



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

EL EFECTO DE LA INVERSIÓN PRIVADA EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA PRODUCTIVIDAD DE INDUSTRIAS RELACIONADAS AL SECTOR MINERO EN CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

MARCELO ALEJANDRO URRUTIA SEPÚLVEDA

PROFESOR GUÍA:

HUGO SÁNCHEZ RAMÍREZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN

WILLIAM BAEZA LÓPEZ

SANTIAGO DE CHILE

2016

EL EFECTO DE LA INVERSIÓN PRIVADA EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA PRODUCTIVIDAD DE INDUSTRIAS RELACIONADAS AL SECTOR MINERO EN CHILE

La inversión en Investigación y Desarrollo ha sido motivo de discusión durante los últimos años en la industria minera y relacionados¹, y es de esperarse, siendo Chile el país con menos inversión en I+D de los países de la OCDE².

El siguiente trabajo tiene como objetivo el estudio de la variable de inversión en Investigación y Desarrollo y su relación al “valor generado por trabajador”³ en industrias relacionadas al sector minero (siendo éste incluido) en Chile. Se busca encontrar si efectivamente este factor es determinante para alguno de los sectores o para combinaciones de éstos.

En un total de 12 industrias, usando los datos de las encuestas nacionales sobre gasto y personal en investigación y desarrollo (años 2011 – 2014), realizadas por el Ministerio de Economía, se estudia por separado cada industria y el efecto que tiene la inversión en su valor generado, para luego estudiar las industrias que muestran una respuesta positiva y significativa y combinarlas entre ellas, con el objetivo de encontrar industrias que se “potencien” o que sean “compatibles” en temas de inversión en I+D.

Se utilizó un modelo que además de tomar en cuenta la variable de inversión en I+D, utiliza un indicador de ciclos económicos⁴ y de uso de capacidad en la industria. Como se estudia de manera anual, el modelo se resuelve a través de mínimos cuadrados.

Los resultados muestran que la industria de fabricación de sustancias y productos químicos es la que genera más ganancias con la inversión en I+D, y que es ésta la más compatible con otras industrias que tienen respuestas significativas a la variable estudiada.

En segundo y tercer lugar se encuentran las industrias de construcción y de investigación y desarrollo, respectivamente, seguidas por otras industrias que muestran respuestas significativas de manera intermitente a través de los años (como la industria de explotación de minas y canteras o la industria manufacturera).

¹ Proyecto Alta Ley, entre otros. <http://programaaltaley.cl/>

² 0,38% del PIB, comparado con un 2,36% promedio de países de la OCDE.

³ Se define como las ventas, dividido el número de trabajadores y las horas promedio trabajadas de la empresa (todos datos anuales).

⁴ Índice Mensual de Confianza Empresarial (IMCE).

Tabla de Contenido

| | |
|--|-----|
| Índice de Tablas..... | iii |
| 1 Introducción..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes Generales..... | 3 |
| 1.2 Descripción del Proyecto y Justificación..... | 8 |
| 1.3 Objetivos..... | 10 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 10 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 10 |
| 1.4 Metodología..... | 10 |
| 1.4.1 Investigación histórica del tema y recopilación de bibliografía..... | 11 |
| 1.4.2 Levantamiento de datos y realización de entrevistas..... | 11 |
| 1.4.3 Análisis a través de un modelo de regresión..... | 12 |
| 1.4.4 Conclusiones y recomendaciones..... | 13 |
| 1.5 Alcance..... | 14 |
| 2 Datos..... | 14 |
| 2.1 Base de datos e industrias seleccionadas..... | 14 |
| 2.2 Definición de variables..... | 16 |
| 3 Resultados y Conclusiones..... | 21 |
| 3.1 Análisis de industrias de forma individual..... | 21 |
| 3.1.1 Año 2014..... | 21 |
| 3.1.2 Año 2013..... | 24 |
| 3.2 Análisis de Industrias de forma conjunta..... | 27 |
| 3.2.1 Año 2014..... | 27 |
| 3.2.2 Año 2013..... | 31 |
| 3.3 Conclusiones..... | 34 |
| 4 Recomendaciones..... | 36 |
| 5 Bibliografía..... | 39 |
| 6 Anexos..... | 41 |

Índice de Ecuaciones

| | |
|----------------------------------|----|
| Ecuación 1 Modelo Utilizado..... | 12 |
|----------------------------------|----|

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Porcentajes de gasto en I+D según industria | 7 |
| Tabla 2 Estadísticos descriptivos, año 2014 | 17 |
| Tabla 3 Estadísticos descriptivos, año 2013 | 18 |
| Tabla 4 Estadísticos Descriptivos, año 2012..... | 19 |
| Tabla 5 Estadísticos Descriptivos, año 2011..... | 19 |
| Tabla 6 Industria Manufacturera, año 2014 | 21 |
| Tabla 7 Industria química, año 2014 | 22 |
| Tabla 8 Construcción, año 2014..... | 22 |
| Tabla 9 Actividades Profesionales, Científicas y Técnicas, año 2014 | 23 |
| Tabla 10 Investigación y Desarrollo, año 2014..... | 23 |
| Tabla 11 Explotación de minas y canteras, año 2013 | 24 |
| Tabla 12 Industria química, año 2013 | 25 |
| Tabla 13 Construcción, año 2013 | 25 |
| Tabla 14 Investigación y Desarrollo, año 2013..... | 25 |
| Tabla 15 Manufactura/Química, año 2014 | 27 |
| Tabla 16 Manufactura/Construcción, año 2014 | 28 |
| Tabla 17 Manufactura/I+D, año 2014 | 28 |
| Tabla 18 Química/Construcción, año 2014 | 28 |
| Tabla 19 Química/Actividades Profesionales, científicas y técnicas, año 2014 | 29 |
| Tabla 20 Química/I+D, año 2014..... | 29 |
| Tabla 21 Construcción/Actividades profesionales, científicas y técnicas, año 2014 | 29 |
| Tabla 22 Minería/Química, año 2013..... | 31 |
| Tabla 23 Minería/Construcción, año 2013..... | 31 |
| Tabla 24 Minería/I+D, año 2013..... | 32 |
| Tabla 25 Química/Construcción, año 2013 | 32 |
| Tabla 26 Química/ I+D, año 2013..... | 32 |
| Tabla 27 Información y Comunicaciones/Minería, año 2013 | 33 |

1 Introducción

La Investigación y Desarrollo (I+D) es un tema que en los últimos años ha tomado bastante fuerza en el país, en particular en discusiones de políticas públicas y de cómo el Estado debería relacionarse con el mundo científico.

Así también, no es extraño que el hecho del financiamiento hacia la I+D, tema siempre debatido dentro del mundo académico, se encuentre hoy en la palestra de discusión civil, dado que Chile y su economía basada en la explotación y exportación de materias primas necesita diversificarse si pretende mantenerse competitivo en el mundo de hoy.

Observando el comportamiento de otras economías, se pueden encontrar algunas similitudes en cuanto a cómo su I+D ha influido en su crecimiento, y, al mismo tiempo, como este crecimiento económico va de la mano con un crecimiento de productividad.

La pregunta es, si la bibliografía muestra que existe crecimiento en productividad al existir mayor Investigación y Desarrollo⁵, ¿Puede entonces hacerse el símil con la industria minera y sus relacionadas?, el resto del mundo responde que efectivamente sí se puede⁶, y es el objetivo del siguiente trabajo el encontrar cuales industrias en Chile son las que se ven más beneficiadas con la inversión en I+D.

Un gran problema para la realización de trabajos como el presente es la falta de datos. Las encuestas nacionales sobre gasto y personal en investigación y desarrollo son las bases de datos más completas en Chile cuando se trata de inversión en I+D⁷, y éstas no poseen variables fundamentales para estudios que pretendan encontrar efectos generados por la inversión a través de los años⁸.

Dado el problema recién expuesto, el incentivo en los años pasados ha sido a estudiar datos macro y compararlos con el resto del mundo, ya que los datos dentro de Chile no existían, o eran muy escasos. Se han observado estudios

⁵ Romer (1990), Rivera-Batiz y Romer (1991), Aghion y Howitt (1992)

⁶ Maté y Rodríguez (2002), Odagiri e Iwata (1986)

⁷ Matías Caamaño, Unidad de Evaluación y Políticas de I+D+i, de la división de innovación del ministerio de economía. (Realizadores de la encuesta) / Entrevista.

⁸ Variables como el capital físico, el valor agregado o la identificación de las observaciones.

utilizando productividad total de los factores⁹, que justamente observan el comportamiento de la inversión en I+D de una forma más macro.

Enfocándose en Chile, el presente trabajo observa los datos de inversión en I+D de empresas a través de distintas industrias relacionadas a la minería, las compara entre ellas y pretende encontrar industrias que se vean beneficiadas con la inversión, ya sea de forma independiente o en conjunto con otras industrias.

Claramente no se pretende transmitir que la inversión en I+D sea la solución inmediata al aumento de valor generado o de productividad, ni tampoco que sea ésta la variable más relevante (pensando en otras variables, como el stock de capital humano, o el tamaño de la industria en Chile), sino que mostrar cuales son las industrias que efectivamente se ven más beneficiadas con el solo hecho de invertir en I+D en ellas.

Las encuestas registran un total de 29 industrias, de las cuales se utilizan 12 relacionadas con la industria de la minería en Chile, las industrias utilizadas en el estudio son las siguientes:

Industrias seleccionadas

- 1) Explotación de minas y canteras.
- 2) Industrias manufactureras.
- 3) Fabricación de sustancias y productos químicos.
- 4) Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
- 5) Distribución de agua; Evacuación y tratamiento de aguas residuales, gestión de desechos y actividades de saneamiento ambiental.
- 6) Transporte y almacenamiento.
- 7) Información y comunicaciones.
- 8) Desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas).
- 9) Actividades profesionales, científicas y técnicas.
- 10) Actividades de arquitectura e ingeniería, ensayos y análisis técnicos.
- 11) Investigación científica y desarrollo.
- 12) Construcción.

⁹ García (2007)

Los años 2012 y 2011, dada la falta de información, tuvieron que reducirse a 5 industrias:

- 1) Explotación de minas y canteras.
- 2) Industrias manufactureras.
- 3) Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
- 4) Construcción.
- 5) Transporte y almacenamiento.

