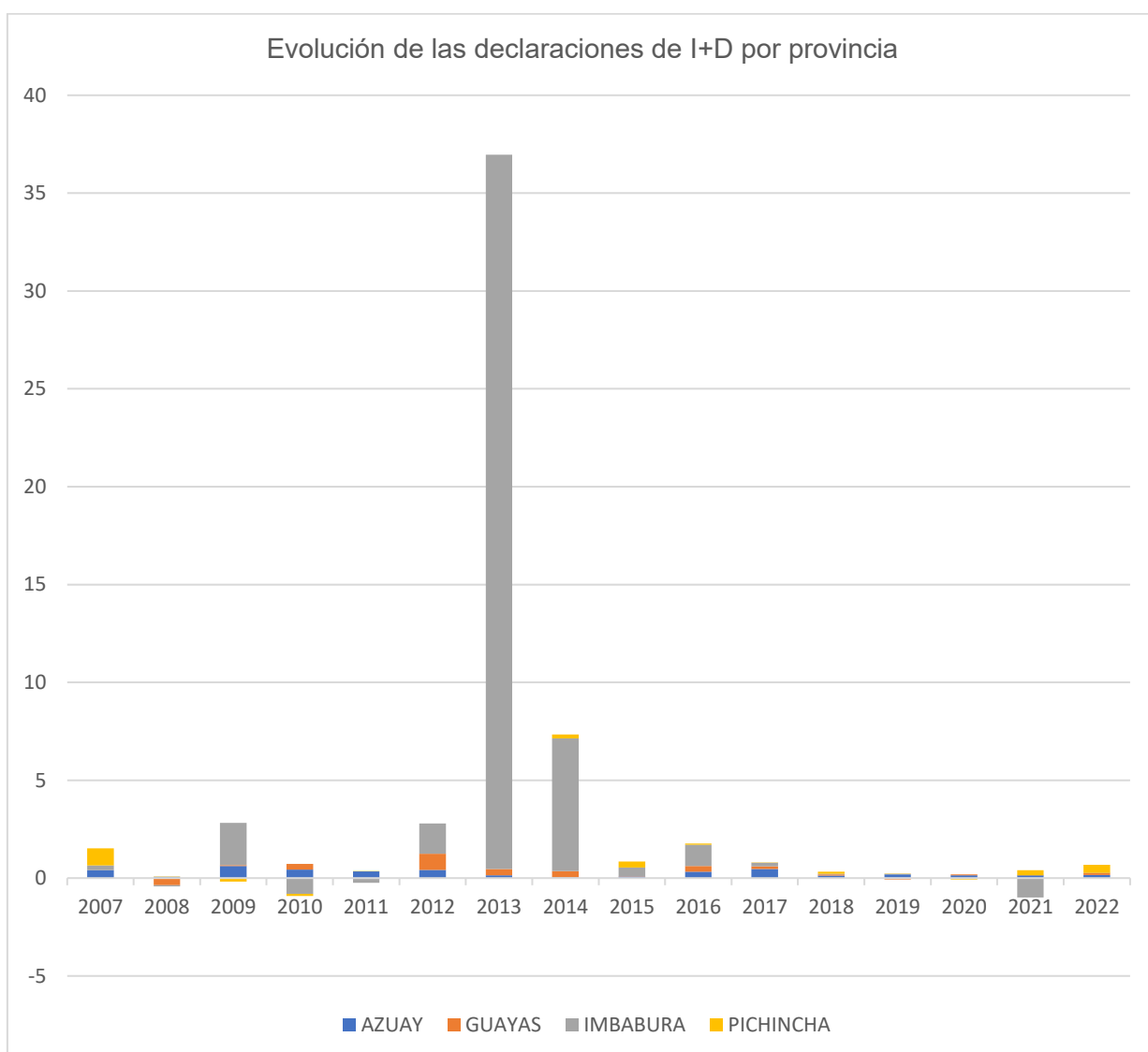


Gráfico 7

Evolución y caracterización de las declaraciones del impuesto a la renta en el que predomina actividades intensivas en intelecto o mano de obra

Del conjunto de sectores el intelecto es el que predominó a nivel agregado, Anexo 4. Para el sector público el intelecto es lo que ha predominado de manera agregada y a lo largo de los años, excepto en 2013. Como se puede ver en el Gráfico 10 la I+D pública registra que sus declaraciones del impuesto a la renta han sido en actividades intensiva en intelecto, a pesar de que las estrategias de desarrollo apostaban por inversiones intensivas en mano de obra para consolidar mejores salarios y mano de obra especializada.

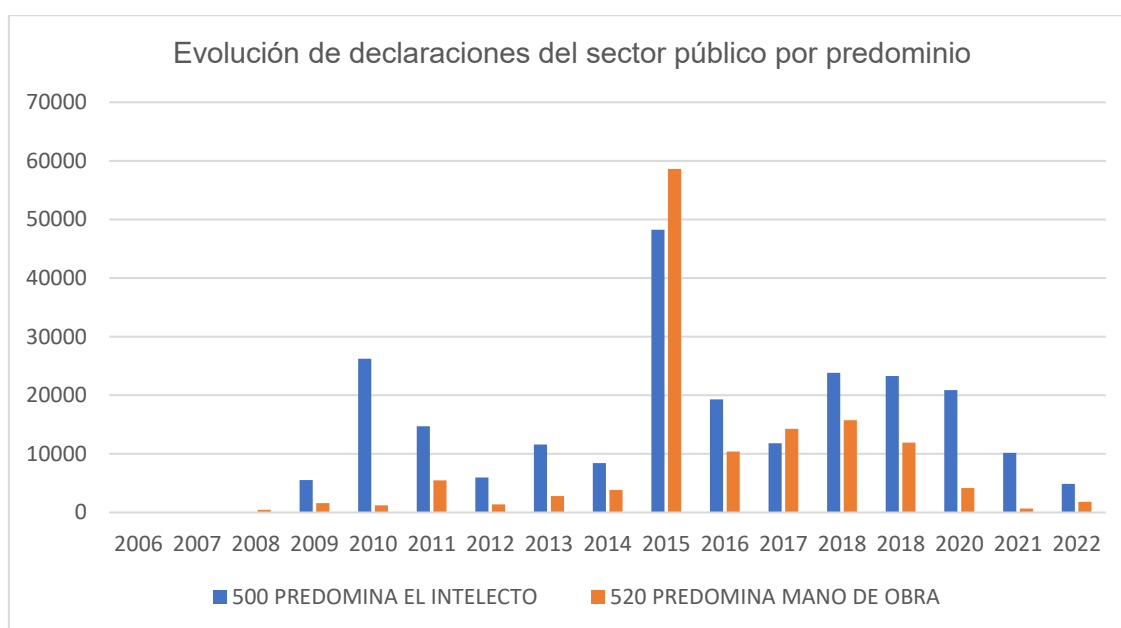


Gráfico 8

Evolución y caracterización de declaraciones por tipo de investigación

La I+D en las ciencias económicas superó a nivel agregado a los otros campos hasta 2022 con \$ 1.825.676.121, Anexo 5. Como se observa en el Gráfico 7, en el periodo 2006 a 2013 la que más predominó fue I+D Interdisciplinarios centrados principalmente en las Ciencias Naturales y la Ingeniería, excepto los años 2008 y 2009 en que la I+D en Ciencias Sociales y Humanidades destacó. De 2014 a 2020 fue la Investigación en Ciencias Económicas la que más contribuyó. Finalmente, en 2021 y 2022 la I+D en Ingeniería y Tecnología fue la más importante.



Gráfico 9

Al caracterizar y analizar la evolución de los contribuyentes y las declaraciones del impuesto a la renta a nivel de tipo de investigación, sector, provincia y predominio de mano de obra o intelecto. Los resultados muestran que gracias a los diversos proyectos y engranaje institucional propiciado por el Estado mediante los planes ejecutados por la SEMPLADES y los incentivos planteados en el COESCCI, Código de la Producción y la Ley de Régimen Tributario Interno 185, el sector público pasó a ser un agente fundamental generando que el gasto de I+D se reparta en provincias que antes no tenían un gasto significativo como Cotopaxi e Imbabura. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que contrario a lo que se buscó este gasto no fue intensivo en mano de obra y se generó casi exclusivamente en el campo de las Ciencias Económicas.

Capítulo 2.- Estimación de modelo LOGIT de determinantes de la innovación y cálculo de la PTF y regresión con I+D

Estimación de modelo LOGIT de determinantes de la innovación

Se utiliza la encuesta Estructural Empresarial para analizar la relación entre innovación y gasto en I+D en el periodo 2016 a 2021. Para los años anteriores el paper de Carvache y otros (2020) determinan la incidencia del uso de la I+D en la innovación de las empresas ecuatorianas y en ese modelo se encontró que, al no ser significativa la ratio gastos de I+D sobre ventas, esto podría explicar que el nivel de gastos de I+D no incrementa la capacidad de absorción de conocimientos de la empresa por lo que no es significativo para la innovación.

En este capítulo se va a estimar el modelo econométrico LOGIT, con el objetivo de establecer las variables que influyen en la probabilidad de que una empresa pueda innovar. Como indicador de innovación se utiliza: los Ingresos por Regalías y otros Derechos para determinar si existieron nuevos productos o servicios.

Este indicador engloba los ingresos que recibe la empresa proveniente de los derechos de autor, así como de la propiedad industrial, tales como: patentes, marcas, modelos industriales, entre otros. Estos derechos se concesionan de una empresa a otras mediante un acuerdo establecido entre las partes. (ENESEM,2021).

Regresión Logic

El modelo de probabilidad lineal tiene un defecto importante porque supone que la función de probabilidad condicional es lineal, por lo tanto, se requiere un enfoque que utilice una función no lineal para modelar la función de probabilidad condicional de una variable dependiente binaria. Los métodos más utilizados son la regresión Probit y Logit. La característica fundamental de estos modelos es que su variable dependiente es discreta, es decir, puede tomar valores como "no" o "sí" que pueden ser codificados como "0" o "1" (Paladino, 2017).

La regresión utiliza una función sigmoide, la cuál es limitada por un par de asíntotas horizontales como $x \pm \infty$. Una función sigmoidea es convexa para valores menores que un punto en particular, y es cóncava para valores mayores que ese punto (Paladino, 2017).

Ecuación 15.

$$\text{Función sigmoide} = \sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

El Modelo Logic Multivariante (PMV)

La regresión logística múltiple es una extensión de la regresión logística simple. Se basa en los mismos principios que la regresión logística simple, pero ampliando el número de predictores. Los predictores pueden ser tanto continuos como categóricos (Paladino, 2017).

