



## **Patentes mineras: Pocas pero buenas**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGISTER EN POLÍTICAS PÚBLICAS**

**Alumno: ALEJANDRO PÉREZ-COTAPOS SANTIS**

**Profesor Guía: CLAUDIO BRAVO ORTEGA  
JOSÉ MIGUEL BENAVENTE**

**Santiago, octubre 2020**

## Contenido

Resumen.....	4
Agradecimientos .....	5
1. Introducción .....	6
Objetivo.....	7
2. Motivación .....	8
2.1. Valor de la innovación en minería.....	8
2.2. Impacto de ciclos económicos en la calidad de innovación.....	9
3. Marco Teórico .....	10
3.1. Innovación en minería.....	10
3.2. Patentes de propiedad industrial.....	12
3.3. Valor y calidad de Patentes .....	13
3.4. Citaciones como variable de valor .....	15
3.4.1. Ajustes al indicador .....	18
3.4.2. Control por sector tecnológico.....	18
3.4.3. Distinción entre minería y manufactura .....	22
3.5. Diferencias entre minería y manufactura .....	23
3.6. Impacto de precios en la calidad de las patentes .....	24
3.6.1. Modelo basado en rentabilidad de la industria .....	27
4. Datos y Variables.....	30
4.1. Selección de datos.....	30
4.2. Variable dependiente.....	30
Variables de control .....	32
4.3. Variable dicotómica de minería .....	34
4.4. Variables de precio.....	35
5. Análisis.....	37
5.1. Diferencia de media de calidad entre industrias .....	37
5.2. Regresión de calidad contra minería, con efectos fijos de año .....	38
5.3. Regresión controlando por características de la patente .....	39
5.4. Regresión controlando por características de las patentes y precios.....	40
6. Conclusiones.....	42
7. Discusión .....	43
7.1. Agenda futura.....	44

8. Bibliografía .....	45
9. Anexos .....	50
Anexo 1: Diferencias de valor entre industria controlando por tecnología-año .....	50

## Resumen

El objetivo de esta investigación es analizar la calidad de las patentes de propiedad industrial en la industria minera respecto a la manufactura en general, y estudiar el impacto de cambios en el precio del producto final de la industria sobre la calidad de las patentes. Para modelar el impacto del precio de la industria final sobre la calidad, se construye un modelo basado en las citas que recibe cada patente en los cinco años posteriores a su solicitud. Los resultados indican que al normalizar por sector tecnológico, las patentes de minería tienen una mayor calidad que aquellas de manufactura. Además, cambios en el precio del producto final tienen un impacto positivo y significativo en la calidad de las patentes. Estos resultados aportan a la literatura respecto a las diferencias entre minería y otras industrias en términos de innovación, y abren nuevas interrogantes sobre la calidad de las patentes y sus determinantes.

## Agradecimientos

Mi familia, por su apoyo continuo en mi vida

Mis amigos, por su paciencia y cariño en estos años de estudios

Phibrand, por inspirarme y ayudar a convertir la teoría en práctica

Paula, por ser una luz que me apoyó y motivó para terminar todo

Y a mí, por saber desarrollar y terminar este esfuerzo académico

## 1. Introducción

La innovación es vital para el desarrollo de las economías, ya que permite a las empresas mejorar la eficiencia de sus procesos, adaptar sus productos para responder mejor a las demandas de los consumidores y generar nuevos productos y servicios. En términos simples, entrega a las organizaciones una ventaja competitiva que les permite obtener mayores beneficios. Sin embargo, eventualmente esta ventaja puede ser copiada por otras empresas. Por esto, a menudo se recurre a mecanismos para proteger estos inventos de ser usados por otras compañías. Una forma de protección es el secreto industrial, pero este mecanismo evita que el resto de la sociedad se beneficie del conocimiento creado.

Para incentivar la producción de conocimiento en estas circunstancias, se requieren incentivos para quien innova. El mecanismo creado para solucionar este problema es el sistema de concesión de patentes (Convención de Paris, 1883). Una patente es un derecho monopólico que permite a su asignatario impedir que otros agentes usen de forma comercial su invención durante un número determinado de años, dándole control sobre la comercialización de su tecnología.

La patente, en tanto otorga el derecho comercial sobre una tecnología<sup>1</sup>, tiene un valor tanto tecnológico como económico. El conocimiento patentable tiene aplicación industrial y puede insertarse en la cadena de valor de una industria y agregar valor en su cadena productiva. Este beneficio puede ser trazable hasta el producto final, el cual es generado por la empresa comúnmente conocida como tractora<sup>2</sup>. Dado que la patente genera mayores utilidades en la industria, el dueño de la patente puede acceder a parte de los beneficios adicionales que son generados en la industria en la que se inserta.

Aislar el valor de una patente de otros factores es difícil. Que el desarrollo de un producto final requiera solo la tecnología que se encuentra inserta en una patente es un caso excepcional más que la regla. Por otro lado, como el conocimiento patentable es heterogéneo en cuanto a la utilidad que puede entregar, tanto en términos tecnológicos (conocimiento útil para el progreso) como

---

<sup>1</sup> Técnicamente, la concesión de una patente no entrega al inventor el derecho de utilizar una tecnología con fines comerciales, debido a que diferentes condiciones legales pueden impedirlo (ejemplo, tecnologías peligrosas o ilegales). Sin embargo, para simplificar la notación, de acá en adelante usaremos el derecho de exclusión como derecho de uso.

<sup>2</sup> Empresa tractora es aquella que concentra la creación de valor de una industria. Esta usualmente tiene proveedores o distribuidores asociados y puede ubicarse al final de la cadena de valor (IDEPA, 2015).

económicos (generador de mayores utilidades), no podemos considerar que todas las patentes tienen el mismo valor, incluso si pertenecen a la misma empresa o participan de la misma cadena de valor. Existe en la actualidad una amplia literatura que analiza el valor de las patentes. Es posible encontrar una revisión bibliográfica en el trabajo de Van Zeebroeck *et al.* (2011).

Este trabajo, utilizando un indicador de calidad de las patentes como proxy de su valor, busca aportar a la literatura sobre los factores que determinan el valor de una patente y las diferencias de valor entre industrias, con foco particular en la minera. Para ello, se realizan dos ejercicios. En primer lugar, se analizarán las diferencias de calidad de las patentes de la industria minera respecto a las de manufactura en general, utilizando para medir calidad un indicador asociado al número de citaciones que recibe una patente. En segundo lugar, se estudiará el impacto que tienen variaciones en el precio del producto final de la industria sobre la calidad de las innovaciones. Este conocimiento permitirá tomar mejores decisiones respecto al valor de las patentes y alimentar el debate académico respecto a la calidad y el valor de la innovación en minería.

## Objetivo

El objetivo de esta investigación es analizar si las patentes de minería tienen una mayor calidad que las de manufactura y si ese valor es afectado por el precio de los productos finales de la industria.

Este objetivo puede ser presentado en dos objetivos específicos:

1. Analizar las diferencias de calidad entre las patentes de propiedad industrial de la industria minera respecto a las de manufactura.
2. Analizar si los precios del producto final de una industria tienen impacto sobre la calidad de las patentes usadas en la misma.

Estos objetivos pueden ser, asimismo, formalizados matemáticamente en dos hipótesis. En el caso del primer objetivo, analizaremos si las patentes de minería tienen una mayor calidad que las de manufactura. Usando como proxy de calidad un indicador de citaciones normalizado que permita controlar por diferencias entre sectores tecnológicos, se probará que:

$$H_0: \rightarrow Q_{\text{minería}} = Q_{\text{manuf}}$$

$$H_a: \rightarrow Q_{\text{minería}} > Q_{\text{manuf}}$$

En el caso del segundo objetivo, analizaremos si una variación en los precios del producto final de cada industria afecta la calidad de las patentes de esta industria. Nos interesa analizar cómo una variación de precios posterior a la solicitud de la patente afecta el número de citas que recibirá esta patente en sus primeros 5 años. Usando dos indicadores de precios del WorldBank (Commodity Price index y Manufacture Unit Value Index) como proxy de los precios para cada industria, se testeará que:

$$H_0: \rightarrow \left( \frac{\delta Q}{\delta P_t} \right) = 0 \quad \forall t: \{0 \dots 4\}$$

$$H_a: \rightarrow \left( \frac{\delta Q}{\delta P_t} \right) \neq 0 \quad \forall t: \{0 \dots 4\}$$

Los resultados presentados en esta esta investigación permiten validar las hipótesis que formalizan los objetivos de esta investigación: (i) las patentes de minería tienen una calidad superior a las de manufactura, cuando se controla por los sectores tecnológicos en los que se encuentran, y (ii) cambios en el precio del producto final de la industria impactan en la calidad de las patentes que son usadas en esta.

## 2. Motivación

### 2.1. Valor de la innovación en minería

La motivación principal de esta investigación es el análisis de las patentes de minería. Esto se deriva del hecho que la economía chilena es intensiva en recursos naturales y la minería es la industria más relevante en Chile y la principal industria exportadora del país (Banco Central, 2020).

En una dimensión de políticas públicas, existe un debate respecto a la forma en que se genera innovación en la industria minera, debido a que la corriente tradicional de literatura respecto a innovación en industria minera la señala como menos innovadora que las demás industrias (Scherer, 1984; Humphreys *et al.*, 2019), principalmente por el bajo número de innovaciones patentadas en minería. Esta observación tiene impacto en la discusión respecto a si es conveniente destinar recursos a innovación en minería, relativo a otras industrias. En Estados Unidos (cuyas patentes son utilizadas en nuestro análisis cuantitativo), por ejemplo, los recursos que ha recibido la minería para innovaciones han ido decreciendo respecto a otras industrias (Hitzman 2002).