Las industrias seleccionadas suman un total de 4230 datos en los 4 años¹⁰.

1.1 Antecedentes Generales

La productividad laboral es una de las variables clave a la hora de tratar de explicar el crecimiento en PIB per cápita¹¹, y es por lo mismo que estudiar la productividad es un tema tan relevante si lo que se desea es determinar diferentes maneras de lograr el crecimiento económico de un país.

Se ha observado en los últimos años que los países que han logrado una rápida transición entre una economía de ingreso medio y una desarrollada, han tenido como política constante una alta inversión anual en I+D¹², lo que de la misma manera entrega información respecto a cómo se observa la inversión en I+D en el resto del mundo (en particular en los países en vías de desarrollo).

Centrándose en Chile, se sabe que la productividad laboral se ha estancado en los últimos años y aún se tiene solo un tercio de la productividad de Estados Unidos¹³, lo que muestra el potencial a crecer en cuanto a productividad se trata en Chile, y como una correcta inversión en I+D podría ser uno de los factores relevantes a la hora de tratar de mejorar este rendimiento.

Es entonces importante comprender el crecimiento de un país a través del crecimiento de la productividad de éste, y la relación que ésta tiene con la cantidad de I+D que se realiza en él.

¹⁰ 2014 – 1183, 2013 – 1261, 2012 – 893, 2011 – 893.

¹¹ OECD (2015)

¹² CNIC (2010)

¹³ McKinsey & Company (2013)

En el caso chileno, se debe observar el rubro de la minería, que ha sido pionero en el área de investigación y desarrollo, y que también se ha visto bastante golpeado en los últimos años por la falta de innovación, esto último ha causado un efecto significativo en la disminución del índice de crecimiento de la Productividad Total de Factores¹⁴.

Es relevante estudiar también lo que se ha realizado en el país en los últimos años en cuanto a Investigación y Desarrollo y sus implicancias. El Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), en trabajo conjunto con el Ministerio de Economía, el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI), CORFO, CONICYT, entre otros, han desarrollado un plan de innovación, que se encuentra vigente hasta el año 2018 (2014-2018), y que realiza un diagnóstico que reconoce carencias y brechas en la economía de Chile, en particular observando las áreas relacionadas a I+D.

Los principales problemas observados por su estudio son:

- El crecimiento ocurre por acumulación de factores sin aumento en productividad (la mayor contribución al crecimiento del PIB en los últimos 20 años ha venido por la inversión)¹⁵.
- La estructura productiva es rígida¹⁶ y la canasta exportadora no diversificada.
- Bajo gasto comparado en I+D¹⁷.
- Inversión en I+D desalineada con sectores estratégicos¹⁸ y concentrada en las universidades.
- Comunidad científica productiva, pero aún muy pequeña.
- Desconexión entre centros de conocimiento y la industria (baja transferencia tecnológica).

¹⁴ UAI/CORFO (2013)

¹⁵ Si bien ha aumentado el crecimiento, esto se debe simplemente por una cantidad mayor de inversión, la productividad (gran factor para aumentar el crecimiento) se ha mantenido constante

¹⁶ Refiriéndose al aprovechamiento de ventajas competitivas estáticas, fuertemente concentradas en los recursos naturales, estrategia que no ha cambiado en los últimos 50 años.

¹⁷ 0,38% del PIB, comparado con un 2,36% promedio de países de la OCDE.

¹⁸ Refiriéndose a sectores estratégicos para el crecimiento de la economía, la inversión en I+D se ha concentrado en la academia, y existe una relación muy pequeña con la industria productiva.

Los problemas anteriormente mencionados se observaron estudiando áreas relacionadas a la I+D en Chile, de manera que se puede deducir de manera segura que las industrias en donde se concentra el grueso de la inversión privada de I+D (las 12 observadas en el presente estudio), tienen alta probabilidad de poseer las mismas falencias.

Así entonces, el plan de innovación 2014-2018 (gestionado por la división de innovación del ministerio de economía) define cuatro ejes de acción:

1. Democratizar las rutinas de innovación tanto en pequeñas y medianas empresas, sector público y en la sociedad.
2. Contribuir a diversificar la matriz productiva.
3. Incrementar la producción de nuevo conocimiento (I+D) y la conexión de las empresas con la producción de dicho conocimiento, vía transferencia tecnológica.
4. Fortalecer la institucionalidad¹⁹ de forma de potenciar el impacto de la acción pública, así como la capacidad de realizar seguimiento y evaluación más efectiva de los recursos destinados a esta área.

Los 4 puntos son de vital importancia, pero es el punto 3 al que el siguiente trabajo se encuentra enfocado, no solo porque falten estudios enfocados en los efectos de la Investigación y Desarrollo, sino que también por el hecho que hoy en día es el Estado el mayor financiador de I+D en Chile, cuando son las empresas las que deberían tener incentivos a invertir, como se hace en los países desarrollados (y como hicieron los países que lograron entrar al desarrollo en los últimos 10 años).

¹⁹ Refiriéndose a instituciones estatales encargadas del seguimiento y el fortalecimiento de los proyectos públicos en I+D (como la división de innovación del ministerio de economía, o CONICYT).

El Estado ha sido el ente financiador de I+D más grande en Chile desde siempre, y si bien se observa que en países comparables, como Australia, país principalmente minero, que, al igual que Chile, alrededor de un 60% de sus exportaciones viene de la minería, la principal inversión en I+D viene del lado privado (la inversión privada australiana duplica a la chilena, y no en cuanto a cifras sino que a porcentajes)²⁰ en Chile la tendencia del Estado a ser el principal financiador se continúa perpetuando (en 2014 con un 44% de la inversión total contribuida por el Estado, siendo un 38% en el 2013²¹).

Se entiende que lo anterior puede deberse a variados factores, como los ciclos económicos, pero es un hecho el que hoy en día la Investigación y Desarrollo realizada en Chile se financia en su mayoría con dinero del Estado.

Es también importante observar lo que sucede con el incentivo tributario para inversión en I+D. Con entrada en vigencia el año 2012, este incentivo invita a las empresas a invertir en I+D, permitiéndoles rebajar, vía impuestos de primera categoría, el 35% de los recursos destinados a actividades de Investigación y Desarrollo. Sin embargo, para poder acogerse al incentivo tributario, es necesario tener un proyecto de I+D aprobado por CORFO, y revisado por el mismo, de manera que ésta entidad se transforma en un ente fiscalizador del trabajo de I+D de la compañía.

Así también, el proyecto o contrato realizado debe tener un monto asociado superior a 100 UTM²², además del pago de un arancel a CORFO, que varía dependiendo del tamaño del proyecto.

Si bien el incentivo anterior tiene el objetivo claro de lograr un aumento en la inversión privada en I+D, se encontraron resultados contradictorios para la entidad a la hora de recabar información desde su implementación, ya que se observó que el año 2014 las inversiones privadas disminuyeron en relación al 2013 (un 32% de la inversión total en I+D, en contraste con un 34% el 2013²³). Esto muestra que existen problemas latentes en el proceso, y que no se han resuelto a la fecha de realización del presente estudio. Problemas que podrían venir ligados a lo engorroso del sistema, ya que CORFO está siguiendo cada paso de la investigación como ente fiscalizador, lo que podría desincentivar a las empresas a invertir, o al hecho de no entregar información correcta por parte de las empresas, de manera de recibir el incentivo tributario sin invertir realmente en I+D.

²⁰ Meller y Gana (2015)

²¹ Principales resultados preliminares de la Quinta Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D, año de referencia 2014

²² A noviembre del 2016, 100 UTM equivalen a 4.609.000\$ pesos, o 6.840\$ dólares.

²³ Principales resultados preliminares de la Quinta Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D, año de referencia 2014

Lo que sí puede asegurarse, es que no existe un control profundo del incentivo o de cómo este es utilizado, dado que no existen tampoco datos sobre como un proyecto de I+D evoluciona dentro de una empresa, no hay seguimiento por parte del Estado (hasta el momento del presente estudio, las encuestas sobre gasto en I+D, realizadas por el ministerio de economía, no poseen identificadores en las empresas, con lo que se muestra que no existe un seguimiento de los proyectos, solo un catastro general de éstos anualmente).

En cuanto al sector minero, la última encuesta, con datos del 2014, lo sitúan en quinta posición en cuanto a inversión en I+D se trata:

| Actividad económica | Gasto en I+D (MM\$ pesos 2014) | Porcentaje ²⁴ |
|---|-----------------------------------|---------------------------|
| Industrias manufactureras ²⁵ | 56.239 | 30,1% |
| Actividades científicas, profesionales y técnicas ²⁶ | 33.512 | 17,9% |
| Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca | 25.558 | 13,7% |
| Comercio | 21.842 | 11,7% |
| Explotación de minas y canteras | 19.348 | 10,3% |
| Total | 156.500 | 83,7%²⁷ |

Tabla 1 Porcentajes de gasto en I+D según industria

El sector minero es uno de los principales motores de crecimiento en el país, y si bien como se observa en la tabla éste se encuentra muy por debajo de otras actividades económicas en cuanto a inversión en I+D, es relevante recalcar que los beneficios de la inversión en otras industrias podrían generar *spillovers*²⁸, por ejemplo, una mejora en la tecnología de lixiviación del cobre, que se cuenta como una inversión en la industria manufacturera, puede efectivamente entregar mejoras en la productividad del sector minero. Es por esto último que se deben estudiar las industrias en conjunto, ya que la minería se encuentra profundamente conectada con sus industrias relacionadas.

²⁴ Del total de las inversiones privadas.

²⁵ Incluye elaboración de productos alimenticios y fabricación de sustancias y productos químicos.

²⁶ Incluye investigación y desarrollo.

²⁷ Con la suma de todas las industrias siendo un 100%.

²⁸ Griliches (1992)

Aun así, es necesario observar que la inversión en la industria de explotación de minas y canteras sigue siendo baja en relación a otras industrias relacionadas al sector, esto puede deberse a que justamente la mayor inversión en I+D no se da en el sector minero, sino que se externaliza o es realizada por industrias relacionadas, existe la posibilidad que la inversión en I+D en el sector minero se vea sub-representada, siendo contabilizada en otras actividades económicas dada la externalización de la investigación.