Ecuación 16

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i$$

$$\text{logit}(Y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i$$

$$p(Y) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i}}$$

Variables Independientes

Ingresos por regalías y otras cesiones de derechos

Son los derechos que tiene el poseedor de una propiedad industrial por la exclusividad en la explotación de una invención por un tiempo determinado. Las patentes son un buen indicador para medir el progreso tecnológico de los países, ya que representan de manera concreta la creación y difusión de conocimiento en la actividad productiva (INEC,2015). Este indicador se utilizó en otros trabajos como (Almeida y otros, 2022), busca medir el efecto de las inversiones en I+D en la innovación.

Variables Dependientes

Investigación y desarrollo

El OCDE (2015), menciona que la I+D desempeña un papel crucial en el proceso de innovación, aunque una gran parte de las actividades de innovación no se basan en ella, todas las actividades de I+D tienen como fin consolidar una innovación debido a que son el primer paso en su desarrollo. Diversos estudios como el de Benito y otros (2011), en el que utiliza empresas manufactureras españolas en el periodo 1990-2006, encuentra que la innovación aumenta con la experiencia acumulada en actividades I+D.

Tamaño de la empresa

El tamaño de empresa actúa en contra de la necesidad de flexibilidad que la adopción de una estrategia de innovación requiere, por lo que las empresas de menor tamaño encuentran en su flexibilidad una fortaleza fundamental para desarrollar dicha estrategia (Olliver y Thompson, 2009).

Exportaciones.

El artículo de (Palangkaraya, 2012), investiga la dirección de la causalidad entre el mercado de exportación participación e innovación utilizando datos a nivel de empresa de Australia. El artículo encuentra una correlación positiva estadística y económicamente significativa entre exportación e innovación y con respecto a la dirección de causalidad, hay evidencia de que funciona en ambos sentidos para la innovación de procesos, especialmente en el sector servicios.

Recursos humanos calificados.

La relación entre capital humano e innovación fue probada en numerosos estudios empíricos como pudimos ver en la sección del marco teórico. Sin embargo, un aumento del capital humano no siempre se va a convertir en mejoras, ni en la productividad ni en la competitividad, a menos que se utilice de manera que le resulte útil al sistema

productivo. Los datos empíricos ponen de manifiesto que la relación entre el incremento en la disponibilidad de capital humano y las anteriores variables no es automática (Cañibano, 2006)

Tabla 2.Descripción de las variables de la innovación en la encuesta Estructural Empresarial del INEC (2016-2021)

VARIABLES DEPENDIENTES	DESCRIPCIÓN	TIPO	INDICADOR
PATENTES	Ingresos por regalías y otras cesiones de derechos	Dummy	Existe Patente = 1 No Patente = 0
VARIABLES INDEPENDIENTES			
I+D	Trabajos de I+D por cuenta propia y compra de trabajos en I+D	Numérica	I_D
TAMAÑO		Cuantitativa	Tamaño
EXPORTACIONES	Exportaciones	Cuantitativa	Exportaciones
EMPLEO TOTAL	Profesionales, Científico e Intelectuales total	Cuantitativa	Empleo

Para proceder con el modelo se hizo una limpieza de los datos y se reemplazó los NA con 0, esta metodología se utilizó debido a que los valores que se ingresaron como NA en la encuesta en realidad están evidenciando una empresa que no hace I+D o no tienen ingresos por regalías u otros derechos.

De 2016 a 2021 la estimación de los modelos Logic, nos demuestra que la relación entre los ingresos por regalías y otras cesiones de derechos y el número de profesionales no es significativa, al igual que la compra o elaboración de trabajos de I+D y las exportaciones. También, indica que la relación entre tamaño y generación de patentes es negativa y significativa, por lo que mientras la empresa es más grande su capacidad de innovar se verá limitada. Al verificar los resultados y compararlos con la página del SRI (2023), podemos evidenciar que no se registra que en ningún año los grandes contribuyentes hayan realizado declaraciones del impuesto a la renta en I+D, por lo tanto, siguiendo la teoría, las grandes empresas no están realizando un esfuerzo para conseguir una innovación mediante la inversión en I+D. Además, según Coba (2021) los nuevos emprendimientos dispararon el registro de marcas en Ecuador, una marca nace cuando se quiere distinguir productos o servicios entre diferentes competidores en un mercado y con el registro nace la protección a la marca, así como, los derechos de exclusividad que se otorga a sus titulares.

Tabla 3. Modelo Logic año 2016

RESIDUOS:

MIN	1Q	Median	3Q	Max
-1.5877	-0.0430	-0.0182	-0.0180	7.9099
COEFICIENTES:	Estimate	Std.Error	T value	Pr(> t)
PROFESIONALES, CIENTÍFICOS E INTELLECTUALES TOTAL	4.919e-03	6.170e-03	0.797	0.45
VALOR DE ELABORACIÓN POR CUENTA PROPIA. TRABAJOS DE I+D	N/A	N/A	N/A	N/A
VALOR COMPRA TRABAJOS DE I+D	-1.425e-05	8.60e-03	-0.002	0.999
EXPORTACIONES	-2.095e-08	1.813e-07	-0.116	0.908
TAMAÑO	-1.746e+00	2.888e-01	-6.046	1.64e-09****

La dispersión de la familia quasibinomial es 29.30529

Desviación nula: 17413.24 en 3601 grados de libertad

Desviación residual 436.75 en 3597 grados de libertad

Numero de Fisher: 12

Los resultados de todos los años son similares a la Tabla 4, tal como se puede ver en Anexo 6 al 11 y tienen concordancia con el informe de UNESCO (2018), en el que señala que el modesto nivel de patentes registradas en América Latina pone de manifiesto una falta de vocación por la competitividad basada en la tecnología. Los países latinoamericanos siguen dependiendo de sus recursos naturales para poder subsistir y pese a sus estrategias de desarrollo, la evidencia empírica nos dice que no han consolidado un sistema de innovación eficiente en el que la inversión en I+D repercuta en innovación.

Cálculo de la PTF por medio de la Función de Producción con la encuesta ACTI y la Encuesta Estructural Empresarial.

El Banco Central del Ecuador se basa en el Modelo de Contabilidad del Crecimiento para estimar la PTF a lo largo de los años, las publicaciones son de los años 2021 y 2022. Como podemos ver el factor capital es el que más contribuye al crecimiento, seguido por el factor trabajo, a diferencia de la PTF que en la mayoría de los años aportó negativamente al crecimiento.

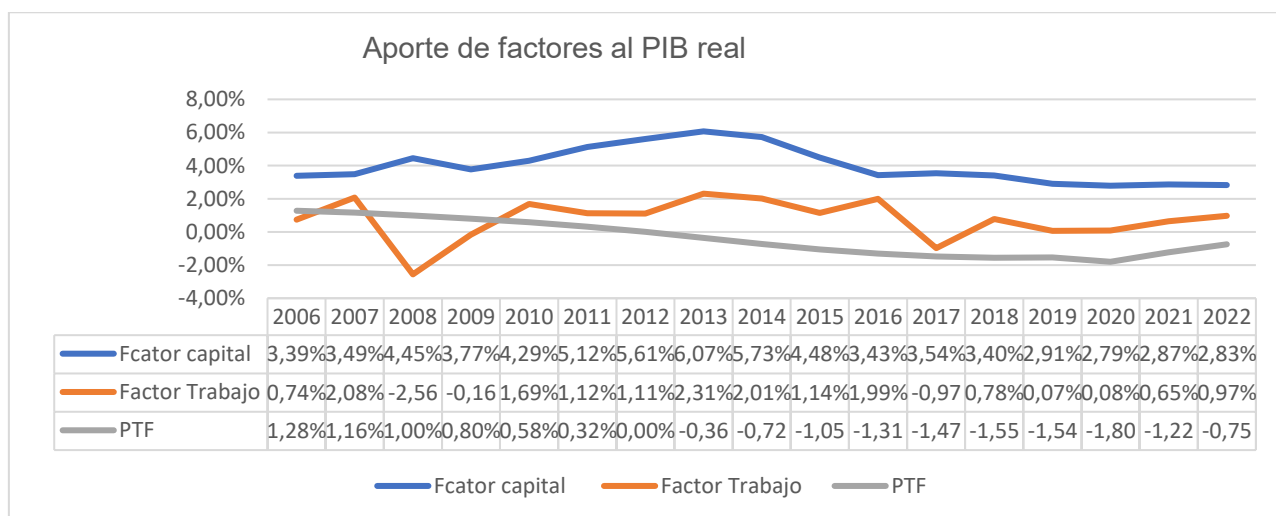


Gráfico 10

Fuente: Banco Central

Para evaluar a la I+D como determinante de la PTF a nivel de empresas, primero, vamos a estimar una función de producción de tipo Cobb Douglas de acuerdo con los datos de la Encuesta ACTI en el periodo 2009 a 2014 y de la Encuesta Estructural Empresarial para el periodo 2016 a 2021, utilizando las variables que se especifican en la Tabla 2 y Tabla 3, según la ecuación:

Ecuación 17

$$Y_i = A_i K_i^\alpha L_i^\beta M_i^\gamma$$

$$Y_i = \ln a_i + \alpha \ln k_i + \beta \ln l_i + \gamma \ln m_i + u_i$$

Posteriormente, se utilizan los coeficientes estimados de cada uno de los insumos y obtiene:

Ecuación 18

$$\hat{a}_{it} = y_{it} - \hat{a}k_{it} - \hat{\beta}l_{it} - \hat{\gamma}m_{it}$$

Además, los parámetros fueron estimados mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y dado que la investigación es de tipo corte transversal, se evaluó la validez del modelo utilizando diferentes pruebas econométricas.

DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTES

Antes de realizar la regresión vamos a evaluar la normalidad de las variables, como podemos observar en los Gráficos 11 a 18, tanto en el modelo construido con la encuesta ACTI como con la encuesta Estructural Empresarial se puede notar que las variables no tienen una distribución normal debido a que tienen valores atípicos por lo que su media no es un estadístico descriptivo confiable.

Para intentar normalizar los datos vamos a realizar la normalización Boxcox en R studio, esta función sirve para estimar una lambda que permita comprobar la hipótesis de normalidad mediante la prueba Jarque Bera. Sin embargo, al intentar calcular la lambda el valor se acerca a 1, por lo tanto, debemos aplicar el logaritmo natural y volver a ejecutar la prueba para comprobar la hipótesis. Después de realizar la prueba podemos evidenciar que la normalidad mejoró, aunque no es posible confirmar la hipótesis de normalidad.