Usar el conteo de patentes para medir el éxito de las actividades de I+D, aunque es una práctica extendida, no es adecuada debido a que existe una gran varianza en el valor o calidad de las patentes individuales, haciendo que el conteo de patentes sea un indicador ruidoso (Hall *et al.*, 2005). Debido a esto, la literatura ha incorporado indicadores de la calidad de la patente para evaluar los resultados de las actividades de I+D. Este trabajo aporta en el análisis de las diferencias de valor de las patentes de la industria minera respecto de otras industrias, aprovechando la disponibilidad de datos que permiten identificar las patentes que son usadas en industria minera (Daly *et al.*, 2019).

En Chile, la política pública para el desarrollo tecnológico de la minería es coordinada desde la Corporación Alta Ley, una iniciativa público-privada creada el 2015 como Programa Estratégico de Especialización Inteligente de Corfo<sup>3</sup>. Esta institucionalidad creó una hoja de ruta (Alta Ley, 2019) en la cual se identifican oportunidades, requerimientos de I+D y desafíos para generar capacidades tecnológicas en el país y desarrollar un sector de proveedores<sup>4</sup> con base tecnológica. Conocer si la calidad o valor de las innovaciones en el sector minero es superior a otras industrias permite mostrar con más claridad los beneficios de este y otros programas que fomentan la innovación en minería.

## 2.2. Impacto de ciclos económicos en la calidad de innovación

Por otro lado, la minería, como otras industrias que producen commodities, es altamente dependiente de variables económicas exógenas y los precios de sus productos experimentan ciclos de gran amplitud. Por esto, se hace importante conocer la forma en que las condiciones de mercado afectarán las actividades de I+D y sus resultados. Existe literatura que ha estudiado el impacto de los ciclos económicos en el gasto de I+D y el número de patentes solicitadas (revisar Humpreys *et al.*, 2019), pero no se han encontrado estudios que analicen teórica o empíricamente el impacto de condiciones económicas sobre la calidad de las patentes de la industria.

Conocer el impacto de precios del producto final de la industria (en este caso, una canasta de metales commodities), tiene relevancia tanto para estimar el valor que tendrá una patente como

---

<sup>3</sup> Respecto a la institucionalidad minera en Chile, la Comisión de Productividad (2017) realiza un análisis exhaustivo, concluyendo que el ecosistema minero está altamente desarrollado, lo que facilita los acuerdos entre actores para implementar políticas de largo plazo en una estrategia nacional. En particular, esta estrategia es lo que actualmente se conoce como la hoja de ruta.

<sup>4</sup> Al referirnos a proveedores, nos referimos a proveedores de servicios que apoyan el trabajo diario, entregando equipamiento y tecnología especializada. Este sector es comúnmente denominado METS, siglas de “Mining, Equipment, Technology and Services”.

para analizar el impacto de las políticas de apoyo a la innovación en periodos de auge o caída de los precios de metales.

### 3. Marco Teórico

#### 3.1. Innovación en minería

La corriente tradicional de literatura respecto a innovación en la industria minera la señala como menos innovadora que las demás industrias (Scherer, 1984). Sin embargo, esto ha ido cambiando en el tiempo (ver Tilton (2003) para un sumario). Un análisis a la innovación en industrias de alta tecnología como la de semiconductores (Tilton, 1971), muestra que estas industrias tienen características que no se observan en la minera, tales como: bajas barreras de entrada, bajas economías de escala, foco en el desarrollo de nuevos productos, acceso rápido a nuevas tecnologías y alta movilidad de profesionales.

Bartos (2007) compara la innovación en minería con la realizada en otras industrias y concluye que esta es una industria de alta tecnología, que usa maquinaria productiva sofisticada y aplica innovaciones incrementales para producir minerales a costos cada vez menores. Sin embargo, no es una industria cuyas innovaciones tengan una naturaleza disruptiva. En este sentido, es más afín a las industrias maduras que a las de alta tecnología.

El hecho de que las innovaciones sean incrementales y no disruptivas se debe a que el proceso minero requiere maquinaria que tiene altos costos de capital y largos ciclos de vida (a veces, más de 30 años). El costo de modificar la tecnología asociada a equipos es muy alto, tanto en costo de oportunidad (dejar de producir) como en costo de capital. El costo de oportunidad se explica porque la minería es una industria extractiva que requiere una gran inversión inicial y tiene permisos de extracción limitados y definidos, por lo que el foco del negocio es minimizar las desviaciones operacionales, para lograr la mayor producción permitida al menor costo posible. Las innovaciones disruptivas, que en ocasiones implican cambios en las maquinarias utilizadas y pueden generar alta variabilidad productiva en su implementación, son menos frecuentes en la industria.

Por otro lado, la industria minera invierte poco en investigación y desarrollo (I+D). En términos relativos, las empresas mineras invierten aproximadamente un 10% de sus ingresos en esta área, en comparación al 50% invertido por farmacéuticas o el 40% de empresas tecnológicas (Lassonde, 2006). Más aún, la mayor parte del dinero invertido va hacia exploración de nuevos yacimientos (que sería el equivalente a innovación en productos). Sin considerar gastos de exploración, la

innovación se estima en alrededor del 1% de los ingresos de las compañías (Cribb, 2002), dato que es concordante con lo observado en corporaciones chilenas. La Comisión de Productividad (2017) cita el caso de CODELCO que gastó US\$60 millones aproximadamente durante 2015 (aunque superó los US\$100 millones anuales durante el súper ciclo de metales). Así mismo, el estado impulsa el gasto en I+D. CORFO financia parcialmente la operación de Centros de Excelencia Internacional (CEI), de los cuales tres de los trece vigentes son de minería (CSIRO-Chile, Emerson, Sustainable Mining Institute); y al menos otros dos han participado en proyectos mineros (Fraunhofer y Telefónica). Con todo, el esfuerzo público y privado en I+D en la minería no alcanza el 1% de las ventas de la industria.

Existen varias explicaciones para este bajo gasto. Una de ellas es la consolidación de empresas, en busca de economías de escala. Al respecto, Yudelman (2006, en Bartos (2007)) observa que a comienzos de la década tres compañías dominan el 50% de la producción de hierro, cuatro compañías en el caso del níquel, seis compañías en las industrias de cobre y aluminio, diez compañías en zinc y quince en cobre. Esta concentración permite economías de escala, ya que las innovaciones generadas en una mina son traspasadas al resto de las operaciones de la compañía, en línea con el modelo operacional de cada corporación.

Sin embargo, la explicación más relevante es que las empresas integran innovación a través de sus proveedores, en especial de maquinaria y equipos, que además son parte de la industria de manufactura (Yudelman, 2006). En este caso, las empresas pueden actuar como socias de proveedores en el desarrollo de tecnologías o adoptando tecnologías ya disponibles (Hood, 2004).

Finalmente, es posible notar que la innovación en minería depende de la presencia de altas ganancias. Bartos (2007) observa que en periodos de altos márgenes, la minería ha desarrollado un mayor número de innovaciones. Esto es concordante con lo encontrado por Humphreys *et al.* (2019): el número de patentes en minería tiene un componente procíclico. Esto también ha sido observado en otras industrias (Canton and Uhlig (1999), Gomes *et al.* (2001) y Barlevy y Tsiddon (2006)).

### 3.2. Patentes de propiedad industrial

Una patente es un derecho exclusivo que se concede sobre una invención. De acuerdo con la oficina de patentes de Estados Unidos, una patente otorga:

“(…) the right to exclude others from making, using, offering for sale, or selling the invention throughout the United States or importing the invention into the United States”

US Trade Patent Office (USTPO)

La patente otorga el derecho de excluir que otras personas puedan hacer uso de la tecnología dentro del país donde se patenta. Esto significa que la invención patentada no puede ser producida, usada, distribuida ni vendida sin el consentimiento del titular de dicha patente. Estos derechos tienen validez sólo en el territorio en el cual se ha concedido y por el tiempo concedido, que es usualmente de 20 años.

Para que una patente de invención sea otorgada a un concepto o tecnología particular, la misma necesita cumplir con cuatro condiciones: 1) que la tecnología o producto conceptualizado sea nueva; 2) que sea útil; 3) que sea legal y 4) que sea no obvio a la luz del estado del arte:

“Se puede patentar todo aquello que siendo totalmente nuevo y desconocido, tiene además aplicación industrial y soluciona un problema técnico en la industria y como tal, puede ser, por ejemplo, un aparato, un mecanismo, procedimiento, instrumento, etc.”

Ley Chile Nº 19.039

La capacidad “monopólica” que entrega la patente permite que el conocimiento que se encuentra en la tecnología, que es un bien público, sea apropiable, lo que facilita el desarrollo futuro de otros conocimientos. Sin embargo, dado que cumpliendo con los requisitos, es posible patentar cualquier cosa, es necesario analizar el valor que puede tener la tecnología patentada.

### 3.3. Valor y calidad de Patentes

Para definir el valor de las patentes usaremos el diccionario de Oxford, que define valor como “Cualidad o conjunto de cualidades por las que una persona o cosa es apreciada o bien considerada”<sup>5</sup>.

El valor de las patentes puede ser estimado mediante diversos métodos, Van Zeebroeck *et al.* (2011) hacen un resumen respecto a los indicadores disponibles. De acuerdo con los autores, el indicador que sea escogido para medir el valor de una patente dependerá de dos factores, la elección de la variable independiente (indicador de valor) y el método de selección de la muestra de la patente.

La figura 1 muestra las tipologías de indicadores de valor disponibles en la literatura. La elección de cual indicador usar depende del ámbito en el que se trabajará, como se puede observar en la figura 2 que muestra una tipología de la literatura empírica respecto a indicadores de valor.