1.2 Descripción del Proyecto y Justificación

Se sabe que Chile es el país con menos inversión en I+D dentro de la OCDE²⁹, esto muestra que el potencial de crecimiento en éste ámbito es gigantesco, y justamente es un incentivo dado el hecho que un indicador como éste sea tan relevante para los países en vías de desarrollo.

En el país no se ha tomado en cuenta todavía la real importancia de la I+D, aun cuando sea de conocimiento general en la bibliografía que ésta esté tan ligada al crecimiento económico (que a su vez está muy ligado al crecimiento productivo), y se ha centrado en la extracción de materias primas. Si bien esto último puede deberse a ventajas comparativas, dada la generación de conocimiento creado por tantos años de enfoque en la extracción, si el objetivo a futuro es la diversificación de la matriz productiva como lo plantea el plan de innovación 2014- 2018, es necesario un aumento al incentivo de realizar Investigación y Desarrollo.

La justificación del problema abordado viene de la mano de la necesidad de encontrar cuales industrias son las que mejor reaccionan a inversiones en I+D, y cuáles de éstas trabajan de mejor manera con otras industrias.

Es necesario también separar la inversión pública de la privada, ya que el estudio de las bases de datos por parte de García (2016) muestra que no existen datos confiables sobre hacia dónde va realmente la inversión pública, o un estudio real de sus repercusiones, por lo mismo, no existen estudios en profundidad sobre el tema en inversión estatal³⁰. El enfoque del presente trabajo se basa en datos de inversión privada, entregados por el ministerio de economía, y que proveen con la base de datos más detallada del tema que existe en Chile hasta la fecha del presente trabajo.

²⁹ Ministerio de Economía/INE 2015

³⁰ García (2016)

El objetivo principal entonces es utilizar los datos de la encuesta para encontrar las industrias en donde la inversión en I+D genera una respuesta significativa en la variable que se está utilizando como productividad³¹, y analizar en conjunto las industrias que muestren un indicador positivo de manera de poder discernir las industrias “compatibles”.

El trabajo tiene 3 partes fundamentales:

- Trabajo de los datos: Se necesita realizar un trabajo de reorganización y limpieza de los datos, dada la alta cantidad de observaciones que se encuentran incompletas, o que no cuadran con el resto dentro del mismo año. Así también, se separaron las industrias de la base total, de manera de poder trabajar de forma independiente en cada una, eliminando outliers o datos mal recogidos por la encuesta (observaciones con millones de trabajadores, por ejemplo).
- Estudio por industria y en conjunto: Se corre el modelo para cada industria en cada año particular, con lo que se tiene una respuesta de la significancia de la variable de inversión en I+D para cada una de ellas, una vez aisladas las industrias que efectivamente entregan resultados aceptables (significancia de la variable y el modelo por sobre un 90%), se procede a analizar en conjunto las industrias, de manera de observar si éstas entregan respuestas mejores en conjunto o individualmente.
- Resultados: Se observan e interpretan los resultados del modelo tanto en industrias individuales como en distintas combinaciones, con lo que es posible generar conclusiones.

³¹ Ventas anuales/número de trabajadores*horas promedio trabajadas anualmente

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Encontrar las industrias en donde la inversión en Investigación y Desarrollo genere un efecto significativo en la variable considerada como productividad, y a través de esto poder discernir las mejores combinaciones de industrias o industrias “compatibles” en términos de inversión en I+D.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Creación de un modelo que sea capaz de encontrar las industrias en que la inversión en I+D genere un cambio significativo en la variable de productividad.
2. Usando el modelo, y utilizando las 12 industrias relacionadas al sector minero, generar una lista de las industrias más beneficiadas por la inversión en I+D en temas de productividad, tanto de forma individual como grupal.
3. Entregar recomendaciones para un futuro estudio más profundo del tema, que posea una base de datos más detallada con el paso de los años y que pueda utilizar el trabajo actual como un primer escalón en el estudio y seguimiento de la inversión en I+D en Chile.

1.4 Metodología

La metodología para realizar el trabajo se puede dividir en 4 partes:

- Investigación histórica del tema y recopilación de bibliografía.
- Levantamiento de datos y realización de entrevistas.
- Análisis a través de modelos de regresión (análisis econométrico).
- Conclusiones y contraste del análisis con los datos obtenidos a través de las entrevistas.

1.4.1 Investigación histórica del tema y recopilación de bibliografía

Se debe tener un contexto más profundo del tema en cuanto a la evolución que éste ha tenido en Chile. Se utilizan los reportes sobre I+D realizados en Chile (CORFO, CIEPLAN, CEPAL, UNICEF, INE, entre otros)³², de manera de obtener una visión más amplia de éste.

Se analizaron también estudios extranjeros sobre temas de inversión en I+D y productividad, en su mayoría citados en secciones anteriores, con el objetivo de entender como otros países se han acercado al problema en cuestión de cuán necesario es o no invertir en Investigación y Desarrollo.

La primera parte sienta la base para la realización del presente trabajo, y si bien no se muestran todas las conclusiones obtenidas (algunas presentes en la sección de antecedentes e introducción), la mayoría se utilizan para discernir entre las distintas formas de trabajo y modelos posibles, lo que decantó en el modelo actual utilizado.

1.4.2 Levantamiento de datos y realización de entrevistas

Se realizaron 4 entrevistas a profesionales relacionados a la innovación y la I+D en minería en Chile³³ (Centro de Transferencia Tecnológica de la Universidad de Chile, CEPAL, MIT-REAP), de manera de entender su punto de vista en relación a la inversión privada en Investigación y Desarrollo.

Los datos se obtienen de las encuestas nacionales sobre gasto y personal en investigación y desarrollo (años 2011-2014) realizados por el Ministerio de Economía.

Esta encuesta tiene la ventaja de poder enfocarse en sectores productivos particulares, es decir, se pueden aislar las observaciones de empresas enfocadas en el sector minero (en particular, se estudian 12 industrias relacionadas al sector minero).

³² Citados en la bibliografía.

³³ Entrevistados en Anexos.

1.4.3 Análisis a través de un modelo de regresión

Para realizar el análisis, el modelo utilizado es el siguiente:

$$\frac{V_{it}}{T_{it}H_t} = \beta_0 + \beta_1 \frac{R_{it}}{T_{it}} + \beta_2 (V_{it} * IMCE_t) + \beta_3 (T_{it} * Usocap_t)$$

Ecuación 1 Modelo Utilizado

En donde V_{it} corresponde a las ventas realizadas por la empresa i en el año t (éstas ventas se encuentran deflactadas tomando el año 2011 como base)³⁴, T_{it} corresponde al número de trabajadores de la empresa i en el año t y H_t corresponde al promedio de horas trabajadas en el año t por el sector estudiado³⁵.

De la misma forma, R_{it} corresponde a la inversión en I+D realizada por la empresa i en el año t , $IMCE_t$ es el indicador IMCE del año t de la industria estudiada y $Usocap_t$ ³⁶ es el uso de capacidad del año t de la industria estudiada.

El modelo recién mencionado se resuelve a través del método de los mínimos cuadrados, dado que se trata de regresiones con datos dentro de un mismo año.

Se puede observar entonces que el modelo toma una variable que se define como el valor generado por un trabajador en una hora de trabajo (que se menciona como productividad a lo largo del trabajo), y la relaciona con la inversión en I+D por trabajador en la empresa, además de un indicador de ciclo económico (IMCE) que se relaciona a las ventas totales. Finalmente, se relaciona el uso de capacidad de la industria con la cantidad de trabajadores en la empresa.

El IMCE es utilizado dado que entrega un indicador que puede explicar de manera general el ciclo económico en el que se encuentra el país, o más bien, la confianza que tienen los empresarios en el ciclo económico en el que se encuentra el país para el año estudiado, y para la industria estudiada en particular. Esto último se relaciona con las ventas, ya que si bien éstas se encuentran deflactadas a un año base (2011), la confianza en el ciclo económico varía año a año, y vender 100 unidades de un producto en un año con baja confianza no es lo mismo que vender 100 unidades del mismo producto en un año con alto IMCE.

³⁴ Para esto se utilizaron los datos del IPC entregados por el INE (Instituto Nacional de Estadísticas).

³⁵ Las horas promedio se obtienen de la Nueva Encuesta Nacional de Empleo, realizada por el INE.

³⁶ El uso de capacidad es un dato que se encuentra dentro de los indicadores generados por el IMCE, ambos se obtuvieron de la base de datos estadísticos del Banco Central.

En cuanto al uso de capacidad, éste se relaciona a los trabajadores. Se utiliza de manera de poder explicar las diferencias entre trabajadores por industria. Dado que 100 trabajadores en la industria química trabajan de manera distinta a 100 trabajadores de la industria de construcción, el uso de capacidad, que varía según industria, pretende mostrar la diferencia entre los trabajadores según su industria.

Por el hecho que los resultados obtenidos entregan muchos indicadores que no son significativos, dada la falta de datos en algunas industrias, o derechamente la nula relación entre inversión en I+D y la variable definida como productividad, no tiene sentido utilizar los indicadores significativos para tratar de crear datos de panel, ya que éstos son muy pocos³⁷.

Una vez generadas las tablas individuales por industria, se procede a analizar las industrias que entregan datos significativos de forma conjunta, de manera de observar si esto genera algún cambio tanto en la significancia de la variable y el modelo, como en el indicador.

1.4.4 Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones se basan en las industrias que mejor responden a la variable de inversión en Investigación y Desarrollo, una vez conocidas éstas y sus mejores combinaciones, es posible discernir donde la inversión en I+D genera mejores beneficios, y cuáles de estas industrias trabajan mejor en conjunto con otras cuando se invierte en I+D en ellas.

Esto último es relevante por el problema de sub-representación mencionado en la sección de antecedentes generales, ya que la industria de explotación de minas y canteras muestra una inversión en I+D pequeña en relación a otras industrias en Chile, es posible que esto se deba a que la inversión en I+D que finalmente ayuda a la industria minera se realice en otra industria relacionada y que trabaje bien en conjunto con ésta, y no necesariamente bien de forma individual.