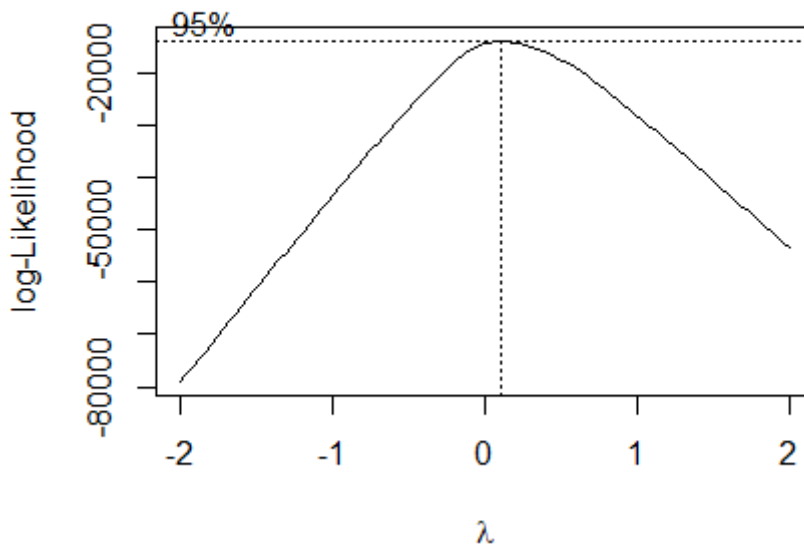


Gráfico 11

Histograma antes de Boxcox

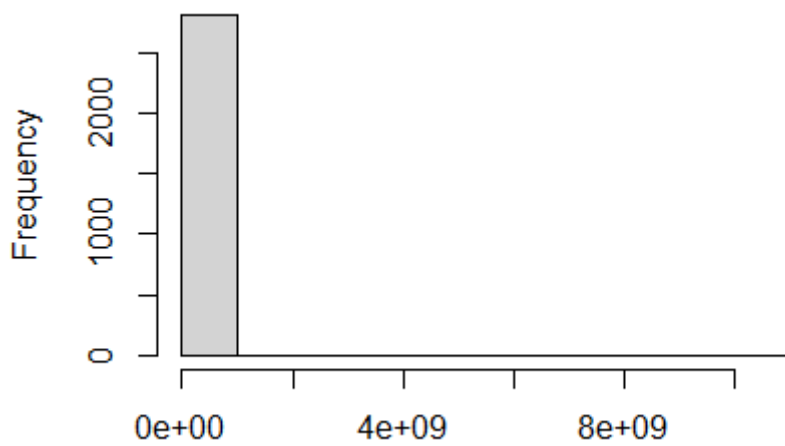


Gráfico 12

Histograma después de Boxcox

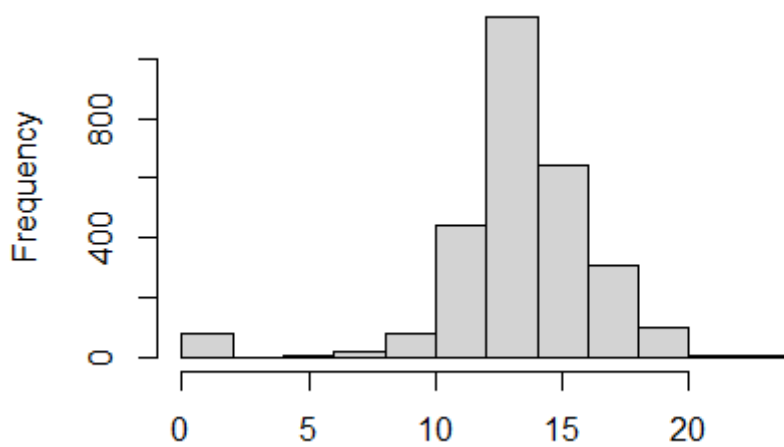


Gráfico 13

Calculó de la función de producción

Tabla 4. Definición de variables encuesta ACTI 2009-2014

VARIABLE	DEFINICIÓN
Y	Total, de ingresos por ventas
L	Número de trabajadores
K	Inversión en capital fijo anual

M	Consumo de materias primas= Gastos en adquisición de maquinaria
----------	---

Tanto para la encuesta ACTI como Estructural Empresarial se observa en la tabla 11 y 18 respectivamente que el valor de los coeficientes de los parámetros capital y trabajo y sus respectivos niveles de significancia individual (t-estadístico) son superiores al 95% excepto en 2017, 2019, 2020 como se puede ver en Anexos. Además, el estadístico F a lo largo de los años presenta una probabilidad de ocurrencia menor al 5%, señala que conjuntamente las variables regresoras son estadísticamente significativas. Por otra parte, el valor del coeficiente de determinación (R²) indica que con la encuesta ACTI el 40% de las variaciones de la producción podría explicarse por el aporte de los factores productivos capital, trabajo y materiales y solo 0.08 a 0.10 % por el modelo que se estimó con la encuesta Estructural Empresarial.

Tabla 5. Coeficientes de función de producción año 2009

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-66.414	-1.167	0.308	1.650	19.232
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	6.807972	0.123710	55.032	<2e-16 ***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.034429	0.009978	3.450	0.000568***
EMPLEO TOTAL	1.823028	0.038338	48.594	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	-0.017715	0.013936	-1.271	0.203776

Error estar residuos: 3.94 en 2811 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.4845, R cuadrado-ajustada 0.4845

F-estadístico: 880.5 en 3 y 2811 DF, P-valor: <2.2e-16

Tabla 6. Encuesta Estructural Empresarial 2016-20214

VARIABLE	DEFINICIÓN
Y	Total, de ingresos por ventas
L	Personal ocupado
K	Formación bruta de capital fijo
M	Consumo de materias primas= materia prima utilizada

Tabla 7. Coeficientes de función de producción año 2016

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-98.839	-6.806	3.924	6.401	68.917
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	12.95661	0.29706	43.616	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	0.33129	0.01928	17.183	<2e-16***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.08115	0.01798	4.513	6.6e-06***
EMPLEO TOTAL	-1.02355	0.08332	-12.284	<2e-16***

Error estar residuos: 11.61 en 3597 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.09353, R cuadrado-ajustada 0.09278

F-estadístico: 123.7 en 4 y 3597 DF, P-valor: <2.2e-16

Prueba de normalidad

Después de estimar los modelos, realizamos las pruebas para evaluarlo. La primera prueba es la de normalidad en los residuos, que el modelo guarde normalidad en los residuos es importante porque si los residuos no siguen una distribución normal, los intervalos de confianza y los valores-p pueden resultar inexactos. Se realizó la prueba Jarque y Bera y en todos los modelos tenemos la presencia de no normalidad.

Tabla 8. Prueba de normalidad

Prueba Jarque Bera	
data: residuos1	
X ² =6756.9	df= 2 p- valor < 2.2e-16

En esta sección se presentan los principales resultados de la estimación de la ecuación (3) y a partir de los coeficientes obtenidos de la estimación de la función de producción bajo el método Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) se calcula la PTF como se muestra en la ecuación (4). Los coeficientes miden el cambio en el valor de la media de Y, por unidad de cambio en una regresora, con las demás constantes.

Tabla 9. Evolución PTF con encuesta ACTI Y Estructural Empresarial

AÑO	PTF MEDIA	VENTAS (MILES DE MILLONES)	% PTF
2009	7.021	49	14%
2010	8.267	45	18%
2011	9.346	56	17%
2012	7.781	95	8%
2013	10.981	107	10%
2014	10.283	113	9%
2016	18.501	69	27%
2017	16.455	75	22%
2018	15.824	81	20%
2019	16.343	80	20%
2020	15.992	69	23%
2021	16.048	89	18%

La Tabla 24. Evidencia que la PTF promedio de las industrias que se obtuvo mediante la encuesta ACTI aumentó de 2009 hasta 2011 al igual que el nivel de ventas, desde 2012 a 2014 el nivel de ventas también aumentó, pero la proporción que es explicada por la PTF disminuyó. Según la Encuesta Estructural Empresarial, de 2016 a 2019 hubo un incremento de ventas, sin embargo, la PTF decreció por lo que se puede decir que tanto el capital como el trabajo empezaron a afectar al nivel de ventas en una mayor

proporción. Finalmente, en 2019 a 2020 el nivel de ventas disminuye, pero la PTF no disminuye proporcionalmente y en 2021 las ventas aumentan, pero la PTF no aumenta proporcionalmente.

Regresión I+D y PTF en el periodo 2009 a 2021

Tomando en cuenta los valores estimados mediante la función de producción, realizaremos una regresión lineal para observar cómo afecta la I+D a la PTF. Como resultado de 2009 a 2011 la I+D interna es significativa. Para años posteriores solo el intercepto es significativo hasta 2021, año en que ninguna variable es significativa, Anexo 12 a 18.

Tabla 10. Regresión I+D y PTF 2009

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-66.236	-1.186	0.280	1.671	19.344
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	-0.02821	0.04473	-0.631	0.5282
I+D INTERNA	0.03664	0.01497	2.448	0.0144*
I+D EXTERNA	-0.03229	0.03013	-1.072	0.2840

Error estar residuos: 3.935 en 2812 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.002249, R cuadrado-ajustada 0.001539

F-estadístico: 3.169 en 2 y 2811 DF, P-valor: 0.04221

Tabla 11. Regresión I+D y PTF 2010

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-34.572	-1.045	0.109	1.274	14.882
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	-0.03413	0.03587	-0.952	0.341318
I+D INTERNA	0.03667	0.01103	3.342	0.000898***.
I+D EXTERNA	-0.02082	0.02041	-1.020	0.307778

Error estar residuos: 3.119 en 2812 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.00399, R cuadrado-ajustada 0.003282

F-estadístico: 5.633 en 2 y 2811 DF, P-valor: 0.003619

Tabla 12. Regresión I+D y PTF 2011

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-25.5378	-0.9124	0.1300	1.1356	15.31673
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	-0.036876	0.030158	-1.223	0.22153
I+D INTERNA	0.031584	0.008805	3.587	0.00034***.
I+D EXTERNA	-0.004863	0.016585	-0.293	0.76936

Error estar residuos: 2.606 en 2812 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.004591, R cuadrado-ajustada 0.003883

F-estadístico: 6.485 en 2 y 2811 DF, P-valor: 0.00155

Tanto para la encuesta ACTI como para la Estructural Empresarial se observa en la tabla 25 a 27 que el valor de los coeficientes de los parámetros capital y trabajo y sus respectivos niveles de significancia individual (t-estadístico) son inferiores al 95% excepto en 2009, 2010, 2011 para la I+D interna, como se puede comprobar en Anexos 20 a 29. Además, el estadístico F a lo largo de los años presenta una probabilidad de ocurrencia mayor al 5%, señala que conjuntamente las variables regresoras no son estadísticamente significativas. Por otra parte, el valor del coeficiente de determinación (R^2) indica que un porcentaje muy reducido de la PTF podría explicarse por el aporte de la I+D.