**Figura 1: Tipologías de indicadores de valor de patentes disponibles en la literatura.**

Group	Indicator
<i>Market-based measures (MKT)</i>	
Firm value	Tobin's <i>q</i> Stock market Sales/benefits New firm creation Technologic strength R&D performance
Estimated patent value	Royalties Valuation by inventors or managers Sleeping versus active Buy-outs
<i>Patent-based measures</i>	
Technological importance (CIT)	Forward citations
Geographical scope (Families) (FAM)	Triadic Number of countries worldwide Number of EPC validation states
Length (Renewals) (REN)	Age at lapse
Grant decision (GRT)	Patent has been granted
Legal disputes (DIS)	Litigation incidences Opposition incidences Opposition outcomes

*Fuente: Van Zeebroeck et al (2011)*

<sup>5</sup> Valor: definición de valor en español de léxico <https://www.lexico.com/es/definicion/valor>

**Figura 2: Tipología de la literatura empírica respecto a indicadores de valor.**

Table 2. Typology of the empirical literature on patent value.

Sample used in estimation	Indicator used as dependent variable						
	Market value	Citations	Grants	Opposition	Opposition outcome	Litigation	Renewals
Patent-level full scale		VZVP10	GVP00, GVP02, PIW05, WPI07	VZVP10			B05, D05, VZVP10
Patent-level focused	A93 <sup>°</sup> , CC80 <sup>°</sup> , CNW81 <sup>*</sup> , L98 <sup>°</sup> , L93 <sup>°</sup> , LPP98 <sup>°</sup> , P03 <sup>°</sup> , S05 <sup>*</sup> , S01 <sup>°</sup> , ST04 <sup>*</sup> , TF94 <sup>°</sup>	L94 <sup>°</sup> , SVP07 <sup>°</sup> , SVPN06 <sup>°</sup> , S07 <sup>°</sup>	S06 <sup>*</sup>	CS04 <sup>°</sup> , GHHM02 <sup>°</sup> , HH02 <sup>°</sup> , HR04 <sup>°</sup> , JW03 <sup>°</sup> , R04a <sup>°</sup> , R04b <sup>°</sup> , W04 <sup>°</sup>	GHHM02 <sup>°</sup> , R04b <sup>°</sup>	AL98 <sup>*</sup> , ALMT03 <sup>*</sup> , C04 <sup>*</sup> , LS97 <sup>°</sup> , LS99 <sup>°</sup> , LS01 <sup>*</sup> , L94 <sup>°</sup>	B06 <sup>°</sup> , LS99 <sup>°</sup>
Patent-level survey	AANM91 <sup>°</sup> , PATVAL06 <sup>*</sup> , G05 <sup>*</sup> , GHV06 <sup>*</sup> , HSV02 <sup>*</sup> , HSV03 <sup>*</sup> , R02, R03 <sup>°</sup>	IINSV99 <sup>°</sup> , JTF00 <sup>*</sup>					
Firm-level focused	B06 <sup>°</sup> , BVR02 <sup>*</sup> , BR01 <sup>*</sup> , CHO05, GJW05 <sup>°</sup> , GPH86, HC03 <sup>°</sup> , HJT05 <sup>°</sup> , HTT07, LS04 <sup>*</sup> , L94 <sup>°</sup> , NS06 <sup>°</sup> , SK97 <sup>°</sup> , T90 <sup>°</sup>	N04 <sup>°</sup>					
Firm-level survey	NNP87 <sup>°</sup>	BCM07 <sup>°</sup>		BCM07 <sup>°</sup>			DI97 <sup>°</sup>
Aggregate level	ACC04 <sup>°</sup> , P86 <sup>*</sup> , PS84, PS89 <sup>*</sup> , P96, S98 <sup>*</sup> , SP86 <sup>*</sup> , S94 <sup>°</sup>			HH04			

Notes: <sup>°</sup>Geographical sample, <sup>°</sup>sectoral sample. Abbreviations are detailed in Table 8. The term 'Focused' refers to samples limited to a few sectors and/or countries.

*Fuente: Van Zeebroeck et al (2011). Nota: los códigos presentados corresponden a publicaciones académicas (Apellido-Año) citados por el autor.*

El foco de la presente investigación busca ser lo más extenso posible, por lo que los métodos asociados al valor de mercado de las patentes deben ser excluidos, debido a que la mayoría de estas no es transada y existe muy poca información del valor de mercado individual de cada patente<sup>6</sup>. Es por esto que la presente investigación se centrará en un componente específico del valor, que es la calidad de las patentes.

Para definir la calidad de las patentes usaremos nuevamente el diccionario de Oxford, que define calidad como “Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie”<sup>7</sup>. Esta puede ser modelada como una función de las características de la patente, las características del inventor o solicitante y las características de la invención y el contexto en el que se inventa. Formalmente,

$$V = f(PC, PO, II)$$

Donde

<sup>6</sup> El uso de indicadores de valor de mercado es difícil debido a la falta de un mercado completo, pocas transacciones y a que las metodologías empleadas para estimar el valor de patentes no permiten aislar el valor de cada patente dentro de una empresa.

<sup>7</sup> Calidad: definición de calidad en español de léxico <https://www.lexico.com/es/definicion/calidad>

- *PC* refiere a las características de la patente
- *PO* refiere a las características del inventor o solicitante
- *II* refiere a las características de la invención y el contexto en el que se inventa

De estas, el presente estudio se enfocará en las características propias de las patentes y en algunas características del contexto, tales como el precio del producto final de la industria donde será usada.

Dado que el foco de la presente investigación busca ser lo más extenso posible, el método más adecuado para analizar el valor de patentes es el uso de indicadores construidos usando datos administrativos. Estos indicadores son retrospectivos y compilados *expost*, cuando la información ya está disponible. Se pueden clasificar en aquellos asociados a un valor tecnológico (ejemplo: *backward citations*), a valor económico (ejemplo: *patent renewals*) o aquellos asociados a ambos tipos (ejemplo: *foward citations*). La justificación teórica para usar estos indicadores es que están altamente correlacionados con el valor de mercado de las patentes (ver Van Zeebroeck *et al*, 2011, para un mayor detalle).

Este trabajo usará variables construidas en base a estos indicadores administrativos, considerando una muestra de patentes lo más extensa posible a nivel de una oficina de patentes (USTPO). En particular, para construir la variable dependiente se usará el número de citas que recibe una patente en los primeros cinco años desde su solicitud, mientras que otras características de las patentes servirán como variables de control. Esto es similar a lo realizado por Falk *et al*. (2016) que utiliza variables administrativas de patentes como determinantes de las citas.

#### 3.4. Citaciones como variable de valor

Este estudio usará como *proxy* de valor una variable construida a partir del indicador administrativo "*foward citations*", que es el número de citas que recibe una patente por parte de otras patentes en los cinco años posteriores a su solicitud.

Dentro de la solicitud de una patente para ser concedida se describen aspectos innovativos de la tecnología y se exigen derechos (en inglés, *claims*) sobre estos. Para exigir estos derechos, las patentes deben citar a las tecnologías patentadas anteriormente para probar la novedad patentada a la vista del desarrollo tecnológico existente (en inglés, "*prior art*"). La figura 3 muestra un ejemplo de una patente y sus citas (Van Raan, 2017).

Las citas pueden ser realizadas por el mismo aplicante o por el revisor de la patente, por lo que se estima que estas reflejan adecuadamente el desarrollo tecnológico existente, y el número de

citaciones que recibe una patente indican su importancia, tanto tecnológica como económica (Kuhn *et al.* (2018), Ashtor (2019), Trajtenberg (1990), Hall, *et al.* (2005); Harhoff *et al.* (2003)). Además, reflejan la evolución de diversas líneas de investigación tecnológica, como lo observan Sternitzke (2010) y Albert *et al.* (1991).

Las citas reflejan además un valor dado por terceros ya que el número de citas se acumula en los años posteriores a su solicitud. Cambios en las condiciones de la industria, que pueden fomentar el desarrollo de determinadas líneas de investigación, harán que se genere un mayor número de patentes en torno a las tecnologías de esa industria, y las patentes citadas por estas nuevas aplicaciones tendrán una mayor calidad, debido a que sus tecnologías son más desarrolladas.

Formalmente, modelaremos el número de citas en base a las patentes que se solicitan en años posteriores y refieren a la patente original  $i$  (que llamaremos patente madre) como

$$Cits_{it} = \sum_{j=t+1}^{t+5} N_{ij}$$

Donde  $N_{ij}$  es el número de patentes que citan a la patente  $i$  en el periodo  $j$ .

Figura 3: Citaciones asociadas a los derechos de una patente

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/GB2013/051820
C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HADIS ZARRIN ET AL: "Functionalized Graphene Oxide Nanocomposite Membrane for Low Humidity and High Temperature Proton Exchange Membrane Fuel Cells", JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C, vol. 115, no. 42, 14 September 2011 (2011-09-14), pages 20774-20781, XP055075267, ISSN: 1932-7447, DOI: 10.1021/jp204610j the whole document -----	1-14
A	CHENXI XU ET AL: "A polybenzimidazole/sulfonated graphite oxide composite membrane for high temperature polymer electrolyte membrane fuel cells", JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY, vol. 21, no. 30, 27 June 2011 (2011-06-27), page 11359, XP055075137, ISSN: 0959-9428, DOI: 10.1039/c1jm11159k the whole document -----	1-14
A	US 2007/015022 A1 (CHANG HYUK [KR] ET AL) 18 January 2007 (2007-01-18) paragraphs [0036], [0056] -----	1-14
A	EP 1 833 113 A1 (DEUTCHES ZENTRUM FUER LUFT UND [DE] DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 12 September 2007 (2007-09-12) paragraphs [0018] - [0020], [0030] abstract -----	1-14

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2009)

page 2 of 2

Fuente: Van Raan, A. F. J. (2017)

### 3.4.1. Ajustes al indicador

A continuación, revisaremos algunos problemas que presenta este indicador, y la forma en la que serán tratados:

Primero, como los indicadores basados en citas (*forward citations*) requieren horizontes de largo plazo (Marco 2007), se definirá una línea de corte de la medición de cinco años, para reducir la censura de la variable y usar el horizonte temporal más largo disponible a la fecha (1976-2015). Este corte no distorsiona la medición de citas, ya que está documentado que la mayor parte de estas se generan durante los primeros años (Squicciarini *et al*, 2013).