Finalmente, se entregan recomendaciones para estudios futuros respecto a inversión en I+D, basándose en la calidad actual de los datos y los resultados entregados por el presente trabajo.

³⁷ 9 de las 34 regresiones individuales muestran a la variable de inversión en I+D como significativa en su respectiva industria.

1.5 Alcance

Dado que el objetivo del presente trabajo es el de encontrar industrias que se complementen de manera positiva entre ellas en relación a la inversión en I+D y la productividad, el alcance no cubre un análisis de datos de panel (dada la baja cantidad de indicadores), lo que imposibilita demostrar un efecto desde la inversión en I+D hacia la productividad en el tiempo, y más bien muestra una foto de cuánto influye esta inversión a la productividad dentro del mismo año.

Aun así, sí es posible estudiar cada industria de manera individual en cada año respectivo, y de esta manera analizar en conjunto industrias que entreguen datos significantes dentro del mismo año.

Lo anterior provoca que efectivamente se puedan observar los efectos que genera la inversión en I+D dentro de cada año respectivo, y si bien no pueden generarse conclusiones relacionadas a la evolución del efecto, se puede concluir de manera anual en base a las “fotos” entregadas por el modelo.

2 Datos

2.1 Base de datos e industrias seleccionadas

La base de datos utilizada corresponde a las encuestas nacionales sobre gasto y personal en investigación y desarrollo, realizadas por la división de innovación del ministerio de economía. En total se utilizan 4 años (2011-2014) dado el hecho que las encuestas realizadas antes del 2011 registraron muy pocas empresas e industrias, por tanto no son lo suficientemente grandes como para entrar en la muestra.

Las encuestas registran un total de 29 industrias, de las cuales se utilizan 12 relacionadas con la industria de la minería en Chile, las industrias utilizadas en el estudio son las siguientes:

Industrias seleccionadas

- 1) Explotación de minas y canteras.
- 2) Industrias manufactureras.
- 3) Fabricación de sustancias y productos químicos.
- 4) Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
- 5) Distribución de agua; Evacuación y tratamiento de aguas residuales, gestión de desechos y actividades de saneamiento ambiental.
- 6) Transporte y almacenamiento.
- 7) Información y comunicaciones.
- 8) Desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas).
- 9) Actividades profesionales, científicas y técnicas.
- 10) Actividades de arquitectura e ingeniería, ensayos y análisis técnicos.
- 11) Investigación científica y desarrollo.
- 12) Construcción.

Los años 2012 y 2011, dada la falta de información, tuvieron que reducirse a 5 industrias:

- 1) Explotación de minas y canteras.
- 2) Industrias manufactureras.
- 3) Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
- 4) Construcción
- 5) Transporte y almacenamiento.

Las industrias seleccionadas suman un total de 4230 datos en los 4 años³⁸

Sectores como el eléctrico o el de distribución de agua, que podrían no tener un contacto directo con la industria minera, al igual que otros como los de investigación y desarrollo, se escogen también dado que una inversión en ellos puede generar beneficios indirectos a la industria minera³⁹ a través del tiempo.

³⁸ 2014 – 1183, 2013 – 1261, 2012 – 893, 2011 – 893.

³⁹ Como mejoras en sistemas de distribución o de software.

2.2 Definición de variables

Como se mencionó en la sección “Análisis a través de un modelo de regresión”, la variable dependiente se trata de las ventas anuales realizadas por la empresa estudiada, dividido por su cantidad de trabajadores y las horas promedio anuales trabajadas en la industria a la que pertenece. Esa variable es la que se está considerando como productividad.

De manera de poder controlar el hecho que existen empresas en donde la cantidad de trabajadores puede cambiar bruscamente de año a año, y que cada trabajador tiene horarios distintos dependiendo de la industria, se utilizaron las horas promedio anuales por cada industria estudiada, con lo que es posible estudiar entonces la variación del “valor creado por hora trabajada” de cada trabajador.

Otros estudios, en donde se utilizan datos de panel⁴⁰, toman como variable dependiente primeras diferencias de la división de logaritmos entre la cantidad de ventas y el número de trabajadores, dada la posibilidad de poder comparar datos entre distintos años. Como se ha mencionado, el presente estudio realiza observaciones dentro de un mismo año, durante 4 años consecutivos, por tanto no es posible utilizar primeras diferencias.

En cuanto a las variables independientes, la primera corresponde a la inversión en I+D dividida por la cantidad de trabajadores, es decir, la inversión en I+D por trabajador. Es la significancia y el indicador que entrega esta variable los que se observan de manera de poder concluir.

Finalmente, la ecuación también toma en cuenta indicadores de ciclo económico, como es el indicador IMCE⁴¹, que se relaciona a las ventas totales anuales de la empresa (deflactadas al año 2011), así como el uso de capacidad de cada industria, que también aparece en los datos del indicador IMCE.

Es importante decir que los datos tanto del indicador IMCE como el uso de capacidad solo se encuentran disponibles para 4 industrias: la industria minera, manufacturera, de construcción y de comercio, además de un indicador general.

⁴⁰ Odagiri e Iwata (1986), Mairesse y Sassenou (1991), Hall y Mairesse (1995), Wakelin (2001), Maté y Rodríguez (2002)

⁴¹ Indicador Mensual de Confianza Empresarial.

Es por esto que para las industrias relacionadas al rubro de la minería que no aparecen en los datos, se utilizaron datos del IMCE general y otras relacionadas al rubro de la manufactura (como la fabricación de sustancias y productos químicos), usaron los datos del indicador de manufactura.

A continuación se muestran tablas con los estadísticos descriptivos por industria en cada año:

| Estadísticos descriptivos año 2014 (montos en miles de pesos) | | | | |
|--|---|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| Media (Desv Estándar) | | | | |
| Sector | V | R | T | R/T |
| 1 | 466.200.957,69 (1.197.669.093,79) | 392.254,73 (2.095.623,92) | 1.081,65 (2.764,45) | 108,63 (303,94) |
| 2 | 50.398.234,64 (280.264.649,23) | 212.491,00 (397.420,19) | 271,42 (479,68) | 1.031,85 (3.510,85) |
| 3 | 32.383.874,19 (71.233.209,20) | 123.553,40 (306.043,74) | 196,53 (376,01) | 1.206,68 (3.841,37) |
| 4 | 36.078.442,05 (99.565.896,45) | 212.491,00 (397.420,19) | 262,32 (450,39) | 1.034,93 (3.515,65) |
| 5 | 23.389.978,76 (53.840.683,41) | 30.521,79 (78.705,52) | 234,41 (425,08) | 1.445,18 (5.940,22) |
| 6 | 56.462.274,05 (251.119.275,57) | 40.116,71 (176.141,06) | 474,69 (1.216,72) | 259,43 (1.002,43) |
| 7 | 50.850.967,89 (173.239.460,35) | 20.490,12 (62.886,35) | 316,79 (722,66) | 956,18 (4.149,26) |
| 8 | 5.838.301,91 (18.606.868,25) | 58.778,29 (267.835,03) | 110,12 (255,02) | 1.738,85 (5.362,54) |
| 9 | 3.762.189,88 (9.939.786,48) | 58.664,60 (305.054,73) | 124,16 (336,16) | 2.063,48 (4.630,45) |
| 10 | 2.530.601,67 (4.583.008,16) | 48.765,60 (116.455,19) | 76,70 (162,74) | 2.529,50 (7.296,89) |
| 11 | 110.267,55 (178.695,86) | 162.106,31 (268.830,00) | 12,41 (28,74) | 15.940,54 (17.158,27) |
| 12 | 19.493.881,82 (22.066.461,62) | 13.821,86 (44.075,39) | 603,97 (633,63) | 145,45 (724,25) |
| Promedios totales | 62.291.664,34 (181.858.924,03) | 114.504,62 (376.374,27) | 313,76 (654,27) | 2.371,73 (4.786,34) |

Tabla 2 Estadísticos descriptivos, año 2014

| Estadísticos descriptivos año 2013 (montos en miles de pesos) | | | | |
|--|---|------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Media (Desv Estándar) | | | | |
| Sector | V | R | T | R/T |
| 1 | 359.518.348,85 (1.050.172.596,61) | 538.957,39 (3.540.642,24) | 1.232,98 (2.593,83) | 848,74 (5.846,05) |
| 2 | 37.238.062,95 (101.516.596,63) | 74.801,60 (275.659,25) | 340,25 (695,48) | 955,06 (3.643,69) |
| 3 | 30.024.834,21 (72.217.354,62) | 71.964,59 (175.684,16) | 168,37 (360,75) | 2.534,30 (10.629,31) |
| 4 | 213.660.789,16 (398.705.377,23) | 83.936,62 (399.762,12) | 402,32 (612,46) | 100,09 (490,21) |
| 5 | 20.532.134,02 (50.595.780,35) | 43.369,06 (172.037,46) | 229,23 (416,46) | 440,55 (1.936,17) |
| 6 | 50.456.144,17 (240.426.933,12) | 7.666,52 (24.282,94) | 420,56 (1.222,07) | 97,24 (416,94) |
| 7 | 30.032.854,39 (129.388.215,05) | 82.641,35 (327.303,31) | 264,07 (928,54) | 1.610,66 (4.286,91) |
| 8 | 3.134.782,42 (6.746.166,73) | 75.571,11 282.932,84 | 96,20 243,35 | 1.819,46 5.508,41 |
| 9 | 3.895.202,30 15.760.165,23 | 29.798,09 (169.873,42) | 83,92 (427,93) | 1.304,31 (3.702,30) |
| 10 | 5.660.640,43 (15.175.203,50) | 88.670,12 (510.212,31) | 117,86 (236,88) | 2.180,43 6.095,38 |
| 11 | 104.126,50 167.000,10 | 172.651,41 269.265,11 | 13,76 17,33 | 12.792,23 (12.198,00) |
| 12 | 35.288.942,88 (55.289.683,65) | 12.081,67 (36.619,05) | 1.371,67 (2.893,87) | 181,93 (731,47) |
| Promedios totales | 65.795.571,86 (178.013.422,73) | 106.842,46 (515.356,18) | 395,10 (887,41) | 2.072,08 (4.623,74) |