En resumen, la PTF aumenta a lo largo del periodo, especialmente los años de 2016 a 2019. Al momento de comparar los años de mayor crecimiento de la PTF con el gasto en I+D de las empresas según las encuestas ACTI y Estructural Empresarial, se puede observar que no existe una relación entre la evolución de la PTF y la I+D. Por lo tanto, se prueba que las empresas del sector público y privado que han realizado un gasto en I+D a lo largo de los años no ha generado retornos que se puedan medir como en cambios en la productividad.

Conclusiones y recomendaciones

Como conclusión, existe evidencia de que el Estado se ha encargado de las actividades de I+D en mayor proporción que el sector privado específicamente de 2014 a 2021, proyectos como la Universidad Yachay Tech fue un esfuerzo para consolidar una sociedad del conocimiento que buscaba principalmente construir un ecosistema de innovación. Sin embargo, como podemos evidenciar, los datos que tenemos para poder entender la repercusión de tales esfuerzos son limitados

Para empezar, el modelo LOGIC que pretende ayudar a entender los determinantes de la innovación mediante el uso de la Encuesta Estructural Empresarial, no mostró significancia estadística en ninguna variable a excepción del tamaño, misma que mantiene una relación negativa con los ingresos por regalías y otros derechos. Esto, en parte, se puede explicar porque la mayoría de los registros de marcas lo realiza el sector emprendedor, lo que nos demuestra que es este sector el que tiene más potencialidad para generar un nuevo producto o servicio, aunque esta innovación no sea un esfuerzo de un proyecto planificado de I+D dentro de las empresas sino más bien un intento por ingresar al mercado ecuatoriano.

Posteriormente, para calcular la función de producción es necesario entender que tanto la encuesta ACTI y Estructural Empresarial tienen variables que siguen una distribución no normal y no es suficiente con transformar las variables a logaritmo natural para poder normalizarlos al realizar la modelación de los datos por MCO. Sin embargo, todas las variables que se utilizan para calcular la función de producción mostraron significancia estadística por lo que se puede decir que, si bien no se puede hacer contraste de hipótesis, se mantienen las propiedades de insesgadas, linealidad y eficiencia por lo que son útiles para entender el aporte de la PTF al nivel de ventas. La PTF explica en mayor cuantía el nivel de ventas principalmente en los años 2016 a 2020 lo que a simple vista se relaciona con los años que existió mayor I+D pero al realizar una regresión entre estas variables se observa que no existe significancia, por lo tanto, no se puede decir que la PTF y la I+D estén relacionadas estadísticamente.

El resultado de que la PTF y la I+D no tengan una relación estadística significativa lejos de ser un problema es un dato sumamente importante, mismo que ya fue comprobado por otros trabajos que se realizaron para Ecuador, pero en períodos anteriores. Esto tiene sentido porque si el gasto en I+D no está relacionado con la innovación es muy difícil que este se pueda relacionar con otros indicadores, si así fuese nos mostraría que el gasto de I+D está teniendo un retorno en un aumento de productividad a pesar de que ni siquiera ha logrado consolidarse en una innovación.

Las recomendaciones se centran en probar otra función además de la Cobb Douglas para intentar determinar el aporte de cada factor a la producción, en base a nuevas teorías de crecimiento para evaluar si existe una relación entre las variables de estudio.

Adicional, es importante probar si una estructura de rezagos es pertinente y de ser necesario incorporarlo al modelo. Por último, se puede utilizar MCO agrupados para mejorar la robustez del modelo al igual que otros modelos para interpretar los datos que no necesiten del supuesto de normalidad.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, R., Bravo-Ortega, C., & Navarro, L. (2011). Innovación, investigación y desarrollo, y productividad en Chile (pp.141-266, vol104). Revista Cepal. <https://repositorio.cepal.org/items/d9097863-bad8-4bec-8ebc-ce55100bde9a>. [Consulta: 1 de agosto del 2023].
- Álvarez, F., Eslava, M., Sanguinetti, P., Toledo, M., Alves, G., Daude, C., & Allub, L. (2018). RED 2018. Instituciones para la productividad: hacia un mejor entorno empresarial (report). Caracas: CAF. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1343> [Consulta: 1 de agosto del 2023].
- Aghion, P. & Howitt, P. (1992), 'Un modelo de crecimiento de destrucción creativa (pp.323-351, vol 60),Econometrica.
- Aghion, P. y.Howitt (2009). *La economía del crecimiento*. MIT press.
- Aghion, P., Akcigit, U., & Howitt, P. (2014). What do we learn from Schumpeterian growth theory?. In *Handbook of economic growth* (Vol. 2, pp. 515-563). Elsevier.

- Arrow, K. J. (junio de 1962). *Un repaso de estudios económicos*. Las implicaciones del aprender mediante la práctica (pp.155-173, vol29). Oxford University Press. <https://www.jstor.org/stable/2295952>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Andrade, P (2016). Política de industrialización selectiva y nuevo modelo de desarrollo (pp.21-53). Universidad Andina Simón Bolívar.
- Astudillo Durán, S., & Briozzo, A. E. (2015). Factores determinantes de la innovación en las MIPYMES manufactureras de la Argentina y el Ecuador (pp.63-65, vol4).UNS. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5296>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Banco Central, (2023). Boletín de la tasa de crecimiento a largo plazo (vol2). Banco Central del Ecuador.
- Barro, R. (1991), "Crecimiento Económico en una ciudad de corte transversal (pp407-443, vol106)). *Journal of Economics*. <http://links.jstor.org/sici?sici=0033-5533%28199105%29106%3A2%3C407%3AEGIACS%3E2.0.CO%3B2-C>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Barro, R., y Sala-i-Martin, X. (2018). Crecimiento Económico (pp.23-61, vol2). E-books.
- Carvache-Franco, O., Velez Barros, C., Carvache-Franco, M., & Carvache-Franco, W. (2020). Los factores determinantes de la innovación en las empresas ecuatorianas(vol41). *Revista Espacios*.
- Cañibano Sánchez, C. (2006). El capital humano: factor de innovación, competitividad y crecimiento. En Sexto Congreso de Economía de Navarra: actas del congreso (págs. 255-267). ISBN 84-235-2874-X. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7911279>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Camino-Mogro, S., Armijos-Bravo, G., & Marcos, G. C. (2018). Productividad Total de los Factores en el sector manufacturero ecuatoriano: evidencia a nivel de empresas (pp.241-261, vol41). *Revista de Economía y Finanzas*,
- CEPAL. (2019). Panorama de la inserción internacional de América Latina y el Caribe 2018-2019.CEPAL. de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/11463>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Chavarro, D., Vélez, M. I., Tovar, G., Montenegro, I., Hernández, A., & Olaya, A. (2017). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia y el aporte de la ciencia, la tecnología y la innovación(pp.30, vol1). Documento de trabajo.
- Chirwa, T. G., y Odhiambo, N. M. (2018). Exogenous and endogenous growth models: A critical review. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*, 21(4), 63-84.
- Cesaratto, (1999). Ahorro y crecimiento económico en la teoría neoclásica (pp771-793, vol23), *Cambridge Journal of Economics*.

- Coba Gabriela (2021). Nuevos emprendimientos disparan el registro de marcas en Ecuador. Primicias.<https://www.primicias.ec/noticias/economia/marcas-registradas-ecuador-senadi-propiedad-intelectual/>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Domar, Evsey, (1946). Capital de expansión, tasa de crecimiento y empleo(pp.137-147). *Econometría*.
- Frankel, M. (1962). La función de producción de asignación y crecimiento: un resumen (pp 996-1022, vol52) *The American Economic Review*.
- Jiménez, F. (2010). Crecimiento económico: enfoques y modelos. Capítulo 5–Teoría del crecimiento endógeno. Departamento Académico de Economía. <https://departamento.pucp.edu.pe/economia/documento/crecimiento-economico-enfoques-y-modelos-capitulo-5-teoria-del-crecimiento-endogeno/>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Griliches, Z. (1987). I+D y productividad: Cuestiones de medición y resultados econométricos(pp. 31-35, vol237). *Ciencia*.
- Griliches, Z. (1998). I+D y productividad: La evidencia econométrica (pp.120-128). Prensa de la Universidad de Chicago.
- Guaipatin, C., y Schwartz, L. (2014). Análisis del Sistema Nacional de innovación. *Hacia la consolidación de una cultura innovadora*(pp.22). Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Guerra Guanga, B. E. (2012). Plan de exportación de brócoli de la Empresa OK. ROSES SA de la ciudad de Quito a Florida Estados Unidos (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- O'Connor.G. (2019). La innovación real en I&D requiere presupuesto. Harvard Business. <https://hbr.org/2019/12/real-innovation-requires-more-than-an-rd-budget>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Harrod, Roy, (1939). Un ensayo de teoría dinámica (14-33,vol49), *Economic Journal*,
- Hall, B. H., y Rosenberg, N. (Eds.). (2010). *Handbook of the Economics of Innovation* (pp.9-50,Vol. 1). Elsevier.
- Heijdra, Ben J., 2009. Principios de macroeconomía moderna (pp.449-491,vol2). OUP Catalogue, Oxford University Press. , 9780199210695<https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/darcillon-thibault/lucasmecanicseconomicgrowth.pdf> . [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Hromádková, E. (2010). JEM004 Macroeconomía: Notas de Lectura. IES, Fall 2010.
- Hsieh, C-T., y Klenow, P. J. (2010). Development accounting (207-223, vol2). *American Economic Journal: Macroeconomics*., <https://doi.org/10.1257/mac.2.1.207>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- INEC (2012). Clasificación Nacional de Actividades Económicas.INEC
- INEC. (2014). Encuesta Nacional de actividades de ciencia tecnología e investigación ACTI.INEC

INEC(2021) Encuesta Estructural Empresarial. INEC

Jímenez, F. (2010). Crecimiento Económico: Enfoques Y Modelos (pp.431-552): Pontificia Universidad Católica de Perú. <https://econpapers.repec.org/bookchap/pcppuclib/lde-2011-01.htm>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]

Jones, C.I., 1995. Prueba de series temporales de modelos de crecimiento endógeno (pp. 495-525, vol 110). *Quarterly Journal of Economics*. <https://doi.org/10.2307/2118448>. [Consulta: 1 de agosto del 2023].

Kijek, A. y Kijek, T. (2020). Efectos no lineales del capital humano y la I+D sobre la PTF: evidencia de regiones europeas(pp.1808,vol12). *Sostenibilidad*, <https://doi.org/10.3390/su12051808>. [Consulta: 1 de agosto del 2023].

Lazonick, W., & Brush, T. (1985). El "Horndal effect" en la industria manufacturera de Estados Unidos. (pp. 53-96, vol22). *Exploraciones de historia económica*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/001449838590021X>. [Consulta: 1 de agosto del 2023].