Segundo, esta variable es altamente sesgada (*skewed*), con una alta dispersión de un número muy pequeño de patentes que tienen un alto número de citas y un porcentaje importante de patentes sin citas (Gambardella *et al*. 2008; Roach y Cohen 2013). Para mitigar este problema, la variable se trata en términos logarítmicos, para lograr que adquiera un comportamiento que es cercano a la distribución normal (OECD, 2013). Los gráficos 4a y 4b muestra la distribución en ambos casos.

Tercero, existen diferencias entre las oficinas de patentes debido a legislaciones y procedimientos que deben cumplir, por lo que no es posible comparar adecuadamente las patentes registradas en diferentes jurisdicciones (Lerner y Seru 2015). La forma en la que solucionamos esto es enfocando la investigación en solo una oficina de patentes, la de Estados Unidos, USTPO (United States Patent and Trademark Office).

Cuarto, algunos estudios han documentado la evidencia de que el comportamiento estratégico de las firmas influye en la distribución de citas (Sampat 2010; Abrams *et al*. 2013; Cotropia *et al*. 2013). Si bien esto no podemos controlarlo por sí mismo, podemos reducir esta dispersión al considerar que este comportamiento sigue patrones similares dentro de cada campo tecnológico, por lo que al controlar por sector tecnológico podemos reducir este problema.

### 3.4.2. Control por sector tecnológico

Es importante notar que estos indicadores permiten hacer un índice para ordenar las patentes. Sin embargo, ese índice no entrega un valor absoluto de la patente sino que uno relativo. Esto se debe a que el indicador de una patente no refleja sólo su valor, también características propias de cada país, sector tecnológico y año de solicitud (Squicciarini *et al*, 2013).

Para poder comparar patentes entre distintos sectores tecnológicos, se adaptará la metodología expuesta por Squicciarini *et al.* (2013), normalizando el valor del indicador de cada patente con respecto al valor máximo que haya obtenido cualquier patente que forma parte de su mismo sector tecnológico<sup>8</sup>. En particular, para corregir además por potenciales *outliers*, en cada campo tecnológico se construye el máximo de cada sector como la calidad de la patente ubicada en el percentil 99. Esto nos permite obtener un valor cuyo rango varía entre 0 y 1, donde las patentes del 1% de mayor valor toman el valor 1.

Basados en la ecuación anterior que describe el número de citas de una patente, formalizaremos la variable normalizada que será usada como variable dependiente:

$$Citsnorm_{it} = \left[ \left( \sum_{j=t+1}^{t+5} N_{ij} \right) / \max_{99\%} (cits_i)_{Tech} \right]$$

Donde  $N_{ij}$  es el número de patentes que citan a la patente  $i$  en el periodo  $j$  y el denominador es el número de citas que obtendrá la patente que tiene más citaciones dentro del sector tecnológico de la patente  $i$ . Cabe señalar que el valor por el cual se normalizan las citas es un escalar para cada sector tecnológico que no cambia con el tiempo, por lo que será presentado como  $\left( \max_{99\%} (cits_i)_{Tech} \right)$ .

La definición de sector tecnológico que se utilizará para hacer esta normalización es la desarrollada por Schmoch's (2008), el cual agrupa las patentes en 35 campos tecnológicos, construidos de forma balanceada y estructurada para maximizar la homogeneidad dentro de cada sector y las diferencias entre sectores. Este sistema fue adoptado por WIPO y se presenta tanto en el trabajo de Squicciarini *et al.* (2013) como en la base de datos PATSTAT<sup>9</sup>.

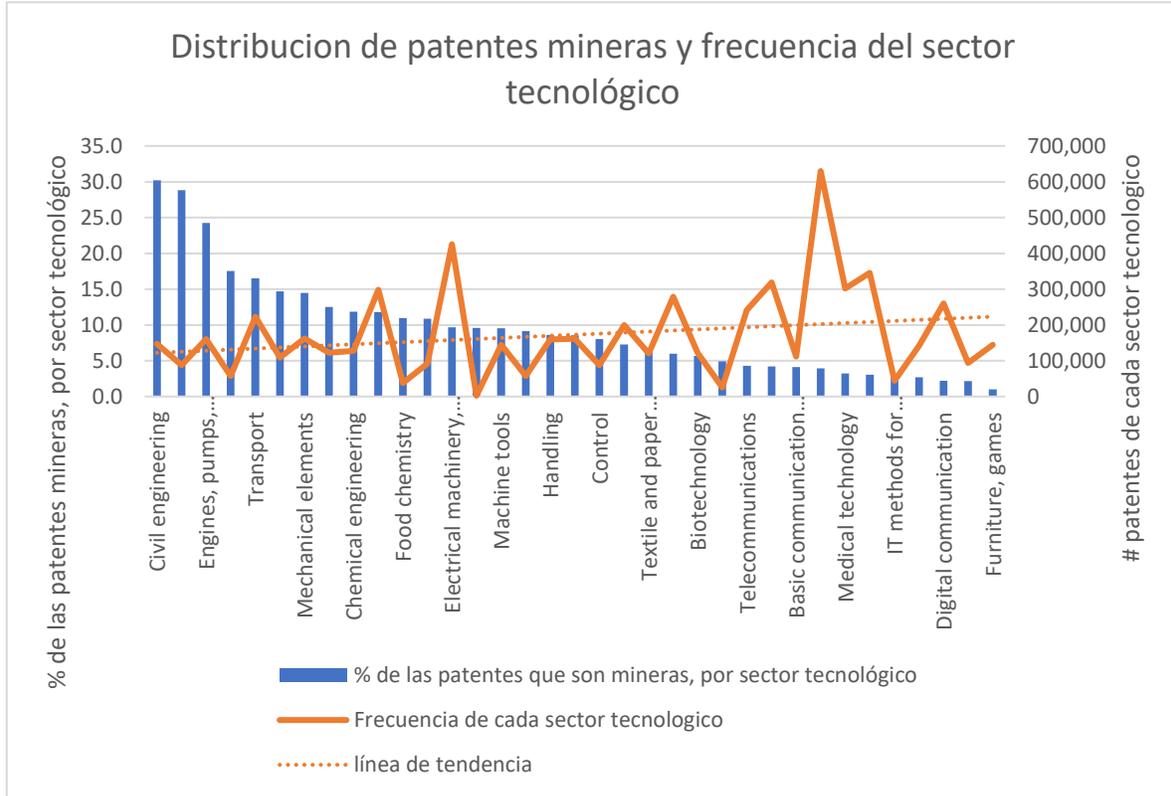
Normalizar el número de citaciones hace que las patentes de los sectores tecnológicos que tienen menos propensión a patentar debido a sus características intrínsecas puedan ser comparadas con patentes de sectores tecnológicos con mayor propensión a patentar. Si analizamos la distribución de patentes en cada sector tecnológico, (ver gráfico 1), podemos notar que las patentes usadas por

<sup>8</sup> Cabe señalar que la metodología que usaremos normaliza las patentes por sector tecnológico, pero no por año, que es lo realizado por Squicciarini *et al.* (2013). Como prueba de robustez, se testeó la diferencia de la calidad de patentes de minería y manufactura usando la normalización original (año-sector tecnológico), arrojando resultados similares a los presentados en este trabajo. Los resultados del análisis usando la normalización original se presentan en el anexo 1.

<sup>9</sup> Se usa la tabla "TLS230\_APPLN\_TECHN\_FIELD" de PATSTAT.

la industria minera tienen un patrón tecnológico distinto a las de otras patentes, concentrándose en los sectores tecnológicos con menos frecuencia de patentamiento.

Gráfico 1: Distribución de patentes mineras y frecuencia del sector tecnológico

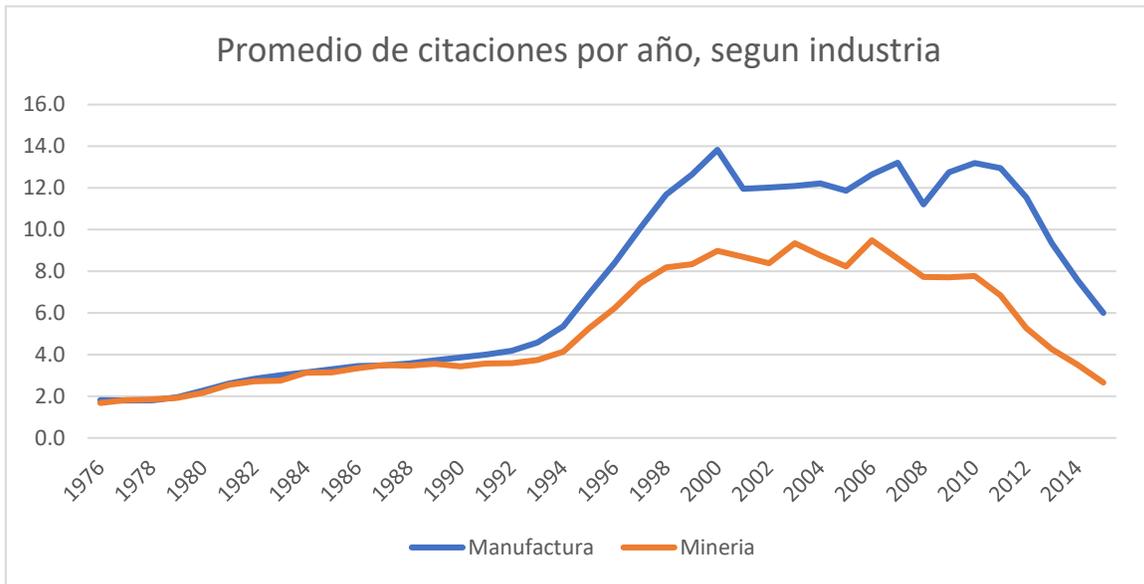


Elaboración propia

Los gráficos 2a y 2b muestran la diferencia que se observa al comparar el número de citas por industria cuando se usan las citas brutas y cuando se controla por sector tecnológico.