Tabla 3 Estadísticos descriptivos, año 2013

Como se mencionó anteriormente, los años 2012 y 2011 en la encuesta cuentan con muchos menos datos que las últimas. Es por esto que se observan industrias que no aparecen en estas encuestas, o que se encuentran fusionadas, como la industria manufacturera, que en 2011 y 2012 posee a las industrias de fabricación de sustancias y productos químicos y de elaboración de productos alimenticios.

| Estadísticos descriptivos año 2012 (montos en miles de pesos) | | | | |
|--|--|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Media (Desv Estándar) | | | | |
| Sector | V | R | T | R/T |
| 1 | 412.623.592,05 (1.093.298.228,38) | 550.998,09 (598.880,52) | 822,00 (1.166,10) | 192,78 (704,13) |
| 2 | 20.458.684,33 (93.150.050,13) | 100.633,72 (771.651,61) | 268,70 (487,04) | 1.181,92 (10.334,71) |
| 3 | 118.088.897,38 (239.051.402,88) | 80.323,79 (389.064,55) | 249,36 (332,45) | 436,62 (1.752,98) |
| 4 | 13.623,64 (18.115,33) | 8.018,30 (30.992,75) | 824,14 (3.357,34) | 98,15 (380,47) |
| 5 | 11.549,21 (15.536,98) | 15.453,36 (73.544,23) | 162,17 (223,73) | 229,12 (949,00) |
| Promedios totales | 110.239.269,32 (285.106.666,74) | 151.085,45 (227.127,16) | 465,27 (1.113,33) | 427,72 (2.824,26) |

Tabla 4 Estadísticos Descriptivos, año 2012

| Estadísticos descriptivos año 2011 (montos en miles de pesos) | | | | |
|--|--|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Media (Desv Estándar) | | | | |
| Sector | V | R | T | R/T |
| 1 | 431.437.993,36 (1.161.121.092,26) | 377.699,07 (2.853.022,11) | 775,98 (1.057,47) | 162,34 (786,32) |
| 2 | 20.550.071,85 (96.620.902,08) | 51.103,92 (177.414,50) | 256,60 (480,35) | 579,27 (2.303,27) |
| 3 | 120.270.094,85 (238.253.571,39) | 61.240,20 (309.957,31) | 251,81 (347,53) | 183,53 (912,43) |
| 4 | 17.062,31 (21.320,80) | 9.354,83 (49.429,45) | 822,99 (3.104,69) | 48,50 (275,15) |
| 5 | 13.920,35 (20.009,30) | 12.195,77 (57.098,18) | 183,61 (310,53) | 219,96 (970,19) |
| Promedios totales | 114.457.828,54 (299.207.379,16) | 102.318,76 (155.651,19) | 458,20 (1.060,11) | 238,72 (1.049,47) |

Tabla 5 Estadísticos Descriptivos, año 2011

Se puede observar que en el año 2014 las industrias que en promedio más invierten en I+D son (de mayor a menor):

- 1) Explotación de minas y canteras
- 2) Industrias manufactureras
- 3) Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado
- 4) Fabricación de productos y sustancias químicas
- 5) Investigación y Desarrollo

En el año 2013 corresponden a:

- 1) Explotación de minas y canteras
- 2) Investigación y Desarrollo
- 3) Actividades de arquitectura e ingeniería, ensayos y análisis técnicos.
- 4) Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
- 5) Información y comunicaciones.

Y finalmente para los años 2012 y 2011 las industrias de explotación de minas y canteras y la de productos manufactureros son las que más invierten en promedio⁴².

Ahora bien, es necesario observar que lo que se estudia en el presente trabajo es la inversión per cápita de I+D, es decir, la inversión por trabajador en la empresa, esto muestra algunos cambios en la forma en la que invierten las industrias.

Para empezar, es la industria de Investigación y Desarrollo la que más invierte per cápita en I+D, teniendo en promedio alrededor de 13 trabajadores por empresa, dado que su rubro se enfoca en su totalidad en la I+D tiene bastante sentido que sea ésta industria la que más invierta por trabajador.

Después de ésta se sitúan las industrias relacionadas a la investigación, como las actividades de ingeniería o científico/técnicas, que también poseen un enfoque hacia la investigación.

La industria más interesante es la de fabricación de sustancias y productos químicos, (que para los años 2012 y 2011 se encuentra dentro de la industria manufacturera), que muestra un alto nivel de inversión por trabajador en el año 2013, y que para 2014 muestra una disminución tanto en la inversión en I+D, como en ventas y personal, aun así manteniéndose entre las que más invierten.

⁴² Se debe recordar que se trata de promedios y no inversiones totales, como muestra la tabla 1.

Durante los años 2012 y 2011, la industria manufacturera es la que muestra una mayor inversión en I+D por trabajador, esto puede explicarse dado que dentro de ésta se encuentra la industria de fabricación de sustancias y productos químicos, que como se mencionó anteriormente, es de las industrias con mejor inversión per cápita según los datos de los 2 años posteriores.

3 Resultados y Conclusiones

3.1 Análisis de industrias de forma individual

Se utilizó la ecuación mostrada en la sección de metodología en cada industria para cada uno de los 4 años estudiados, se muestran a continuación los cuadros de los resultados que entregaron respuestas con significancia mayor al 90% tanto para el modelo como para la variable de inversión en I+D.

3.1.1 Año 2014

| Dependent Variable: VENTASMANU | | | | |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 336 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,003326 | 0,001980 | 1,679810 | 0,0939 |
| IMCEVENTAS | 3,81E-07 | 7,30E-08 | 5,223099 | 0,0000 |
| USOCAP | 0,000534 | 0,000226 | 2,362175 | 0,0187 |
| R-squared | 0,022860 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,016991 | | | |
| F-Statistic | 24,60544 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 6 Industria Manufacturera, año 2014

| Dependent Variable: VENTASQUIM | | | | |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 97 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,016294 | 0,003034 | 5,371090 | 0,0000 |
| IMCEVENTAS | 5,05E-06 | 6,63E-07 | 7,626502 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,463363 | 0,075268 | -6,156219 | 0,0000 |
| C | 69,5939 | 1,364089 | 5,101859 | 0,0000 |
| R-squared | 0,506272 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,490345 | | | |
| F-statistic | 31,7876 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 7 Industria química, año 2014

| Dependent Variable: VENTASCONS | | | | |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 59 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,000878 | 0,000512 | 1,714571 | 0,0921 |
| IMCEVENTAS | 2,22E-06 | 5,22E-07 | 4,244226 | 0,0001 |
| USOCAP | -0,035064 | 0,008328 | -4,210530 | 0,0001 |
| C | 20,64589 | 1,783027 | 11,57912 | 0,0000 |
| R-squared | 0,566512 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,542867 | | | |
| F-statistic | 23,95926 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 8 Construcción, año 2014

| Dependent Variable: VENTASACT | | | | |
|-------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 62 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | -0,000638 | 0,000355 | -1,795212 | 0,0778 |
| IMCEVENTAS | 2,00E-06 | 4,15E-07 | 4,815251 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,025699 | 0,007864 | -3,268.026 | 0,0018 |
| C | 18,99702 | 3,05835 | 6,21153 | 0,0000 |
| R-squared | 0,138601 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,094046 | | | |
| F-statistic | 3,11077 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,033156 | | | |

Tabla 9 Actividades Profesionales, Científicas y Técnicas, año 2014

| Dependent Variable: VENTASID | | | | |
|------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 58 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 8,26E-05 | 4,40E-05 | 1,875996 | 0,0660 |
| IMCEVENTAS | 0,000100 | 2,53E-05 | 3,955774 | 0,0002 |
| USOCAP | -0,124108 | 0,040174 | -3,089223 | 0,0031 |
| R-squared | 0,274748 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,248375 | | | |
| F-statistic | 12,79207 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 10 Investigación y Desarrollo, año 2014

Para el año 2014 puede observarse que es la industria de fabricación de sustancias y productos químicos la que entrega una mejor respuesta a la inversión en I+D, no solo en cuanto a la significancia de la variable de inversión, si no que al indicador asociado, ya que muestra que en esta industria, una unidad monetaria extra de inversión genera un aumento en el output de 1,0163\$, es decir, un aumento de un 1,63%.

La industria de actividades profesionales, científicas y técnicas muestra un indicador negativo, esto puede deberse a que los efectos de la inversión no son inmediatos, y se requiera un seguimiento para conocer el indicador real de crecimiento. Lo mismo sucede con la industria de I+D, que si bien posee un indicador positivo, es extremadamente pequeño, esto también puede deberse al hecho que las investigaciones y las ganancias de dicha industria son a largo plazo.

Debe observarse la industria de manufactura con cuidado ya que el R cuadrado es bastante pequeño, si bien la variable es significativa por sí misma, el modelo no se ajusta de manera adecuada a los datos.

Finalmente, tanto para la industria de I+D como de manufactura, el modelo entrega mejores resultados cuando no se añade una constante en la ecuación, para obtener el estadístico F para ambos se corrió un Test de Wald, utilizando la hipótesis nula que los coeficientes de todos los regresores son igual a 0.