López, J. (17 de abril de 2015). Modelo De Solow Y Swan (V). Progreso Tecnológico Exógeno. Madrid: Universidad de Valladolid. <https://www.youtube.com/watch?v=dANCVaR8BCs>

Lucas Jr, R. E. (1988). Mecanismos de desarrollo económico(pp.3-42, vol22). *Journal of monetary economics*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304393288901687>. [Consulta: 1 de agosto del 2023].

Malthus, T. R. (1798). *Ensayo sobre el principio de la población*(pp.4-47). London: Project, Electronic Scholarly Publishing.

Marroquín Arreola, Juan, & Ríos Bolívar, Humberto. (2012). Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+D. *Investigación económica*(pp.15-33, vol71), de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16672012000400001&lng=es&tlng=es. [Consulta: 1 de agosto del 2023].

Ministerio de Finanzas. (2014). Informe de Ejecución de Presupuesto año 2014. Ministerio de Finanzas. Ministerio de Finanzas. (2015). Informe de Ejecución de Presupuesto año 2015. Ministerio de Finanzas.

Ministerio de Finanzas. (2017). Informe de Ejecución de Presupuesto año 2017 . Ministerio de Finanzas.

Morales-Oñate, V., & Morales-Oñate, B. (2020). Innovación en Ecuador: un enfoque espacial(pp.500-513):. *KnE Engineering*, . DOI: 10.18502/keg.v5i2.6270. [Consulta: 1 de agosto del 2023]

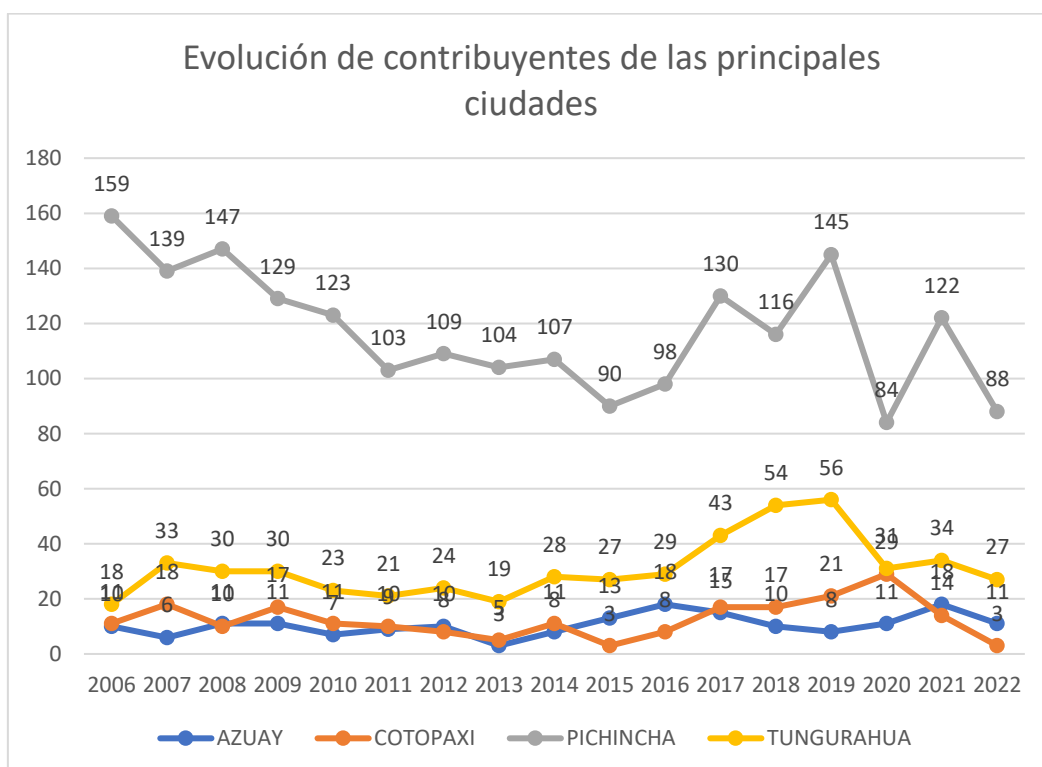
OECD (2018), Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental. OECDParis/FEYCT, Madrid. <https://doi.org/10.1787/9789264310681-es.45-86>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]

- Ollivier Fierro, Juan Óscar, & Thompson Gutiérrez, Patricia Irene. (2009). Diferencias en el proceso de innovación en empresas pequeñas y medianas de la industria manufacturera de la ciudad de Chihuahua, México(pp.9-28., vol 227) Contaduría y administración, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422009000100002&lng=es&tlng=es. [Consulta: 1 de agosto del 2023].
- Paladino, M. (2017). Modelos logit con R. https://www.institutomora.edu.mx/testU/SitePages/martinpaladino/modelos_logit_con_R.html. [Consulta: 1 de agosto del 2023].
- Palangkaraya, A. (2012). El vínculo entre la innovación y la exportación: Evidencia de las pequeñas y medianas empresas de Australia(pp.1-41, vol 8)., Documento de debate de ERIA
- Prettner, K. (2021). Ramsey-Cass-Koopmans model part 1: derivation. <https://www.youtube.com/watch?v=yzUm6JkccXg>
- Romer, P. M. (1986). Rendimientos crecimientos y crecimiento a largo plazo(pp.1002-1037),vol94. *Journal of political economy*. <https://www.jstor.org/stable/1833190>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Romer, P. (1990). Cambio tecnológico endógeno (pp 1002-1037, vol 94). *Revista de Economía Política*. <https://www.jstor.org/stable/23397462>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Swan, Trevor W (1956)..Crecimiento económico y acumulación de capital (pp.334-61, Vol.32) *Economic Record*:. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- SRI (Servicio de rentas internas).2023. Estadísticas Multidimensionales. SRI.
- Solow, R. M. (1956). Una contribución a la teoría de crecimiento económico (pp.65–94, vol 70) . *The Quarterly Journal of Economics*.. <https://doi.org/10.2307/1884513>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Suárez, A., Terán, A., & Solórzano, G. (2009). Medidas y políticas gubernamentales para promover la investigación y el desarrollo tecnológico en el Ecuador. Telechea, J. M. (2019). *Economía Explicada* . <https://www.youtube.com/watch?v=p8-4GCCpk4s>
- UNESCO. (2018). Informe de la UNESCO sobre la ciencia, hacia 2030: resumen ejecutivo. UNESCO. <https://www.unesco.org/es/articulos/aumenta-la-inversion-en-investigacion-y-desarrollo-en-el-mundo-pero-continua-muy-concentrada>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- UNESCO. (2021). Aumenta la inversión en investigación y desarrollo en el mundo, pero continúa muy concentrada. UNESCO. <https://www.unesco.org/es/articulos/aumenta-la-inversion-en-investigacion-y-desarrollo-en-el-mundo-pero-continua-muy-concentrada>. [Consulta: 1 de agosto del 2023]
- Vivanco Carrera, A. F. (2020). Los incentivos tributarios sobre las inversiones en ciencia, tecnología e innovación social en el Ecuador. Master's thesis, Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

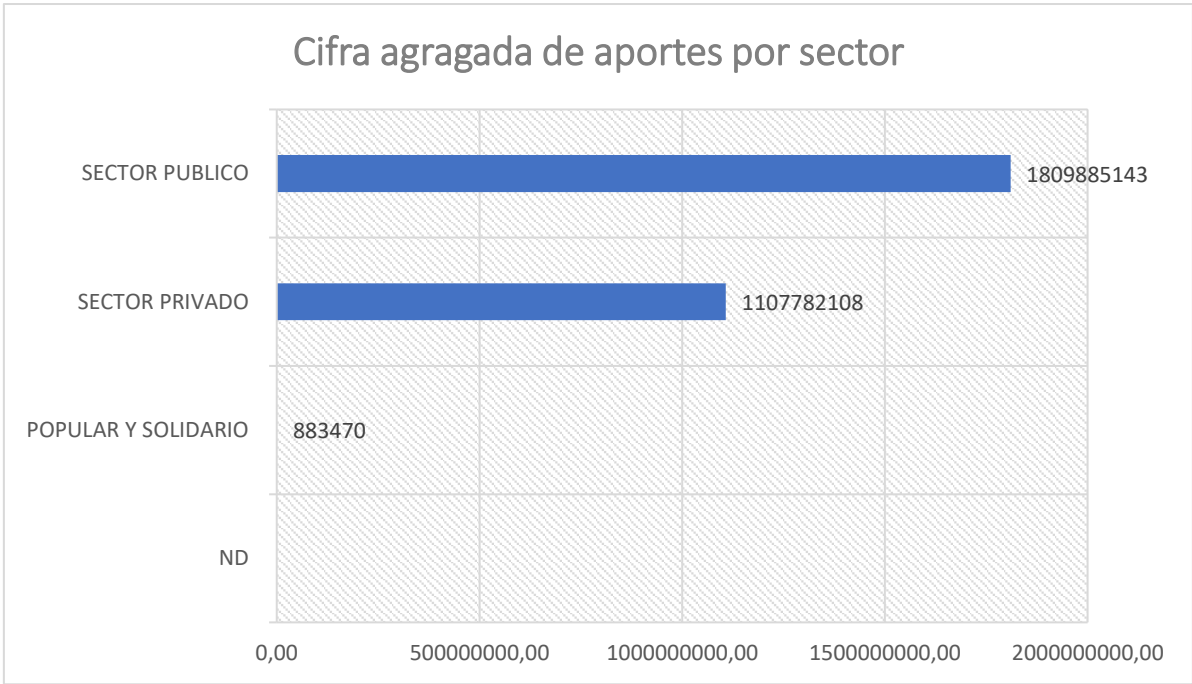
Yépez Delgado, A. M. (2014). Diseño de un sistema de seguridad y salud ocupacional para la empresa pública Yachay en el cantón Urcuquí provincia de Imbabura. Bachelor's thesis, Quito: UCE.