El gráfico 2a muestra la comparación usando el indicador  $cits_{it}$  (número de citas). Se observa que las patentes de manufactura tienen un mayor número de citas que las de minería. Esto refleja el hecho de que las patentes mineras se ubican mayoritariamente en sectores tecnológicos con menor número de patentes.

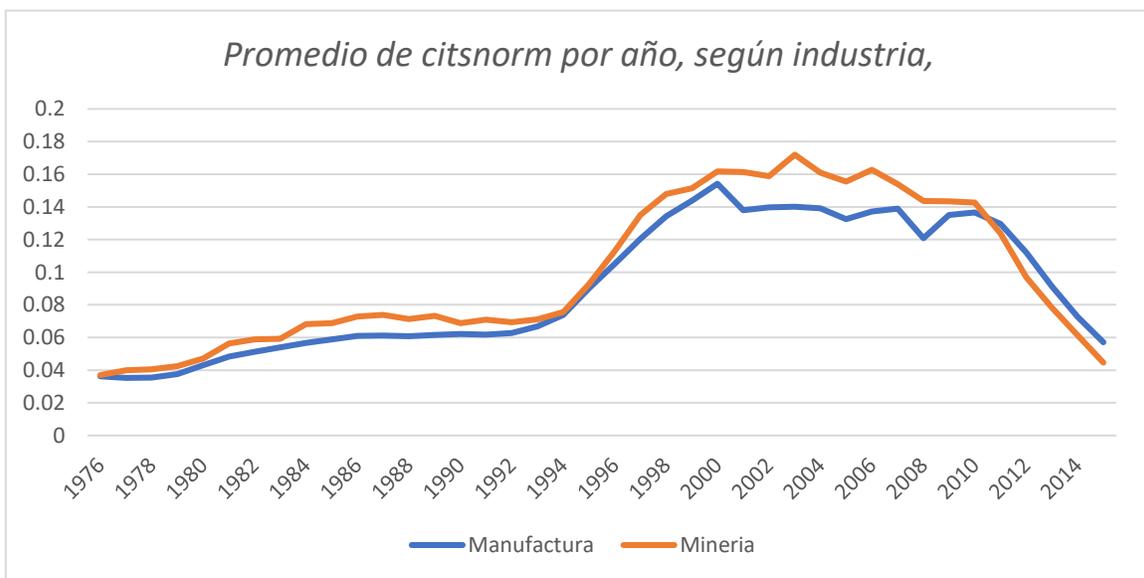
Gráfico 2a: Promedio de citaciones por año, según industria



Elaboración propia

Por otro lado, el gráfico 2b muestra el indicador  $citsnorm_{it}$ , que ajusta el número de citaciones por el sector tecnológico de cada patente. Podemos ver que la calidad de las patentes mineras es mayor que el de manufacturas y la diferencia entre valor se hace más significativa durante el periodo del superciclo de metales de comienzos de la década de 2000.

Gráfico 2b: Número de citaciones normalizadas por año, según industria



Elaboración propia

### 3.4.3. Distinción entre minería y manufactura

Para identificar las patentes usadas en la industria minera se utilizará la metodología elaborada por Daly *et al.* (2019)<sup>10</sup>. Esta nos permite construir una variable dicotómica (*m*) que tomará el valor 1 si la patente es minera y 0 si la patente es de manufactura.

Se dejará fuera de este análisis aquellas patentes que no son de manufactura, usando sólo aquellas clasificadas según la nomenclatura de sectores económicos de Schmoch (2003), cuyas categorías son de manufactura. Esto no sesga la muestra, debido a que la mayor parte de la actividad de patentamiento de las empresas mineras no está relacionada con tecnologías netamente mineras y la mayoría de los procesos mineros utilizan tecnologías que están presentes en otras industrias manufactureras (entrevistas con líderes gerenciales de innovación<sup>11</sup>).

El gráfico 3 muestra la evolución del número de patentes de minería y de manufactura en el tiempo. Como se puede observar, las patentes de minería representan aproximadamente un 8% del set de patentes utilizado, lo que es mayor a la participación de la minería en el producto interno bruto (0.3% en el caso de Estados Unidos, donde se solicitan las patentes). Esto se debe a que algunas patentes son utilizadas tanto en minería como manufactura<sup>12</sup>.

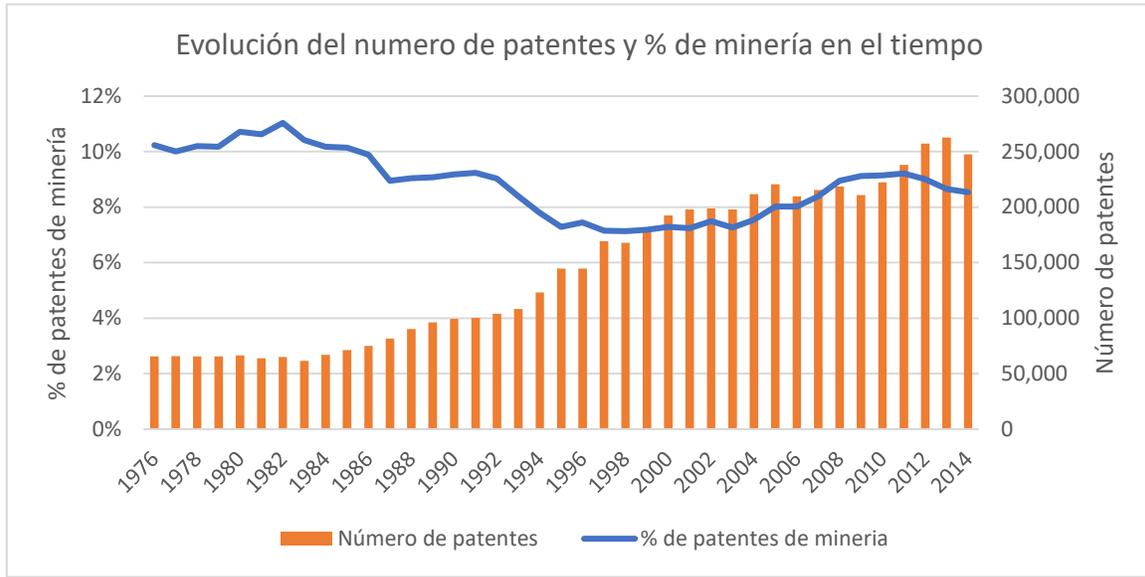
---

<sup>10</sup> Esta estrategia de identificación fue propuesta inicialmente por IP Australia y se fundamenta en una búsqueda basada en información tecnológica que combina el uso de clasificaciones de IPC con *keywords* para discriminar aquellas de minería, así como en datos sobre empresas mineras y METS de los principales países mineros (Australia, Estados Unidos, Canadá, Chile, Brasil), además de la base de empresas ORBIS.

<sup>11</sup> Se entrevistó a ejecutivos de la gerencia de innovación de una importante compañía privada chilena.

<sup>12</sup> Debido a que una misma tecnología puede usarse para crear múltiples soluciones tecnológicas y agregar valor en varias industrias, se considerará que aquellas patentes que son utilizadas en minería serán clasificadas en esta industria independientemente de si pueden ser usadas en otras.

Gráfico 3: evolución del número de patentes y % de minería en el tiempo.



Elaboración propia.

### 3.5. Diferencias entre minería y manufactura

Como se revisó en el capítulo 2 (Motivación), existen diferencias en la forma en que se innova en minería respecto a otras industrias, lo que repercute en que esta industria sea menos intensiva en innovación que otras industrias manufactureras (Bartos, 2007).

Una razón ya señalada es el mayor costo de oportunidad de innovar que se observa en la industria minera. Holmes (2012) analiza el costo de oportunidad de adoptar tecnologías (menor producción temporal). A mayor costo habrá menos disposición a implementar una innovación, o se requerirán mayores beneficios para realizarlo. En una industria con un alto costo de oportunidad de innovar, sólo se harán innovaciones si se comprueba que aportan un valor mínimo a las empresas y a las operaciones, lo que ha sido mostrado por Phibrand (2015) para minería. De la misma forma, una industria con menor costo de oportunidad tendrá un menor valor exigible a sus innovaciones.

Considerando esto, la calidad de las innovaciones en minería debería ser superior a la calidad promedio de las innovaciones en industrias donde el costo de oportunidad es menor. Esto es lo que se busca demostrar como hipótesis 1.

$$\text{Costo Oportunidad en la industria A} > \text{Costo Oportunidad en la industria B}$$

$$\text{Valor de patentes en industria A} > \text{Valor de patentes en industria B}$$

### 3.6. Impacto de precios en la calidad de las patentes

Adicionalmente, analizaremos el impacto del precio del producto final de la industria minera sobre la calidad de patentes en la misma industria.