3.1.2 Año 2013

| Dependent Variable: VENTASMIN | | | | |
|-------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 61 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | -0,002767 | 0,000492 | -5,621856 | 0,0000 |
| IMCEVENTAS | 2,62E-07 | 4,57E-08 | 5,727509 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,060051 | 0,012605 | -4,764021 | 0,0000 |
| C | 125,9134 | 22,0490 | 5,710612 | 0,0000 |
| R-squared | 0,190390 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,147779 | | | |
| F-statistic | 4,468103 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,006914 | | | |

Tabla 11 Explotación de minas y canteras, año 2013

| Dependent Variable: VENTASQUIM | | | | |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 102 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,002746 | 0,000902 | 3,04441 | 0,0030 |
| IMCEVENTAS | 4,30E-06 | 5,76E-07 | 7,46745 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,510677 | 0,079439 | -6,42852 | 0,0000 |
| C | 78,4697 | 10,82967 | 7,245807 | 0,0000 |
| R-squared | 0,403330 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,385064 | | | |
| F-statistic | 22,08162 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 12 Industria química, año 2013

| Dependent Variable: VENTASCONS | | | | |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 75 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,003330 | 0,001869 | 1,781243 | 0,0791 |
| IMCEVENTAS | 2,18E-07 | 6,83E-08 | 3,190107 | 0,0021 |
| USOCAP | -0,002695 | 0,000893 | -3,018964 | 0,0035 |
| C | 14,75381 | 1,664652 | 8,863001 | 0,0000 |
| R-squared | 0,165448 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,130185 | | | |
| F-statistic | 4,691870 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,004791 | | | |

Tabla 13 Construcción, año 2013

| Dependent Variable: VENTASID | | | | |
|------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 41 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,000138 | 8,12E-05 | 1,704923 | 0,0966 |
| IMCEVENTAS | 5,83E-05 | 1,10E-05 | 5,306800 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,186900 | 0,072074 | -2,593165 | 0,0135 |
| C | 3,410725 | 1,508142 | 2,261540 | 0,0297 |
| R-squared | 0,568709 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,533739 | | | |
| F-statistic | 16,263 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000001 | | | |

Tabla 14 Investigación y Desarrollo, año 2013

Durante el año 2013, nuevamente es la industria de fabricación de sustancias y productos químicos la que entrega la mejor significancia como modelo⁴³, y se encuentra junto a la industria de minería con la mejor significancia para la variable de inversión en I+D.

Si bien la industria de construcción entrega un coeficiente mejor que el de la industria química, debe observarse que es el modelo que tiene un peor estadístico F, aun así, sigue teniendo una significancia bastante alta.

Los resultados muestran coeficientes positivos para todas las industrias menos para la de minería, esto podría deberse a la misma razón que se mencionó anteriormente, ya que hay industrias en las que es muy posible que la inversión en I+D no entregue beneficios inmediatos (industrias por ejemplo que no tengan un foco investigativo).

Hasta ahora se ha podido observar que todas las industrias muestran un resultado de uso de capacidad negativo, esto se da por la forma en la que la ecuación se encuentra definida. Dado que la variable dependiente tiene a los trabajadores en el denominador, y el uso de capacidad está directamente relacionada con el trabajo (está multiplicado), un aumento en el número de trabajadores termina incidiendo más en la disminución de la variable dependiente que en cualquier aumento de la independiente, ya que el uso de capacidad es un dato que oscila entre 0 y 1. Si la variable dependiente no fuera el valor producido por trabajador por hora, sino que se relacionara a otra variable que no fuera el número de trabajadores, la variable uso de capacidad sería positiva, por tanto el signo es el esperado.

Para los años 2012 y 2011, ninguna de las regresiones encontró una respuesta significativa para alguna de las industrias. Esto puede deberse al hecho que hacen falta muchos datos, y que más de la mitad de ellos se encuentran dentro de la industria de manufactura.

Ésta última, durante los 2 años mencionados contiene no solo a las industrias manufactureras, sino que también a la fabricación de sustancias y productos químicos y elaboración de productos alimenticios, siendo ésta última industria una de las separadas del estudio. Más aún, contiene para ambos años, 600 de las 893 observaciones totales por año.

⁴³ Un alto estadístico F.

Este problema conlleva a que efectivamente la variable de inversión en I+D es totalmente irrelevante⁴⁴, el mismo problema sucede con las otras industrias, donde además se suma el hecho que en varias de ellas el modelo completo no es significativo (no se puede rechazar la hipótesis nula de que los coeficientes de todos los regresores sea 0).

Se puede concluir entonces que, observando las industrias de forma independiente, son las de fabricación de sustancias y productos químicos, de construcción y de I+D las que mejor responden a inversiones en I+D en relación a la variable definida como productividad.

3.2 Análisis de Industrias de forma conjunta

Una vez definidas las industrias que mejor responden a inversión en I+D de manera independiente, se continúa estudiando distintas combinaciones de éstas, de manera de encontrar cuales pueden considerarse como “compatibles” o que funcionen mejor en conjunto.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de usar el mismo modelo de la sección anterior con combinaciones de industrias que responden de buena manera a la inversión en I+D:

3.2.1 Año 2014

| Dependent Variable: VENTASMANUQUIM | | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 433 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,004262 | 0,001778 | 2,396498 | 0,0170 |
| IMCEVENTAS | 5,00E-07 | 7,18E-08 | 6,972961 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,000419 | 0,000246 | -1,701993 | 0,0895 |
| C | 58,5047 | 7,4039 | 7,9019 | 0,0000 |
| R-squared | 0,123955 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,117829 | | | |
| F-statistic | 20,2336 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 15 Manufactura/Química, año 2014

⁴⁴ Con significancias para 2012 y 2011 de 18% y 44%, respectivamente

| Dependent Variable: VENTASMANUCONS | | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 395 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,003348 | 0,001823 | 1,836716 | 0,0670 |
| IMCEVENTAS | 3,83E-07 | 6,74E-08 | 5,687426 | 0,0000 |
| USOCAP | 0,000530 | 0,000209 | 2,541609 | 0,0114 |
| R-squared | 0,032145 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,027207 | | | |
| F-statistic | 28,99579 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 16 Manufactura/Construcción, año 2014

| Dependent Variable: VENTASMANUID | | | | |
|----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 394 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | -0,001036 | 0,000317 | -3,272687 | 0,0012 |
| IMCEVENTAS | 4,44E-07 | 8,87E-08 | 5,004313 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,000185 | 0,000180 | -1,027442 | 0,3048 |
| C | 49,5116 | 8,5245 | 5,8081 | 0,0000 |
| R-squared | 0,142939 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,136346 | | | |
| F-statistic | 21,6811 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 17 Manufactura/I+D, año 2014

| Dependent Variable: VENTASQUIMCONS | | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 156 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,017561 | 0,002654 | 6,617257 | 0,0000 |
| IMCEVENTAS | 2,67E-06 | 3,83E-07 | 6,969112 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,113683 | 0,025274 | -4,498029 | 0,0000 |
| C | 50,8802 | 10,1873 | 4,9945 | 0,0000 |
| R-squared | 0,408023 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,396339 | | | |
| F-statistic | 34,922 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 18 Química/Construcción, año 2014

| Dependent Variable: VENTASQUIMACT | | | | |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 159 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,007784 | 0,002106 | 3,695623 | 0,0003 |
| IMCEVENTAS | 3,27E-06 | 4,63E-07 | 7,070138 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,171150 | 0,039787 | -4,301604 | 0,0000 |
| C | 45,16542 | 10,28333 | 4,392157 | 0,0000 |
| R-squared | 0,297893 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,284303 | | | |
| F-statistic | 21,9213 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 19 Química/Actividades Profesionales, científicas y técnicas, año 2014

| Dependent Variable: VENTASQUIMID | | | | |
|----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 155 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,001323 | 0,000656 | 2,017004 | 0,0455 |
| IMCEVENTAS | 5,53E-06 | 6,91E-07 | 8,013906 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,385585 | 0,075998 | -5,073604 | 0,0000 |
| R-squared | 0,198986 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,188446 | | | |
| F-statistic | 26,47545 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 20 Química/I+D, año 2014

| Dependent Variable: VENTASCONSACT | | | | |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 121 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | -0,000661 | 0,000292 | -2,261381 | 0,0256 |
| IMCEVENTAS | 2,11E-06 | 3,91E-07 | 5,408611 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,031463 | 0,006270 | -5,018459 | 0,0000 |
| C | 19,750334 | 1,943756 | 10,16425 | 0,0000 |
| R-squared | 0,288662 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,270423 | | | |
| F-statistic | 15,826 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 21 Construcción/Actividades profesionales, científicas y técnicas, año 2014

Como es de esperarse, la industria de fabricación de sustancias y productos químicos es la que entrega mejores resultados cuando se combina con otras industrias, en particular cuando trabaja con la industria de construcción (otra de las 3 industrias que mantienen alta significancia y buen coeficiente, junto a I+D y química), el coeficiente de la variable de inversión es mayor al de cada industria por separado, es decir, la inversión en I+D es más eficiente cuando trabajan juntas que de manera individual.

Se puede observar que dentro del año 2014, la industria química potencia a cada industria con la que se mezcla. Si bien para el resto de las industrias el coeficiente es mejor que para química de manera individual, aumenta el coeficiente (y la significancia) de la industria a la que se acopla.

En cuanto a la industria de construcción, los resultados son mixtos. Al ser combinada con la industria química sus resultados son potenciados, sucede lo mismo cuando se combina con la industria manufacturera, que si bien aumenta muy poco en su coeficiente, el aumento de significancia no es menor (alrededor de un 3%), eso sí, este último resultado es el que presenta el peor R cuadrado de todos, con un 0,02, por tanto si bien el modelo entrega un buen estadístico F, es muy posible que no se ajuste a la muestra particular que se está estudiando, por tanto no entrega mucha seguridad para concluir.

De forma distinta funciona construcción al ser combinada con la industria de actividades profesionales, científicas y técnicas, en donde el coeficiente es peor que ambas industrias de manera individual, lo mismo sucede cuando se combina con la industria de I+D, en donde el coeficiente pasa incluso a ser negativo (cuando tienen coeficientes positivos de manera independiente).

El resto de las combinaciones posibles no entregaron significancia en la variable de inversión⁴⁵, ya que todas tenían un buen R cuadrado y estadístico F.