Anexos

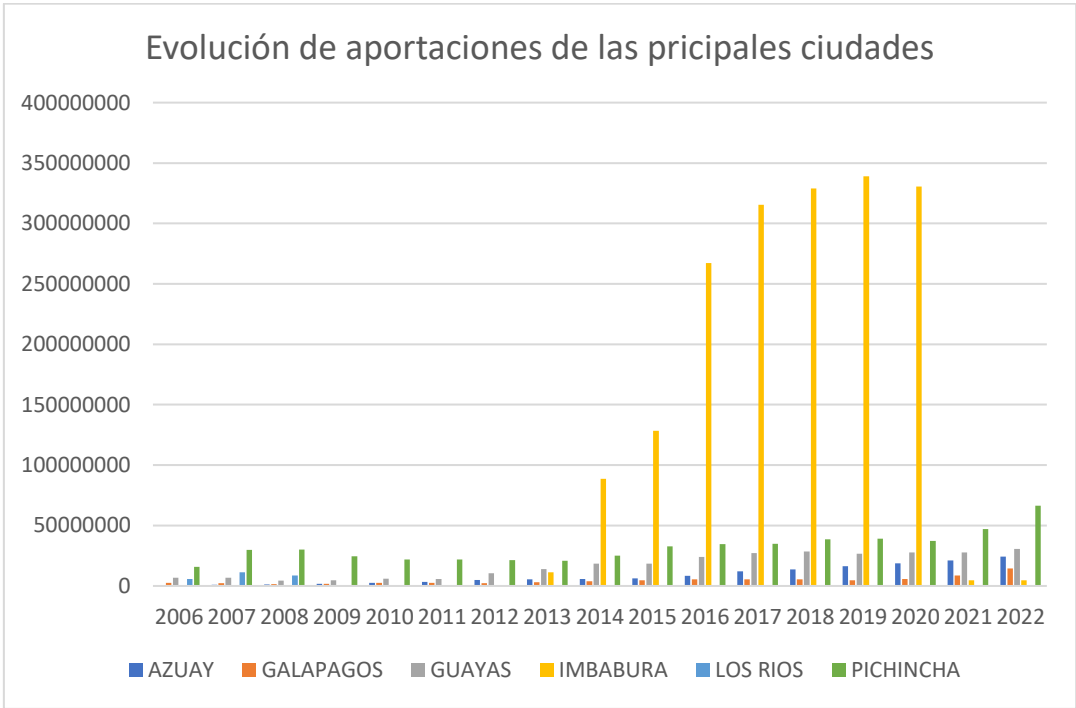
Anexo 1



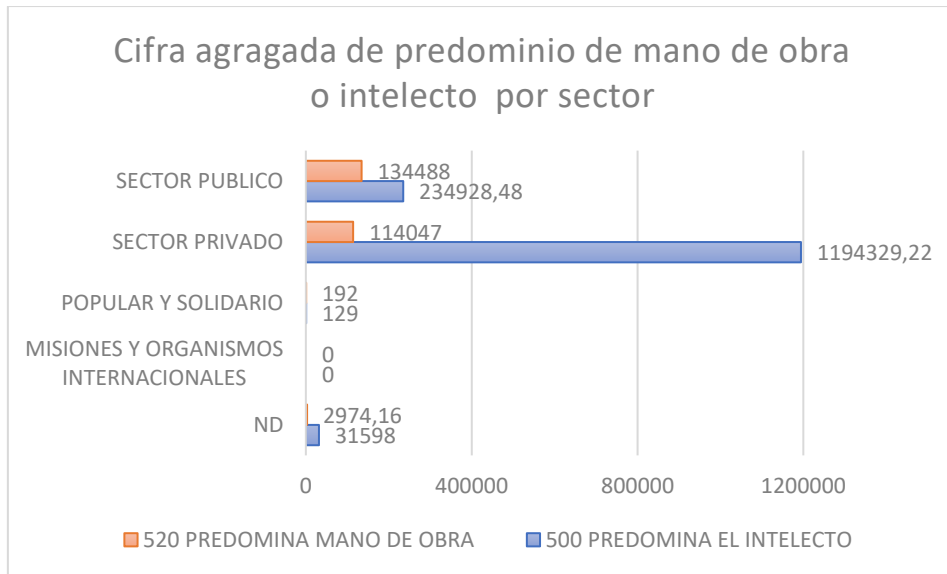
Anexo 2



Anexo 3

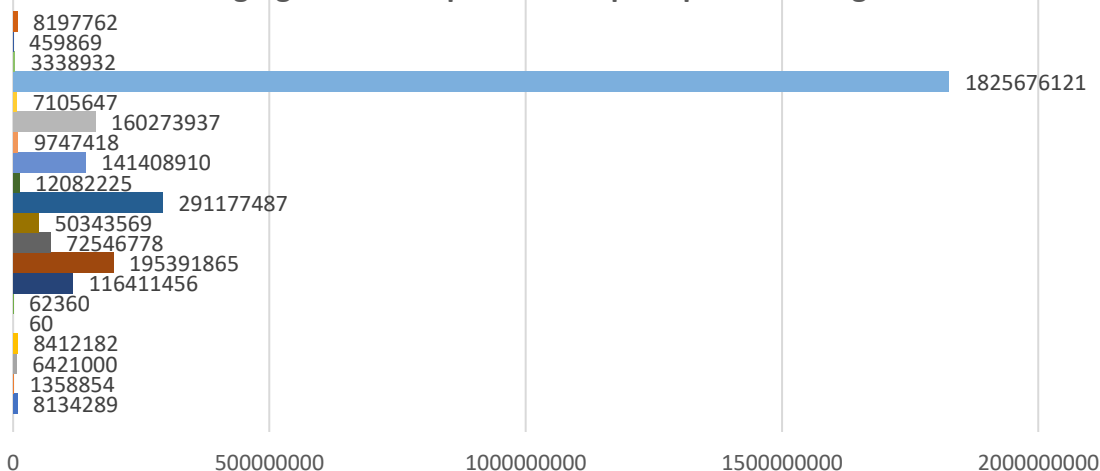


Anexo 4



Anexo 5

Cifra agregada de las aportaciones por tipo de investigación



- Otras actividades en ciencias sociales y humanidades
- Investigación y desarrollo en la lingüística y los idiomas
- Investigación y desarrollo en el derecho y jurisprudencia
- Investigación y desarrollo en las ciencias económicas.
- Investigación y desarrollo en humanidades.
- Investigación y desarrollo en ciencias sociales y humanidades
- Otras actividades de investigación y desarrollo experimental en ciencias naturales y la ingeniería
- Investigación y desarrollo en la Agronomía
- Investigación y desarrollo de las ciencias Matemáticas y Físicas
- Investigación y desarrollo interdisciplinarios centrados principalmente en las ciencias naturales y la ingeniería
- Investigación y desarrollo en ciencias agropecuarias
- Investigación y desarrollo en ciencias médicas y farmacéuticas
- Investigación y desarrollo en ingeniería y tecnología
- Investigación y desarrollo experimental en ciencias naturales y técnicas
- Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de la Nanobiotecnología
- Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de la Bioinformática
- Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de la técnicas de proceso biotecnológicos
- Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de la biotecnología
- Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de la biotecnología
- Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de la biotecnología

Anexo 6

Modelo Logic año 2017

RESIDUOS:

MIN	1Q	Median	3Q	Max
-1.3964	-0.0306	-0.0119	-0.0117	4.3782
COEFICIENTES:	Estimate	Std.Error	T value	Pr(> t)
PROFESIONALES, CIENTÍFICOS E INTELECTUALES TOTAL	2.802e-03	2.103e-02	0.133	0.894025
VALOR DE ELABORACIÓN POR CUENTA PROPIA. TRABAJOS DE I+D	-2.045e-04	2.393e-01	-0.001	0.999318
VALOR COMPRA TRABAJOS DE I+D	-7.031e-05	5.511e-03	0.000	0.999898
EXPORTACIONES	2.565e-10	6.322e-08	0.004	0.996763
TAMAÑO	-1.917e+00	4.942e-01	-3.879	0.000107****

La dispersión de la familia quasibinomial es 53.2011

Desviación nula: 18983.97 en 3740 grados de libertad

Desviación residual 312.68 en 3735 grados de libertad

Numero de Fisher: 18

Anexo 7

Modelo Logic año 2018

RESIDUOS:				
MIN	1Q	Median	3Q	Max
-2.6701	-0.0660	-0.0310	-0.0307	18.1471
COEFICIENTES:	Estimate	Std.Error	T value	Pr(> t)

PROFESIONALES, CIENTÍFICOS E INTELLECTUALES TOTAL	3.010e-03	6.642e-03	0.453	0.650
VALOR DE ELABORACIÓN POR CUENTA PROPIA. TRABAJOS DE I+D	-2.703e-06	5.952e-04	-0.005	0.996
VALOR COMPRA TRABAJOS DE I+D	8.347e-06	8.910e-06	0.979	0.349
EXPORTACIONES	2.472e-10	9.470e-09	0.026	0.979
TAMAÑO	-1.532e+00	1.527e-01	-10.032	<2e-16***

La dispersión de la familia quasibinomial es 17.65033

Desviación nula: 19405.35 en 3723 grados de libertad

Desviación residual 886.24 en 3718 grados de libertad

Numero de Fisher: 12

Anexo 8

Modelo Logic año 2019

RESIDUOS:				
MIN	1Q	Median	3Q	Max
-1.6153	-0.0440	-0.0186	-0.0185	4.8337
COEFICIENTES:	Estimate	Std.Error	T value	Pr(> t)
PROFESIONALES, CIENTÍFICOS E INTELLECTUALES TOTAL	3.010e-03	6.642e-03	0.469	0.639
VALOR DE ELABORACIÓN POR CUENTA PROPIA.	NA	NA	NA	NA

TRABAJOS DE I+D				
VALOR COMPRA TRABAJOS DE I+D	-6.291e-04	3.936e-01	-0.002	0.999
EXPORTACIONES	-7.400e-08	2.158e-06	-0.034	0.973
TAMAÑO	-1.735e+00	3.042e-01	-5.704	1.26e-08***

La dispersión de la familia quasibinomial es 36.0641

Desviación nula: 20003.78 en 3779 grados de libertad

Desviación residual 530.03 en 3775 grados de libertad

Numero de Fisher: 20

Anexo 9

Modelo Logic año 2020

RESIDUOS:

MIN	1Q	Median	3Q	Max
-2.4292	-0.0768	-0.0376	-0.0371	18.1874
COEFICIENTES:	Estimate	Std.Error	T value	Pr(> t)
PROFESIONALES, CIENTÍFICOS E INTELLECTUALES TOTAL	2.074e-03	1.155e-02	0.180	0.857
VALOR DE ELABORACIÓN POR CUENTA PROPIA. TRABAJOS DE I+D	NA	NA	NA	NA
VALOR COMPRA TRABAJOS DE I+D	-3.677e-04	8.880e-02	-0.004	0.997
EXPORTACIONES	3.486e-10	1.254e-08	0.028	0.978
TAMAÑO	-1.457e+00	1.123e-01	-12.975	<2e-16***

La dispersión de la familia quasibinomial es 10.6467

Desviación nula: 16972.67 en 3782 grados de libertad

Desviación residual 951.19 on 3778 grados de libertad

Numero de Fisher: 17

Anexo 10

Modelo Logic año 2021

RESIDUOS:				
MIN	1Q	Median	3Q	Max
-2.3008	-0.0572	-0.0262	-0.0257	10.9980
COEFICIENTES:	Estimate	Std.Error	T value	Pr(> t)
PROFESIONALES, CIENTÍFICOS E INTELLECTUALES TOTAL	4.437e-03	5.628e-03	0.788	0.430
VALOR DE ELABORACIÓN POR CUENTA PROPIA. TRABAJOS DE I+D	NA	NA	NA	NA
VALOR COMPRA TRABAJOS DE I+D	-5.867e-04	2.018e-01	-0.003	0.998
EXPORTACIONES	8.747e-11	2.021e-08	0.004	0.997
TAMAÑO	-1.604e+00	1.744e-01	-9.194	<2e-16***