Esto se basa en el hecho de que el precio de los productos finales es un factor clave para explicar la rentabilidad y las decisiones de las compañías en general. El precursor de la investigación respecto a la relación entre innovaciones y condiciones económicas es Schmookler (1966) quien analiza el impacto de variables económicas en la cantidad de innovaciones (número de patentes). Schmookler encuentra que las ganancias e inversiones de las empresas impactan en el número de patentes solicitadas. Esto permite señalar que el número de invenciones se deriva de la demanda y precio del producto final de la industria. Mejoras en las condiciones económicas afectarán entonces, positivamente el número de patentes. Scherer (1982) testea nuevamente esta hipótesis con un conjunto más grande de datos y muestra diferencias significativas por industria. Una revisión de esta literatura puede ser encontrada en Stoneman (1979).

Humphreys *et al.* (2019) hace un recuento de la literatura sobre canales cíclicos entre precios y la cantidad de innovación en varias industrias, medidas como número de patentes. Evidencia de canales procíclicos entre precios e innovación pueden ser encontrados en Canton *et al.* (1999), Gomes *et al.* (2001) y Barlevy *et al.* (2006). En términos simples, un aumento en el precio y por ende en los ingresos, está asociado a un aumento en el gasto en I+D, que repercute posteriormente en un mayor número de aplicaciones de patentes. Por otro lado, existen canales contra cíclicos asociados a presiones competitivas debido a bajas en los precios (Fatas (2000), Rafferty *et al.* (2004), Barlevy (2007) y Geroski *et al.* (1995)).

Respecto al número de patentes en minería, el reciente estudio de Daly *et al.* (2019) analiza el impacto del *boom* del precio de los commodities mineros sobre el número de patentes en la industria. La canasta de metales experimentó un aumento importante de precios que fue acompañado por un incremento en exportaciones y producción, además de un alza en el número de patentes solicitadas que son usadas por la industria.

Aunque existen estudios que hacen una conexión entre las condiciones económicas de la industria y el número de patentes, no se han encontrado estudios que analicen teórica o empíricamente el impacto de condiciones económicas sobre la calidad de estas. Más aun, la relación entre ciclos de precios e innovación en minería es poco explorada. Como señala Humphreys *et al.* (2019):

*"The way innovation and technology development react to these price cycles remain, to the best of our knowledge, an unexplored topic"*

En base al modelo de costos de oportunidad presentado anteriormente, esperaríamos que un aumento en el costo de oportunidad de innovar en la industria, debido a mejores precios de los commodities de metales, estuviese asociado a una disminución en el número de patentes que se solicitan y a un aumento en la calidad de estas, considerando que debe priorizarse aquellas innovaciones de mayor rentabilidad. Es más, entrevistas con líderes gerenciales de innovación muestran que la estrategia de las compañías en periodos de altos precios de metales es priorizar la producción, evitando tareas que impliquen una detención de las líneas de producción.

Sin embargo, como muestra Humphreys *et al* (2019), el número de patentes solicitadas aumenta conforme aumenta el precio de los metales. Parece observarse un puzle, en el que la reducción en el número de innovaciones que puede desarrollarse en las faenas difiere del aumento en el número de patentes observado en la industria. Dado lo anterior, existen razones para pensar que el mecanismo mediante el cual el precio impacta a la calidad de las patentes no está asociado al costo de oportunidad.

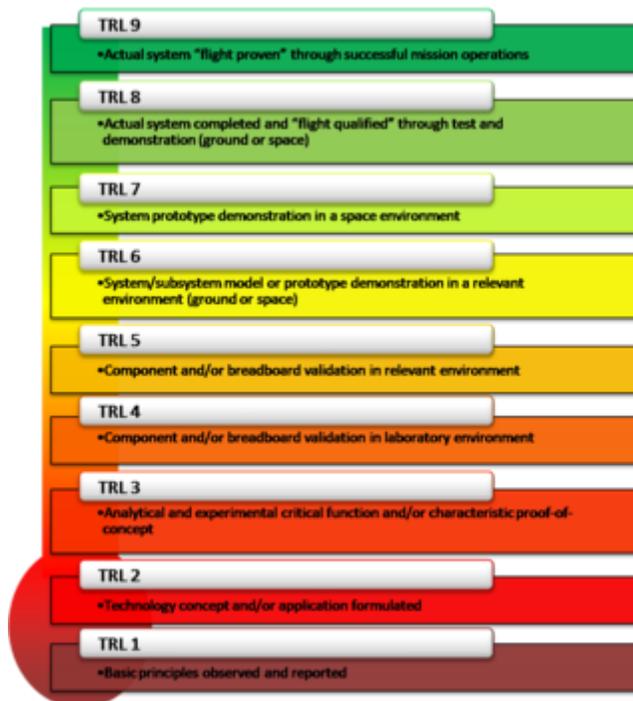
En primer término, en la industria minera la innovación es realizada principalmente por las empresas proveedoras (Bartos, 2007), mientras las mineras adoptan las innovaciones como un servicio o producto que se compra a terceros. En los países donde la minería es una industria importante se han levantado centros de pilotaje que permiten a los proveedores probar sus innovaciones sin afectar las actividades productivas. Por esto, cuando ocurre un aumento de precio, el mayor énfasis en producción hace que el coste de oportunidad de detener la producción aumente, pero esto no afecta la capacidad de desarrollar paralelamente líneas de trabajo en innovaciones.

En segundo lugar, es necesario considerar la temporalidad de las innovaciones, ya que una patente no se convierte de inmediato en una tecnología con la capacidad de ser implementada en los procesos de minería. Las tecnologías tienen un ciclo de desarrollo, el que comienza con las pruebas de concepto, continua con validaciones mediante pilotajes y finaliza con un producto o servicio listo para ser implementado.

Las tecnologías pueden ser clasificadas de acuerdo con su nivel de desarrollo tecnológico, conforme se desarrollan para ser insertadas en procesos productivos. El sistema de clasificación más aceptado en los círculos de innovación es el nivel de madurez tecnológica (TRL, del inglés *“Technological*

*Readiness Level*”), una clasificación adoptada hace 30 años por la NASA para el seguimiento de sus desarrollos tecnológicos (para un análisis histórico, revisar Mankins (2009)) y ha sido utilizada como una herramienta para la innovación en general. El TRL permite saber en qué etapa de maduración tecnológica se encuentra una innovación y puede ser adaptado para apoyar la comprensión de las capacidades y recursos necesarios para desarrollar tecnologías en diferentes etapas de desarrollo. La figura 4 muestra la definición de TRL estándar.

Figura 4: Nivel de desarrollo tecnológico (*Technology Readiness Level*) de una innovación



Fuente: NASA's *Technology Readiness Level*

El desarrollo de una tecnología en general se basa en una o varias líneas de patentamiento, que depende de la estrategia de protección de cada empresa y su entorno competitivo.

Para efectos de analizar las estrategias de patentamiento, Jou *et al.* (2016) divide el desarrollo tecnológico en cuatro fases: investigación básica y aplicada (TRL 1-2), desarrollo de tecnología hasta su testeo en entorno de laboratorio (TRL 3-5), desarrollo de productos o sistemas para su testeo en un entorno real simulado (TRL 6-8); y escalamiento para testear su rendimiento en el entorno real (TRL 9). Dependiendo de cada fase, la forma en que se usan las patentes cambia, según lo señalado en la figura 5.

Un desarrollo tecnológico puede construirse utilizando varias patentes y la calidad de cada una de ellas diferirá según el aporte que hicieron al desarrollo de la tecnología. Este aporte puede ser medido utilizando el número de citaciones recibidas por la patente.

Figura 5: Estrategia de patentamiento para cada fase TRL de una tecnología

Table 1. Patent strategy corresponding to different phases of TRL.

TRL	Basic/Applied Research		Technology Development			Product or System Development			Scale up
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
Creation	Develop crucial technology Build technology layers		Evaluate potential of a technology to satisfy future needs			Fulfilment-based product evaluation			Linked to industry roadmap
Protection	Seek new technology gaps		Plot competitors			Design around			Establish patent thicket Future technology and patent map
Management	Lay out patent position of invention Review surrounding, blocking and potential patents		Seek potential licensees and partners Position in value-chain, e.g., core, process, application, market			Seek the route to market value Deep understanding of the products and processes			Understand company' s target markets Understand competitive landscape Analyze financial cost and benefit
Application	Using patent portfolio to drive innovation		Enable sharing and cooperation with others			Collaboration between companies to reduce risks			Assignment, trust or licensing Standardization Start-up companies

Fuente: Jou et al. (2016)

Las patentes que son la base de una línea de innovación se realizan en etapas tempranas, mientras que en etapas posteriores se profundiza en la misma línea, agregando conocimiento que descansan sobre las patentes iniciales. Además, en estas etapas se desarrollan las pruebas cercanas a la industria. La diferencia de tiempo entre que se generan las patentes *core* de una tecnología y el momento en que la tecnología puede ser implementada o testada dentro de las empresas hace que no haya un impacto negativo de los precios de la industria en el número de patentes ni en el número de citaciones que reciben patentes anteriores, que sería lo predicho por el modelo de costo de oportunidad.

### 3.6.1. Modelo basado en rentabilidad de la industria

Expuestos los argumentos que nos permiten pensar que el coste de oportunidad no explica el impacto que tiene el precio sobre la calidad de patentes; es posible elaborar un modelo alternativo, basado en la rentabilidad de los sectores industriales.

Un shock económico positivo en una industria mejora la rentabilidad de esta (relativa a otras) y está asociada además a un aumento de patentes que se solicitan para ser usadas en la misma industria. Podemos considerar que la mejor perspectiva de ese sector hace que la calidad de las innovaciones en la industria aumente, debido a expectativas de mayores ganancias. Este valor se refleja en las

patentes ya existentes, que son citadas por un nuevo flujo de patentes, conforme las innovaciones tecnológicas se desarrollan. Aunque estas patentes *nuevas* pueden citar cualquier patente previa (sea de minería o manufactura), esperaríamos que se cite en mayor medida a las patentes que sigan líneas de investigación en I+D más prometedoras, es decir, aquellas líneas del sector cuya rentabilidad mejoró<sup>13</sup>. Por esto, podemos considerar que el aumento en el precio repercutirá en un mayor número de citaciones de las patentes de la misma industria.