⁴⁵ Como Manufactura/act. Profesionales, científicas y técnicas o Construcción/I+D

3.2.2 Año 2013

A continuación se muestran las tablas de resultados de las industrias significativas combinadas para el año 2013:

| Dependent Variable: VENTASMINQUIM | | | | |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 163 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,001812 | 0,001079 | 1,679066 | 0,0951 |
| IMCEVENTAS | 2,69E-07 | 6,82E-08 | 3,942924 | 0,0001 |
| USOCAP | -0,057371 | 0,017977 | -3,191345 | 0,0017 |
| C | 97,76571 | 10,70443 | 9,133203 | 0,0000 |
| R-squared | 0,114505 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,097797 | | | |
| F-statistic | 6,8535 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000226 | | | |

Tabla 22 Minería/Química, año 2013

| Dependent Variable: VENTASMINCONS | | | | |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 136 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | -0,001606 | 0,000419 | -3,834720 | 0,0002 |
| IMCEVENTAS | 1,23E-07 | 3,66E-08 | 3,353238 | 0,0010 |
| USOCAP | -0,013315 | 0,005696 | -2,337541 | 0,0209 |
| C | 62,59431 | 11,075742 | 5,651567 | 0,0000 |
| R-squared | 0,139800 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,120250 | | | |
| F-statistic | 7,1509 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000174 | | | |

Tabla 23 Minería/Construcción, año 2013

| Dependent Variable: VENTASMINID | | | | |
|---------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 102 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | -0,003095 | 0,001072 | -2,886683 | 0,0048 |
| IMCEVENTAS | 2,35E-07 | 6,28E-08 | 3,737485 | 0,0003 |
| USOCAP | -0,047754 | 0,016772 | -2,847196 | 0,0054 |
| C | 89,81940 | 13,794203 | 6,511443 | 0,0000 |
| R-squared | 0,209006 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,184792 | | | |
| F-statistic | 8,6316 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000039 | | | |

Tabla 24 Minería/I+D, año 2013

| Dependent Variable: VENTASQUIMCONS | | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 177 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,003534 | 0,000838 | 4,215280 | 0,0000 |
| IMCEVENTAS | 1,08E-06 | 2,34E-07 | 4,596978 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,018209 | 0,005295 | -3,439033 | 0,0007 |
| C | 43,5292 | 7,7764 | 5,5976 | 0,0000 |
| R-squared | 0,187841 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,173758 | | | |
| F-statistic | 13,3375 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 25 Química/Construcción, año 2013

| Dependent Variable: VENTASQUIMID | | | | |
|----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 143 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | 0,002426 | 0,000653 | 3,712819 | 0,0003 |
| IMCEVENTAS | 4,33E-06 | 6,15E-07 | 7,039365 | 0,0000 |
| USOCAP | -0,400689 | 0,083040 | -4,825248 | 0,0000 |
| R-squared | 0,133609 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,121232 | | | |
| F-statistic | 25,88740 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,000000 | | | |

Tabla 26 Química/ I+D, año 2013

| Dependent Variable: VENTASINFMIN | | | | |
|----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: Least Squares | | | | |
| Included observations: 197 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| IDTRABAJ | -0,004175 | 0,001524 | -2,739523 | 0,0067 |
| IMCEVENTAS | 2,14E-07 | 5,57E-08 | 3,844967 | 0,0002 |
| USOCAP | -0,039841 | 0,016489 | -2,416241 | 0,0166 |
| C | 96,06033 | 21,22549 | 4,525707 | 0,0000 |
| R-squared | 0,033505 | | | |
| Adjusted R-squared | 0,018482 | | | |
| F-statistic | 2,230211 | | | |
| Prob(F-statistic) | 0,086020 | | | |

Tabla 27 Información y Comunicaciones/Minería, año 2013

Al igual que en el año 2014, la industria de fabricación de sustancias y productos químicos tiene buenos resultados para el 2013.

Al combinarse con la industria de construcción, nuevamente vuelve a observarse una mejora en el coeficiente de inversión I+D, que es mayor a los resultados de cada uno de forma individual.

Al combinarse con Investigación y desarrollo, el resultado si bien es menor al del sector químico de manera independiente, ésta potencia al sector de I+D, al igual que como se observa con las industrias del 2014.

Cuando se analiza en conjunto con el sector minero, el signo negativo que éste poseía de manera individual se revierte, generando una ganancia de 0,18% por peso invertido.

En cuanto al rubro de la construcción, los únicos 2 resultados significativos son con la industria química y la minera.

Al juntarse con la industria minera, no es posible revertir el signo negativo como lo logró la industria química.

Finalmente, en cuanto a la industria minera, puede observarse que de todas las combinaciones de ésta durante el 2013, solo la industria química es capaz de revertir el signo negativo, aun así, la industria de la construcción logra hacer un poco menos negativo el resultado. Al juntarse tanto con información y comunicaciones como con I+D, el resultado es peor que de forma individual.

Nuevamente vuelve a suceder lo mismo con los años 2011 y 2012. Si bien se analizan las combinaciones de las industrias, aunque no hayan resultado significativas de manera independiente, no hay combinación que muestre a la inversión en I+D como significativa.

Más aún, los R cuadrado de las regresiones durante estos años no supera el 0,05, con excepción de la industria manufacturera, que como se mencionó anteriormente posee 600 de los 893 datos totales en cada año⁴⁶.

La industria manufacturera y sus combinaciones muestra un R cuadrado entre 1,3 y 1,8 durante los 2 años, además de un estadístico F bastante bueno que rechaza al 99% la hipótesis nula de que todos los coeficientes de los regresores sean 0. Aun así, para cada una de las regresiones, la variable de inversión en I+D no es significativa⁴⁷, lo que deja fuera de las conclusiones a los años 2011 y 2012.

3.3 Conclusiones

El presente trabajo muestra un estudio de la inversión en Investigación y Desarrollo y su relación con una variable definida como de productividad, que trata de las ventas generadas por hora de trabajo por trabajador, de manera anual.

La ecuación utilizada para el estudio se encarga de comparar ambas variables, e incluye un indicador de ciclo económico (IMCE) y uno de uso de capacidad, que se relacionan a las ventas totales y la cantidad de trabajadores, respectivamente.

Se analizaron 12 distintas industrias relacionadas al sector minero, habiendo todas las empresas de la muestra declarado invertir en investigación y desarrollo durante el año en que se le realizó la encuesta.

Los estadísticos descriptivos muestran que las industrias que más invierten en promedio son la minera y la manufacturera, pero debe tomarse en cuenta que la desviación estándar de ambas es bastante grande (hay mucha dispersión).

En cuanto a la inversión por trabajador, la industria de Investigación y Desarrollo es la que toma la delantera, junto también a la industria de fabricación de sustancias y productos químicos.

⁴⁶ Tanto el año 2012 como el 2011 poseen la misma cantidad de datos totales: 893

⁴⁷ La significancia de esta variable durante estos años oscila entre 3% y un 70%, que no permite utilizarla como aceptable.

Observando los resultados, se puede discernir que son las industrias de fabricación de sustancias y productos químicos, de construcción y de Investigación y Desarrollo las 3 que mejor se ven afectadas por la inversión en I+D.

Esto último se observa a través de los años estudiados (2011 – 2014) tanto de forma independiente como de forma combinada con otras industrias.

Los años 2011 y 2012 no lograron generar resultados aceptables, por tanto no es posible profundizar el efecto que tenga la inversión en las industrias durante esos años.

Se debe tomar en cuenta que los beneficios para el sector minero en cuanto a I+D no son directos. La industria minera se encuentra profundamente conectada con sus industrias relacionadas, y avances tecnológicos en estas industrias podrían generar grandes beneficios para la minería, es esto lo que podría explicar que los coeficientes encontrados sean tan bajos para la industria minera, mientras los más altos se encuentren en industrias con mayor enfoque a la investigación.

El mayor coeficiente entregado por los resultados⁴⁸ es de un 1,75%, es decir, un aumento en una unidad monetaria en la inversión en I+D genera un output de 1,0175\$. Este resultado podría parecer desalentador, dado que el aumento es mínimo, pero debe tomarse en cuenta que los efectos reales de la inversión en I+D no son inmediatos⁴⁹, por tanto es esperable que este resultado aumente cuando se toma en cuenta el factor de la temporalidad.

Trabajos que usan datos de panel para estimar el efecto de la inversión en la productividad de industrias manufactureras en otros países han llegado a medir los beneficios desde un 10% a un 30% de la inversión⁵⁰, por tanto es de esperarse que en Chile los resultados por lo menos aumenten del 1,75% que logra la industria química junto a la de construcción durante un mismo año, pensando que el mayor porcentaje de ganancias se puede observar con el paso del tiempo y no de manera inmediata.

Finalmente, se puede concluir que es la industria de fabricación de sustancias y productos químicos la más versátil en su relación con el resto de las industrias relacionadas a la minería. De manera independiente muestra el segundo mejor coeficiente⁵¹, solo detrás de su combinación con la industria de construcción.

⁴⁸ Que se observa para la combinación entre las industrias química y de construcción, para el año 2014.

⁴⁹ Griliches (1992).

⁵⁰ Griliches y Mairesse (1984), Jaffe (1986), Jones y Williams (1998), Odagiri (1983), Odagiri e Iwata (1986), Hall y Mairesse (1995), Maté y Rodríguez (2002).

⁵¹ 1,63%

Cada vez que la industria química es analizada en conjunto con otra, se observan mejoras en el coeficiente de la industria adjunta, incluso transformando coeficientes negativos en positivos.

Es importante entonces tomar en cuenta la industria química como un gran aliado de la minería, y como se observa, es ésta la que mejores beneficios le entrega a la minería cuando se invierte en I+D en ella, lo que podría mostrar justamente que la sub-representación mencionada en secciones anteriores en la inversión en la industria minera podría deberse a una fuga de inversión hacia la industria química, con fines de avances tecnológicos para resolver problemas mineros.

4 Recomendaciones

En primera instancia, es necesario profundizar la Encuesta sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo. Entregarle variables que permitan realizar ejercicios econométricos más complejos que el del presente estudio. Teniendo el capital físico y transformando los datos en un panel, se podrían realizar estudios sobre efectos de la inversión en productividad de manera temporal, como han realizado los estudios citados a través del presente trabajo. Que la encuesta contenga una variable de valor agregado también ayudaría a depurar aún más un posible estudio sobre la relación entre inversión en I+D y productividad.

Matías Caamaño, de la unidad de evaluación y políticas de I+D+i, de la división de innovación del ministerio de economía mencionó durante la entrevista realizada para el presente trabajo que el objetivo de las futuras encuestas es transformarlas en datos de panel, es decir, comenzar a identificar las empresas de manera que estudios como el presente puedan realizarse de manera más eficiente y productiva, así como también que la encuesta nacional sobre gasto y personal en investigación y desarrollo se transforme no en una muestra, sino que en la población total de empresas que realizan I+D en Chile, es decir, que todas las empresas que realizan I+D en Chile se encuentren dentro de la encuesta. Una base de datos como la que Matías comenta, con varios años de continuidad, generaría una cantidad muy valiosa de estudios y un ecosistema relacionado a la inversión e incentivo de la I+D muy productivo.