La dispersión de la familia quasibinomial es 18.17207

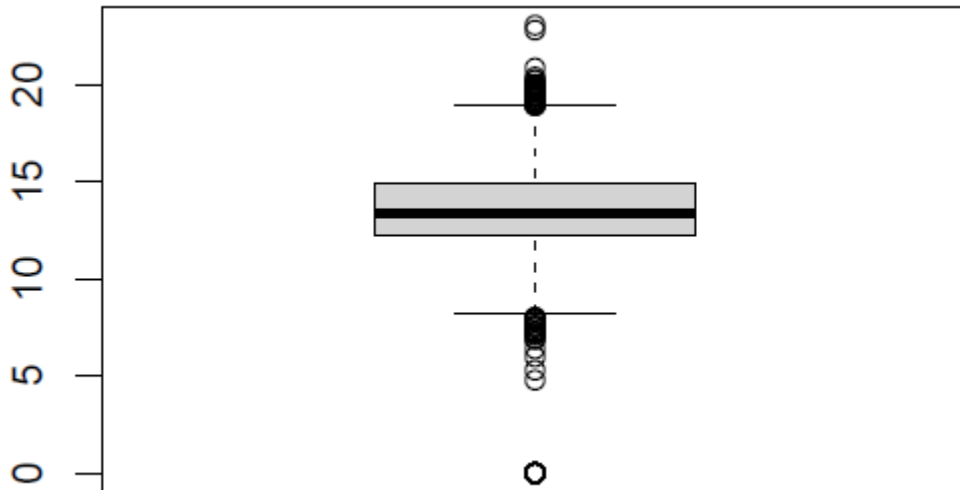
Desviación nula: 19173 en 3965 grados de libertad

Desviación residual 728 on 3961 grados de libertad

Numero de Fisher: 18

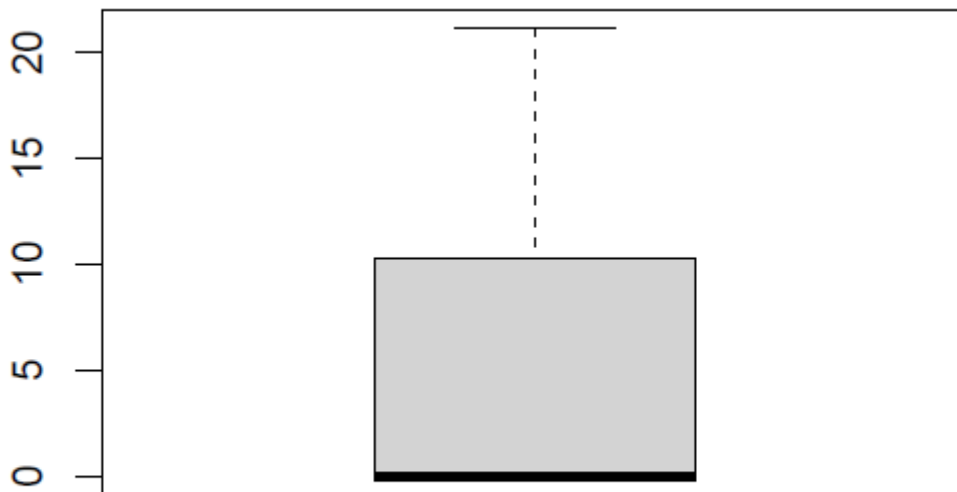
Anexo 11

Gráfico de la normalidad del nivel de ingresos por ventas encuesta ACTI



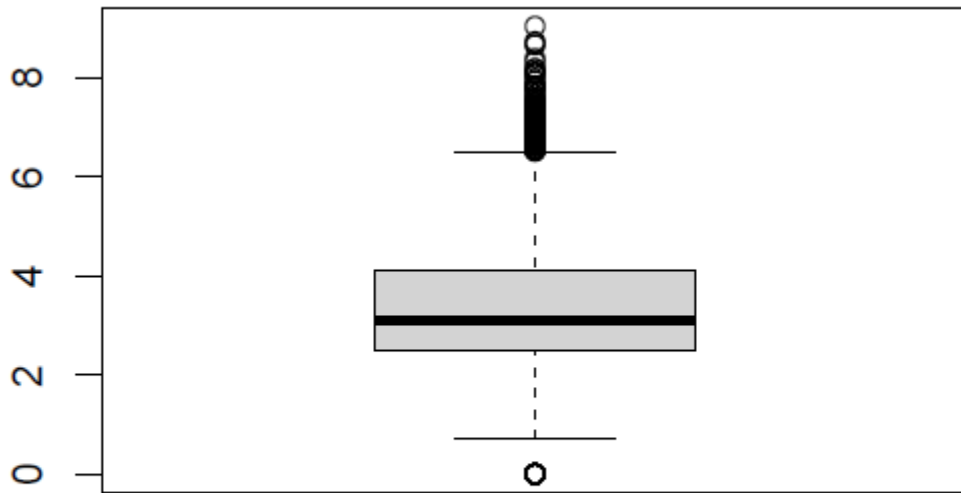
Anexo 12

Gráfico de normalidad de número de trabajadores



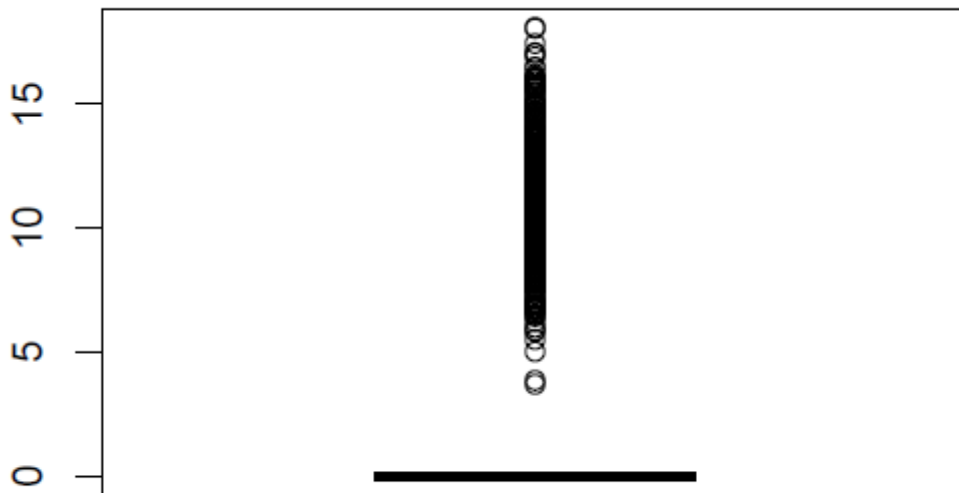
Anexo 13

Gráfico de normalidad de capital fijo anual



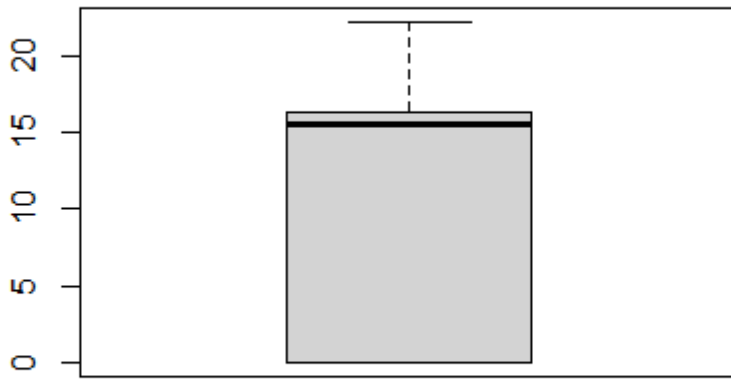
Anexo 14

Gráfico de normalidad de costos de materias primas



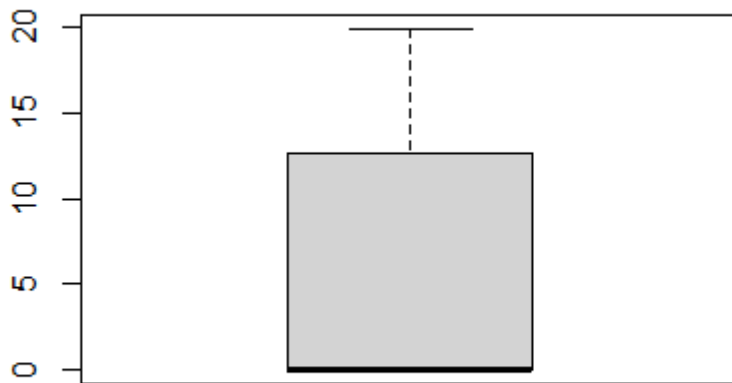
Anexo 15

Gráfico de normalidad de ingresos por ventas



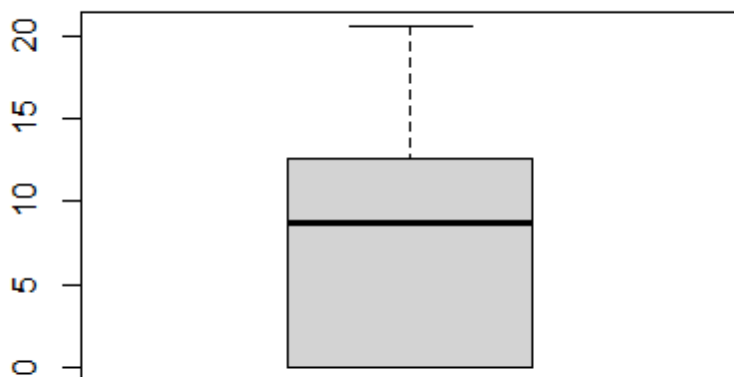
Anexo 16

Gráfico de normalidad de personal ocupado



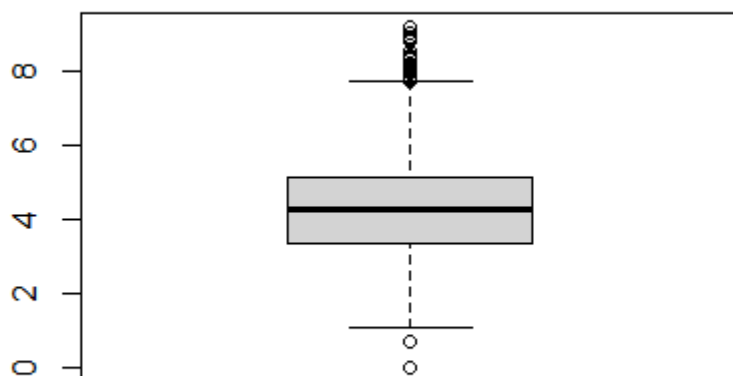
Anexo 17

Gráfico de normalidad de formación bruta de capital fijo



Anexo 18

Gráfico de normalidad de costos de materias primas



Anexo 19

Coefficientes de función de producción año 2010

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-34.717	-1.021	0.120	1.267	14.748
VARIABLE	Coefficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	8.18282	0.10778	75.923	<2e-16***

INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.04829	0.00783	6.168	7.92e-10***
EMPLEO TOTAL	1.49109	0.03274	45.548	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	-0.02562	0.1016	-2.523	0.0117*

Error estar residuos: 3.126 en 2811 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.47638, R cuadrado-ajustada 0.4632

F-estadístico: 810.4 en 3 y 2811 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 20

Coefficientes de función de producción año 2011

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-25.6056	-0.9204	0.1563	1.1236	15.1602*
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	9.236005	0.098828	93.455	<2e-16***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.0402259	0.006503	6.499	9.56e-11***
EMPLEO TOTAL	1.208151	1.029601	40.814	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	-0.019900	0.008200	-2.427	0.0153*

Error estar residuos: 2.613 en 2811 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.4189, R cuadrado-ajustada 0.4183

F-estadístico: 675.5 en 3 y 2811 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 21

Coefficientes de función de producción año 2012

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-49.956	-1.136	0.246	1.771	25.735
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	7.596323	0.084326	90.083	<2e-16****
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.032059	0.006487	4.942	7.93--07***
EMPLEO TOTAL	1.787630	0.026403	67.760	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	-0.001083	0.009673	-0.112	0.911.

Error estar residuos: 3.918 en 6271 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.4482, R cuadrado-ajustada 0.4479

F-estadístico: 1698 en 3 y 6271 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 22

Coefficientes de función de producción año 2013

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-4.447	-0.906	3.336	1.570	22.773
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	10.708610	0.063773	167.92	2e-16***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.029966	0.003897	7.96	1.7e-14***
EMPLEO TOTAL	0.935774	0.019138	48.90	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	-0.006896	0.005651	-1.22	0.222

Error estar residuos: 2.416 en 6271 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.3084, R cuadrado-ajustada 0.3081

F-estadístico: 932.2 en 3 y 6271 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 23

Coefficientes de función de producción año 2014

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-50.083	-0.878	-0.220	1.441	22.823
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	10.112775	0.064500	156.788	<2e-16***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.030978	0.004490	6.899	5.75e-12***
EMPLEO TOTAL	1.121699	0.01750	56.795	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	-0.013766	0.006232	-2.209	0.0272*

Error estar residuos: 2.748 en 6271 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.3749, R cuadrado-ajustada 0.3746

F-estadístico: 1254 en 3 y 6271 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 24

Coefficientes de función de producción año 2017

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-82.331	-7.235	3.623	6.754	74.212
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	13.13693	0.28649	45.855	<2e-16 ***

GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	0.38383	0.01993	19.258	<2e-16 ***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.02344	0.01851	1.266	0.205
EMPLEO TOTAL	-1.02772	0.08525	-12.056	<2e-16 ***

Error estar residuos: 12.08 en 3736 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.1037, R cuadrado-ajustada 0.103

F-estadístico: 144.2 en 3 y 3736 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 25

Coefficientes de función de producción año 2018

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-69.785	-7.742	3.854	6.565	88.623
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	12.34021	0.25933	47.585	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	0.34847	0.01984	17.562	<2e-16***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.09047	0.01849	4.893	1.04e-16***
EMPLEO TOTAL	9.730+04	3.695e+03	-11.438	<2e-16***

Error estar residuos: 12.31 en 3719 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.09212, R cuadrado-ajustada 0.09139

F-estadístico: 125.8 en 3 y 3719 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 26

Coeficientes de función de producción año 2019

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-80.850	-7.586	44.259	6.443	72.296
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	12.52356	0.24749	50.603	<2e-16***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.32137	0.02063	15.575	<2e-16***
EMPLEO TOTAL	0.2371	0.01846	-1.285	0.199
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	-0.79275	0.07773	-10.198	<2e-16***

Error estar residuos: 12.35 en 3775 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.06892 R cuadrado-ajustada 0.06818

F-estadístico: 93.14 en 3 y 3775 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 27

Coeficientes de función de producción año 2020

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-75.551	-7.944	3.822	5.916	88.594
VARIABLE	Coeficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	12.29873	0.23737	51.813	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	0.35367	0.02005	17.639	<2e-16***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.02735	0.01812	1.509	0.131
EMPLEO TOTAL	-0.70618	0.07091	-9.959	<2e-16***

Error estar residuos: 11.27 en 3778 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.0848, R cuadrado-ajustada 0.08407

F-estadístico: 116.7 en 3 y 3778 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 28

Coefficientes de función de producción año 2021

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-73.325	-7.672	3.762	6.167	78.316
VARIABLE	Coefficientes	Error Estándar	t- Estadístico	Probabilidad
INTERCEPTO	12.57521	0.22138	56.802	<2e-16***
GASTOS EN ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA	0.34623	0.02023	17.117	<2e-16***
INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	0.10973	0.01806	6.077	1.34e-09***.
EMPLEO TOTAL	-0.97640	0.07255	-13.515	<2e-16***

Error estar residuos: 11.63 en 3961 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.095, R cuadrado-ajustada 0.09431

F-estadístico: 138.6 en 3 y 3961 DF, P-valor: <2.2e-16

Anexo 29

Regresión I+D y PTF 2012

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-49.970	-1.131	-0.244	1.767	25.724
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	0.0036384	0.0317439	0.115	0.909
I+D INTERNA	-0.0004	0.0114844	-0.036	0.971
I+D EXTERNA	-0.0117260	0.0191581	-0.612	0.541

Error estar residuos: 3.918 en 6272 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 6.542e-05, R cuadrado-ajustada -0.0002536

F-estadístico: 0.2046 en 2 y 6272 DF, P-valor: 0.815

Anexo 30

Regresión I+D y PTF 2013

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-42.410	-0.907	0.335	1.574	22.810
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	-0.011856	0.019681	-0.602	0.547
I+D INTERNA	0.007864	0.006846	1.149	0.251
I+D EXTERNA	0.15186	0.011197	1.356	0.175

Error estar residuos: 2.415 en 6272 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.0006396, R cuadrado-ajustada 0.000321

F-estadístico: 2.007 en 2 y 6272 DF, P-valor: 0.1345

Anexo 31

Regresión I+D y PTF 2014

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-50.050	-0.884	0.218	1.435	22.851
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	-0.008736	0.022705	-0.385	0.700
I+D INTERNA	0.001395	0.007158	0.195	0.846
I+D EXTERNA	0.018227	0.011179	1.631	0.103

Error estar residuos: 2.747 en 6272 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.000462, R cuadrado-ajustada -0.0001433

F-estadístico: 1.45 en 2 y 6272 DF, P-valor: 0.2347

Anexo 32

Regresión I+D y PTF 2016

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-108.358	-7.568	4.943	6.636	59.398
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	0.8183	0.1072	7.633	1-92e-14***
VALOR DE ELABORACIÓN DE TRABAJOS I+D	NA	NA	NA	NA
VALOR DE COMPRA DE TRABAJOS I+D	0.4514	0.9941	0.278	0.633

Error estar residuos: 12.02 en 3599 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 6.352e-05, R cuadrado-ajustada -0.0002143

F-estadístico: 0.02286 en 1 y 3599 DF, P-valor: 0.6326

Anexo 33

Regresión I+D y PTF 2017

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-82.332	-7.228	3.637	6.754	74.209
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	0.0001632	0.1032174	0.002	0.999
VALOR DE ELABORACIÓN DE TRABAJOS I+D	-0.1275811	0.5709363	-0.223	0.823
VALOR DE COMPRA DE TRABAJOS I+D	0.1744153	1.0178195	0.171	0.864

Error estar residuos: 12.08 en 3737 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 2.122e-05, R cuadrado-ajustada -0.000514

F-estadístico: 0.03965 en 2 y 373 7 DF, P-valor: 0.9611

Anexo 34

Regresión I+D y PTF 2018

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-69.779	-7.741	-3.836	-6.564	88.641
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	-0.001115	0.104138	-0.011	0.991
VALOR DE ELABORACIÓN DE TRABAJOS I+D	0.392314	0.488825	0.803	0.422
VALOR DE COMPRA DE TRABAJOS I+D	-0.002195	0.23642	-0.009	0.992

Error estar residuos: 12.31 en 3720 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.0001731, R cuadrado-ajustada -0.0003644

F-estadístico: 0.3221 en 2 y 3720 DF, P-valor: 0.7246

Anexo 35

Regresión I+D y PTF 2019

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-80.857	-7.588	4.258	6.442	72.280
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	0.001063	0.102764	0.010	0.992
VALOR DE ELABORACIÓN DE TRABAJOS I+D	NA	NA	NA	NA
VALOR DE COMPRA DE TRABAJOS I+D	-0.193677	0.407462	-0.475	0.635

Error estar residuos: 12.34 en 3777 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 5.982e-05, R cuadrado-ajustada -0.0002049

F-estadístico: 0.2259 en 1 y 3777 DF, P-valor: 0.6346

Anexo 36

Regresión I+D y PTF 2020

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-75.544	-7.943	3.812	5.916	88.611
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	-0.001134	0.101865	0.880	0.991
VALOR DE ELABORACIÓN DE TRABAJOS I+D	NA	NA	NA	NA
VALOR DE COMPRA DE TRABAJOS I+D	0.591493	0.672270	0.880	0.379

Error estar residuos: 11.27 en 3780 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 0.0002048, R cuadrado-ajustada -5.974e-05

F-estadístico: 0.7741 en 1 y 3780 DF, P-valor: 0.379

Anexo 37

Regresión I+D y PTF 2021

MIN	1Q	MEDIA	3Q	MAX
-73.317	7.670	3.760	6.168	78.342
COEFICIENTES				
INTERCEPTO	-0.001511	0.098902	-0.015	0.988
VALOR DE ELABORACIÓN DE TRABAJOS I+D	NA	NA	NA	NA
VALOR DE COMPRA DE TRABAJOS I+D	0.0179136	0.329234	0.544	0.586

Error estar residuos: 11.63 en 3963 grados de libertad

Múltiple R-cuadrado: 7.47e-05, R cuadrado-ajustada -0.0001776

F-estadístico: 0.296 en 1 y 3963 DF, P-valor: 0.5864