Podemos definir el modelo mediante el cual la mejor rentabilidad afecta la calidad de las patentes como:

$\uparrow$  Precio  $\rightarrow$   $\uparrow$  Rentabilidad esperada  $\rightarrow$   $\uparrow$  Innovación en sector  $\rightarrow$   $\uparrow$  Valor patentes previas

Para formalizar este modelo, de impacto de los precios en la calidad de las patentes, utilizaremos la definición de la variable dependiente expuesta en el capítulo 3.4 (citaciones como variables de calidad)

$$Citsnorm_{it} = \left[ \left( \sum_{j=t+1}^{t+5} N_{ij} \right) / \max_{99\%} (cits_i)_{Tech} \right]$$

Adicionalmente, podemos señalar que  $N_{ij}$ , el número patentes que citan a la patente original  $i$  en el año  $j$ , depende del número de patentes solicitadas en el año  $j$  en la industria, que llamaremos  $I_j$

$$N_{ij} = f(I_j)$$

Utilizando el modelo presentado en Humphreys *et al* (2019) y el modelo basado en rentabilidad de los sectores industriales presentado en este mismo capítulo, es posible establecer que  $I_j$ , depende del precio del producto final de la industria en el año  $j-1$ .

$$I_j = F(P_{j-1})$$

---

<sup>13</sup> Es importante mencionar que las mejores expectativas de rentabilidad no son el único factor que determina que una línea de investigación sea prometedora. Además de ofrecer un mayor valor, la factibilidad de llegar a desarrollar comercialmente la tecnología e insertarla en el proceso productivo es importante. La forma de medir esto es mediante la probabilidad de implementación, aspecto que no será revisado en este trabajo.

Considerando esto y definiendo una función compuesta  $g = f(F(\cdot))$ , podemos reescribir nuestra variable dependiente como:

$$Citsnorm_{it} = \left[ \left( \sum_{j=t+1}^{t+5} g(P_{j-1}) \right) / \max_{99\%} (cits_i)_{Tech} \right]$$

Expandiendo la función anterior y recordando que el denominador es un escalar, se deriva que:

$$citsnorm_{it} = \sum_{j=t+1}^{t+5} g(P_{j-1}) = G(P_{t+0}, P_{t+1}, P_{t+2}, P_{t+3}, P_{t+4})$$

Con  $f(\cdot)$  y  $g(\cdot)$  funciones monótonas crecientes en  $P$ .

Este hecho, que analizamos los precios de años posteriores a la solicitud de la patente, tiene relevancia ya que la calidad de la patente no está determinada al momento en que se solicita, sino que es una variable que se determina al término de los 5 primeros años.

Este modelo nos permite asociar el número de citas que recibirá una patente con el precio de los productos en la industria. Según Humpreys *et al* (2019), un mayor precio determina un aumento del número de patentes de la industria. La segunda hipótesis de este trabajo es que este aumento de patentes en minería incidiría en el aumento de citas solicitadas previamente.

Esta hipótesis solo puede ser probada para el sector minero, donde (veremos más adelante) se observa un shock de precios identificable, sin embargo no se observa lo mismo con el sector de manufacturas. Es por ello que no es posible plantear que la sensibilidad de la calidad de patentes de minería al precio de su bien final sea mayor o menor que la sensibilidad de calidad de las patentes de manufacturas al precio de su bien final. En ese sentido, analizar diferencias entre estas quedará pendiente para una futura investigación.

## 4. Datos y Variables

### 4.1. Selección de datos

Los datos utilizados en esta investigación provienen de diversas fuentes, como son la base de patentes de USTPO (PatentsView), OECD, y el repositorio de patentes de EPO, PATSTAT, las cuales cuentan con un identificador común que es el ID de la solicitud (appln\_id).

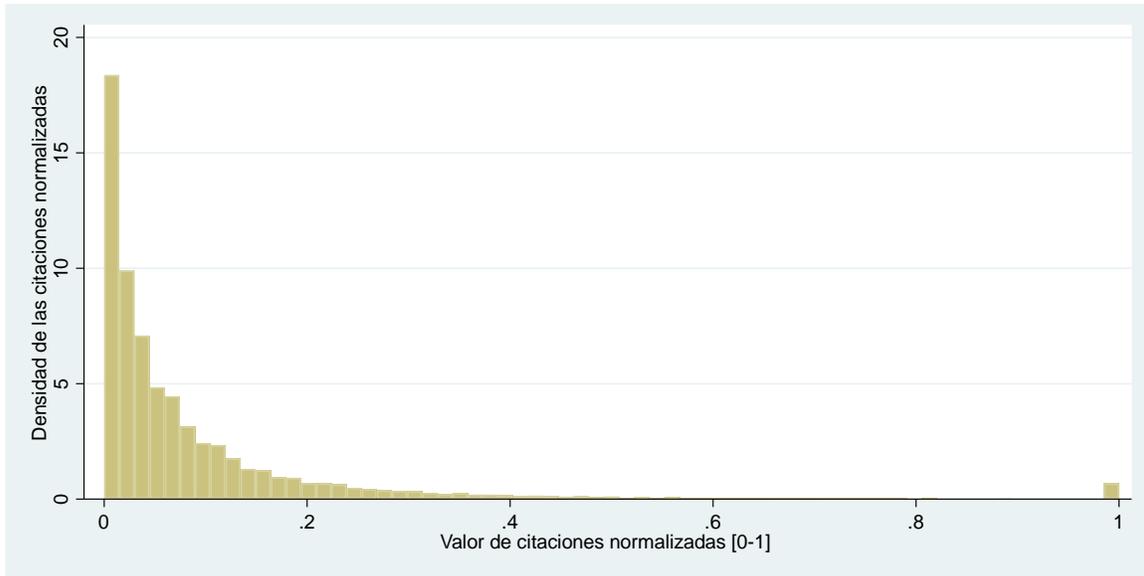
Las patentes que son consideradas en el análisis son aquellas solicitadas en la oficina de patentes de Estados Unidos (USTPO) entre los años 1976 y 2015.

Las variables que permiten caracterizar a las patentes se obtienen de la base de datos “OECD Patent Quality Indicators database, July 2019” que es actualizada semestralmente por el laboratorio de microdatos (Microdata lab) de la Dirección para Ciencia, Tecnología e Innovación de la OECD. Esta base agrupa diferentes indicadores de calidad y valor de patentes construidas con información administrativa de USTPO.

### 4.2. Variable dependiente

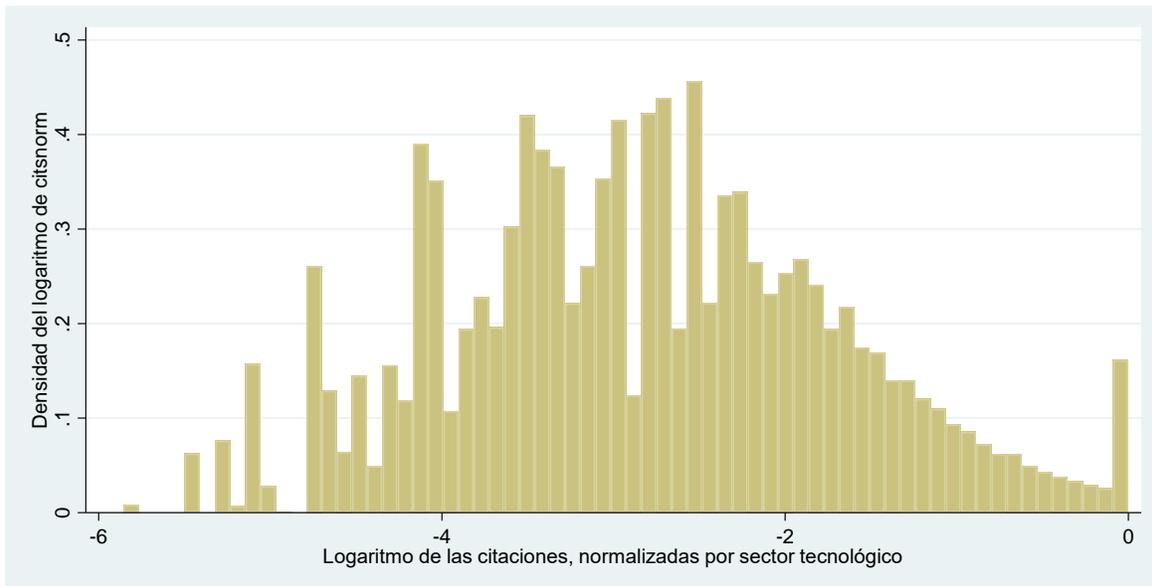
Como señalamos, la variable dependiente que se usará es el número de citaciones que una patente recibe en los primeros 5 años, normalizada por sector tecnológico. Esta variable es altamente sesgada, con una alta dispersión de un número muy pequeño de patentes con alto número de citaciones y un porcentaje importante (19.17%) de patentes con cero citaciones, por lo que la variable se trata en términos logarítmicos, para lograr que adquiera un comportamiento normalizado. El gráfico 4a muestra el histograma sesgado y el gráfico 4b presenta la variable normalizada, que muestra un comportamiento razonablemente normal.

Gráfico 4a: Histograma de variable normalizada



Elaboración propia

Gráfico 4b: Histograma del logaritmo de la variable normalizada



Elaboración propia

## Variables de control

Las variables que se usarán como control son las variables que caracterizan a las patentes. Estas son recopiladas y sistematizadas por Squicciarini *et al.* (2013). Un detalle más en profundidad sobre los indicadores puede encontrarse en el “Handbook of composed Indicators” de la OECD (2008). La definición de las variables y sus estadísticas descriptivas se detallan en la tabla 1, junto a sus estadísticas descriptivas básicas.