Dado lo anterior, efectivamente una transformación de la actual base de datos en lo que se propone podría permitir la realización de estudios a futuro más detallados que el actual, y otros con enfoques más profundos que entreguen respuestas a problemáticas más complejas.

Otros tipos de investigación sobre el tema de inversión en I+D que podrían realizarse con mejores datos podrían aferrarse a la relación ideal entre inversión en I+D pública y privada, o el punto óptimo de inversión tanto para el sector privado como el público.

Todo el tema relacionado a la inversión en I+D es hasta ahora en Chile bastante joven, en particular los estudios relacionados a ésta, lo que muestra una baja cantidad de información relacionada al tema, que decanta en que, si bien existe un incentivo para invertir, la falta de información termina siendo más fuerte como desincentivo.

Es por lo mismo que es necesario que una continuidad en estudios relacionados al presente tema se siga realizando, y para ello una mejora estructural en la forma de recaudar la información es fundamental.

Mauricio Morales, de la Fundación para la Transferencia Tecnológica (UNTEC), comentó en la entrevista realizada para el presente trabajo que hoy en día se debe cambiar el paradigma de lo que se ve como Investigación y Desarrollo, ya que si bien el sector minero la ha utilizado constantemente, ya sea directamente a través de su industria como en relacionadas, la mala situación económica para el sector obligan a realizar un cambio que no vaya de la mano solo con las condiciones de la mano de obra o de los tratados de exportación, es necesario aumentar la productividad a través de tecnologías que abaraten el costo de los procesos y abran puertas a nuevos tipos de procesos. Es insostenible seguir exportando materia prima tal y como se ha hecho durante los últimos 50 años, es necesario utilizar la I+D como fuente transformadora de la industria y a través de ésta dejar de depender constantemente de los precios del cobre.

No debe eso sí pensarse que en Chile no se realiza Investigación y Desarrollo, constantemente existen nuevos proyectos para mejorar el rendimiento de la industria⁵², desgraciadamente el problema es el incentivo de las empresas en invertir en estos proyectos, la tecnología y el talento puede tenerse, pero sin una inversión que logre hacer caminar los proyectos, no es posible levantarlos.

Un claro ejemplo de lo mencionado anteriormente es el proyecto Alta Ley⁵³, que intenta transformar a la minería en un foco de investigación y desarrollo, y a partir de ésta potenciar la industria no solo de manera económica, sino que también otorgarle la capacidad de generar externalidades positivas o “spillovers”, es decir, generar un beneficio social que escurra hacia otras industrias, y otros sectores.

⁵² <http://programaaltaley.cl/>

⁵³ <http://programaaltaley.cl/>

Colocar a la investigación y desarrollo como motor principal de la transformación económica necesaria en el país para dejar de depender de manera tan importante de las materias primas y los recursos no renovables.

Factores como el elevado riesgo asociado a los proyectos de investigación y desarrollo, así también como la dificultad para obtener completamente los beneficios de la nueva tecnología podrían contarse como relevantes para no invertir en I+D.

El incentivo a invertir en I+D no es muy grande cuando se espera que ésta genere un spillover lo suficientemente grande para aprovecharla si otro realiza el esfuerzo, es decir, muchas veces podría preferirse no invertir en la tecnología, esperando que alguien más lo haga, de manera de cosechar el esfuerzo de alguien más.

Es importante también mencionar el hecho que los proyectos de I+D no son baratos⁵⁴, por tanto para pequeñas o medianas empresas, que ya luchan constantemente por obtener financiamiento, generar I+D es bastante complicado, por muy atractivo que parezca.

Realizar investigación y desarrollo no solo es caro, sino que también es un proceso generalmente largo y sin beneficios instantáneos, lo que es otro gran desincentivo para empresas medianas o pequeñas que están más enfocadas al desarrollo a corto plazo.

Por las razones anteriores, es más común ver a las grandes empresas realizar grandes inversiones en I+D que a las más pequeñas, lo que como ha sido mencionado anteriormente, aún con un retorno esperado bastante aceptable, tiene un riesgo asociado bastante grande, no solo en caso que el proyecto fracase, sino que también en relación al incentivo a realizar la inversión debido a que puede que otra empresa lo realice y se puedan aprovechar de ello.

Finalmente, es necesario comentar que el resultado muestra que si bien existe un incentivo a invertir, éste no se realiza⁵⁵, lo que provoca, en la actualidad, una desventaja competitiva con el resto del mundo, en donde el intercambio de tecnología es tan relevante que empresas gigantescas han surgido comenzando como algoritmos de búsqueda (Google) o como páginas sociales de universidad (Facebook). Es un objetivo primordial para el mejoramiento de la economía nacional que el enfoque en la I+D cambie, pasando de ser una herramienta que mejore la productividad (como se ve hoy en día), a ser una herramienta de transformación de industrias, así como el proyecto Alta Ley quiere utilizarla.

⁵⁴ CORFO pide como mínimo para entregar su incentivo tributario, que el proyecto sea de al menos 100 UTM's (a noviembre del 2016 esto equivale a 4,6 millones de pesos)

⁵⁵ Bajos niveles de inversión en I+D en Chile

5 Bibliografía

Aghion, P. y Howitt, P. (1992). "A Model of Growth Through Creative Destruction." *Econometrica* 60, no. 2: 323-351

Bitran, E. y González C. /CNIC (2010) "Productividad Total de los Factores, Crecimiento e Innovación", CNIC, Chile.

Clark, B. & Griliches, Z. (1984): "Productivity growth and R&D at the bussiness level: Results of the PIMS Data Base", in *Patents and Productivity* (Ed.) Z. Griliches, University of Chicago Press, Chicago, pp. 393-416.

Comisión Chilena del Cobre (2016), "Precios del cobre refinado", Ministerio de minería, Gobierno de Chile.

García, A. (2007): "Investigación y Desarrollo: Impacto sobre Productividad y Determinantes", Tesis para optar al grado de Magister de Economía, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

García, A. (2016): "Minería, Innovación y Desarrollo en Chile". CEPAL. (En elaboración).

Granger, C. W. J. (1969): "Investigating causal relations by econometric models and cross spectral methods". *Econometrica*. 37, 424-438.

Griliches, Z. (1979): "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth", *Bell Journal of Economics*, vol.10, pp.92-116.

Griliches, Z. y Mairesse, J. (1984): "Productivity and R&D at the firm level", Griliches, Z. (ed.): *Patents and productivity*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 339-374.

Griliches, Z. (1992): "The search for R&D spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 94, pp. 29-47.

Guellec, D. and B. van Pottelsberghe de la Potterie (2000), "The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2000/04, OECD Publishing.

Hall, B.H. y Mairesse, J. (1995): "Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms", *Journal of Econometrics*, vol. 65, pp. 263-293.

Jaffe, A. B. (1986): "Demand and supply influences in R&D intensity and productivity growth", *Review of Economics and Statistics*, vol. 70, pp. 431-437.

Jones, C. & Williams, J. (1998): "Measuring the social return to R&D", *Quarterly Journal of Economics*, vol.113, pp. 1119-1135

Mairesse, J. & Sassenou, M. (1991): "R&D and productivity: A survey of econometric studies at the firm level", Working Paper n° 3666, NBER, Cambridge (MA).

Mairesse, J. (1995): "R&D productivity: A survey of the econometric literature, CEPR Workshop on R&D Spillovers, Lausanne, January.

Mairesse, J. & Hall, B. H. (1996): "Estimating the productivity of research and development: An exploration of GMM methods using data on French and United States manufacturing firms", Working Paper n° 5501, NBER, Cambridge (MA).

Maté J. J. y Rodríguez J. M. (2002): "Crecimiento de la productividad e inversión en I+D: Un análisis empírico de las empresas manufactureras españolas", *Economía Industrial*, no. 347, pp.99-110.

Meller P, Gana J, (2015). "El desarrollo de proveedores mineros en Australia – implicancias para Chile". CIEPLAN (Trabajo no publicado).

Ministerio de Economía / INE (2015), "Quinta Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo".

Montero. R (2013): *Test de Causalidad*. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada. España.

Nadiri, M. I. (1993): "Innovation and technological spillovers", Working Paper n°4423, NBER, Cambridge (MA).

Odagiri, H. (1983): "R&D expenditures, royalty payments and sales growth in Japanese manufacturing corporations", *Journal of Industrial Economics*, vol. 32, pp. 61-71.

Odagiri, H. & Iwata, H. (1986): "The impact of R&D on productivity increase in Japanese manufacturing companies", *Research Policy*, vol. 15, pp. 13-19.

OECD (2015), "Compendium of Productivity Indicators 2015", OECD Publishing, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/pdtvy-2015-en>

Productividad Laboral en Chile, McKinsey & Company, (2013)

Rivera, L and Romer, P (1991)., "Economic Integration and Endogenous Growth", *The Quarterly Journal of Economics* 106 (2): 531-555

Romer, Paul M., "Endogenous Technological Change" (1990). The Journal of Political Economy, Vol. 98, Issue 5, p. S71-S10 1990.

UAI / CORFO (2013) "Evolución de la Productividad Total de Factores (PTF) en Chile", Boletín n°7, 4to Trimestre 2013. Universidad Adolfo Ibáñez/Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile.

Wakelin, K. (2001): "Productivity growth and R&D expenditure in UK manufacturing firms", *Research Policy*, vol. 30, pp. 1079-1090.

<http://www.programaaltaley.cl>

Nueva Encuesta Nacional de Empleo (años 2011 al 2014), INE.

6 Anexos

Entrevistas:

Nils Galdo Nogales – Miembro del MIT-REAP (Regional Entrepreneurship Acceleration Program). 27 de Enero del 2016.

Mauricio Morales Meza – UNTEC (Fundación para la Transferencia Tecnológica de la Universidad de Chile). 13 de Abril del 2016.

Felipe Correa Mautz – Investigador en CEPAL. 23 de Mayo del 2016.

Matías Caamaño Cifuentes – Unidad de Evaluación y políticas de I+D+i, División de Innovación, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. 4 de Julio del 2016.