**Tabla 1: Estadísticas de variables de características de las patentes.**

Nombre variable	Número observaciones	Promedio	Desv. Estándar	Min	Max
patent_scope	6,040,322	1.9	1.2	1	31
family_size	6,040,322	4.0	4.1	1	57
grant_lag	5,944,531	983.5	564.3	-252	14060
bwd_cits	6,040,322	18.7	42.8	0	5226
npl_cits	6,040,322	4.2	16.0	0	2356
claims	5,944,070	15.6	11.7	1	887
claims_bwd	5,863,633	2.0	3.2	0	521
fwd_cits5	6,040,322	8.8	32.4	0	3869
Renewal	5,944,517	8.4	4.5	0	39
l_renewal	5,922,784	1.9	0.7	0	3.6
breakthrough	6,040,322	0.0	0.1	0	1
generality	4,882,070	0.5	0.3	0	1
originality	5,927,959	0.7	0.2	0	1
radicalness	5,930,782	0.4	0.3	0	1

*Elaboración propia*

Patent Scope (código: patent\_scope): está referido a la amplitud tecnológica de la patente y mide el conteo (número) de clases tecnológicas abarcadas por la patente según el IPC (International Patent Classification) a nivel de subclase o IPC de cuatro dígitos. Esto es un indicador del número de campos tecnológicos que son abarcados por la patente (los cuales son reportados al hacer la aplicación). A mayor amplitud habría una mayor calidad, lo que es verificado empíricamente por Lerner (1994) quien observa un impacto positivo del scope del portafolio de patentes en la calidad

de las firmas (en una selección de patentes de biotecnología) y muestra que una patente es más valiosa cuando hay muchos sustitutos de la misma clase (categoría) de productos. Falk *et al* (2016) la usa para estimar el número de citas (forward citations).

Family size (cód: family\_size): mide el número de países donde se solicitó la protección de la invención. El valor comercial de las patentes está asociado a la cantidad de países donde se solicita protección, debido a que es un indicador del tamaño del mercado de comercialización de la tecnología. Esto es verificado por Lanjouw *et al.* (1998) y Harhoff *et al.* (2003).

Claims (cód: claims): es el conjunto de aspectos tecnológicos para los cuales el solicitante pide protección. Este es propuesto en la solicitud y luego ratificado o modificado por la oficina que otorga la patente. Esto determina los límites de los derechos de la patente en el país donde se otorga (Tong *et al* 1994; OECD, 2009). Lanjouw *et al* (2001, 2004) muestran que las patentes con mayor número de claims tienen una mayor calidad y están correlacionados con tener mayor cantidad de citas.

Renewals (cód: renewals): mide el número de años que una patente es renovada. Las patentes otorgan derechos para un periodo máximo, el que suele ser de 20 años. Sin embargo, se requiere la renovación anual de este derecho, el que tiene asociado un costo. La renovación de la patente por parte del asignatario es una señal de que la invención aún es útil (que es la razón por la que se invierte en renovar), esto ha sido revisado por diversos estudios (ejemplo: Pakes, 1986; Svensson (2012); Lanjouw *et al* (1998)). Por otro lado, la renovación permite estimar el valor mínimo de las patentes considerando el flujo descontado de los pagos a lo largo de los años (Pakes *et al*, 1984)

Backward citations (cód: bwd\_cits): mide el número de patentes o publicaciones científicas a las cuales la patente solicitada cita para definir los límites tecnológicos de su solicitud. Se ha observado que este indicador está relacionado con la calidad de la patente (Harhoff *et al.*, 2003). Además, está asociado a que la innovación sea de un carácter más incremental que disruptivo (Lanjouw y Schankerman, 2001).

Breakthrough inventions (cód: breakthrough): esta es una variable dicotómica que indica si la patente forma parte del 1% de patentes con más citas. Estas invenciones son innovaciones de alto impacto que siembran las bases para futuros desarrollos, y han sido relacionadas positivamente con desarrollos tecnológicos futuros de las empresas (Squicciarini *et al*, 2013).

Generality (cód: generality): propuesto por Hall et al (2001), describe la variedad de campos de las citas a futuro de una patente. Se mide como el porcentaje de las citas recibidas por la patente que pertenecen a la clase (IPC) de la patente original.

Originality (cód: originality): también propuesto por Hall et al (2001), es un indicador normalizado, de 0 a 1, que mide la cantidad de sectores tecnológicos que son cubiertos por las patentes citadas. Este concepto tiene relación con la diversidad del conocimiento que permite desarrollar la patente que se solicita y ha sido usado en estudios que han asociado la originalidad con una mayor calidad comercial de las patentes (Gompers et al., 2005); (Stahl, 2010).

Radicalness index (cód: radicalness): este índice mide la cantidad de campos tecnológicos que son cubiertos por las patentes a las que cita la aplicación, pero en los cuales la aplicación no guarda relación. Es un indicador de la capacidad de extrapolar conocimiento entre sectores tecnológicos.

#### 4.3. Variable dicotómica de minería

Es de nuestro interés determinar si la calidad de las patentes es distinto en la industria minera respecto a la de manufactura. Si denominamos M a una variable categórica que nos permite distinguir que patentes son de minería, podemos usarla para determinar la diferencia de calidad entre dos industrias, que es nuestra primera hipótesis.

Como se presentó en el marco teórico, la definición de qué patente es usada o solicitada para su uso en minería está definido por la metodología elaborada por Daly *et al.* (2019).

En la muestra de patentes usadas para esta investigación, el 84% de las patentes mineras son solicitadas por empresas mineras o sus proveedores, un 12% de estas fueron identificadas mediante asociación de su tecnología a la industria minera sin que hayan sido solicitadas por empresas que prestan servicio directamente a la minería y un 4% encontradas en ambas búsquedas. Esto nos permite validar el hecho de que estas patentes son para uso en la industria de minería, debido a que la mayoría son de empresas que de hecho trabajan directamente en minería. Para comprobarlo se hacen los análisis con dos especificaciones, todas las patentes identificadas por Daly o solo las que fueron solicitadas por empresas que trabajan en minería, obteniendo resultados similares para los dos casos (ver anexos).

#### 4.4. Variables de precio

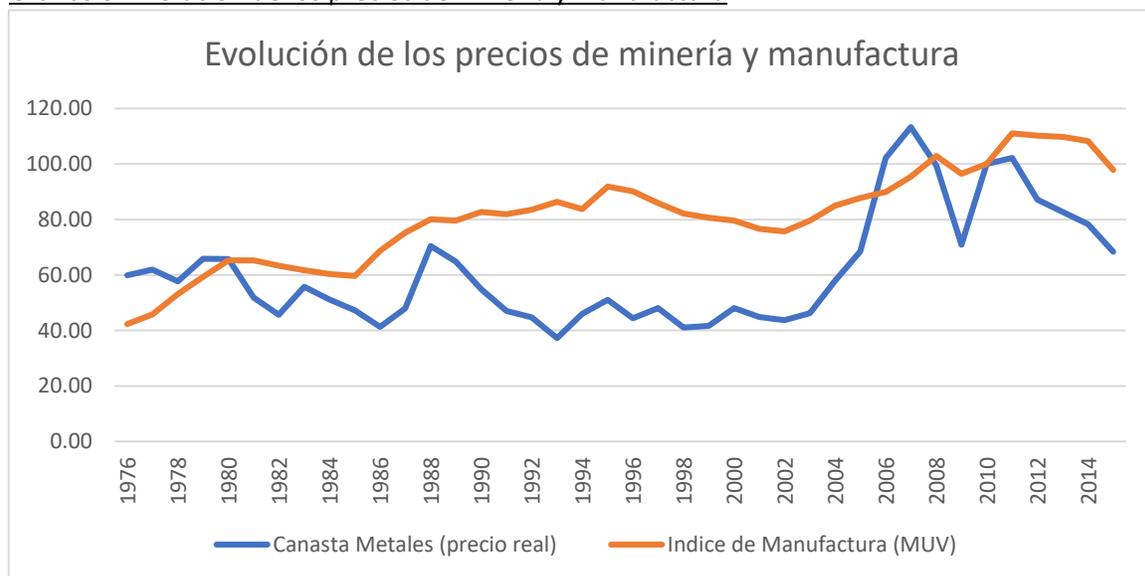
Las variables de precios que se usan para caracterizar la industria de minería se obtienen del World Bank Commodity Price Data.

Para el caso de minería, se utilizó la serie de índice de precios reales de metales y minerales (código: *KIMETMIN*) que muestra la evolución de los precios (constantes) de una canasta de commodities mineros, usando como año base para estandarizar el 2010 (2010=100).

Para el caso de precios de manufactura, se usa el índice de “Manufactures Unit Value Index” (código *MUV*) elaborado por el Banco Mundial. Esta serie de precios es menos precisa que la de minería, debido a que no se trata de commodities, como son los metales que se transan internacionalmente, sino que manufacturas que tienen distintos precios dependiendo del mercado y sus características. Para solucionar esto se decidió utilizar una serie que mide el precio de importación a Estados Unidos de una canasta de productos de manufactura. Esta variable ha sido utilizada en otros estudios (WorldBank, 1999).

El gráfico 5 muestra la evolución de los precios usando una base común (2010=100). Podemos ver que en el periodo estudiado, los precios de manufactura experimentan un alza sostenida en el tiempo. Sin embargo, los de commodities mineros se mueven en ciclo, lo que consideramos que puede afectar la forma en que se comportan las citaciones de patentes y por ende la calidad de estas.

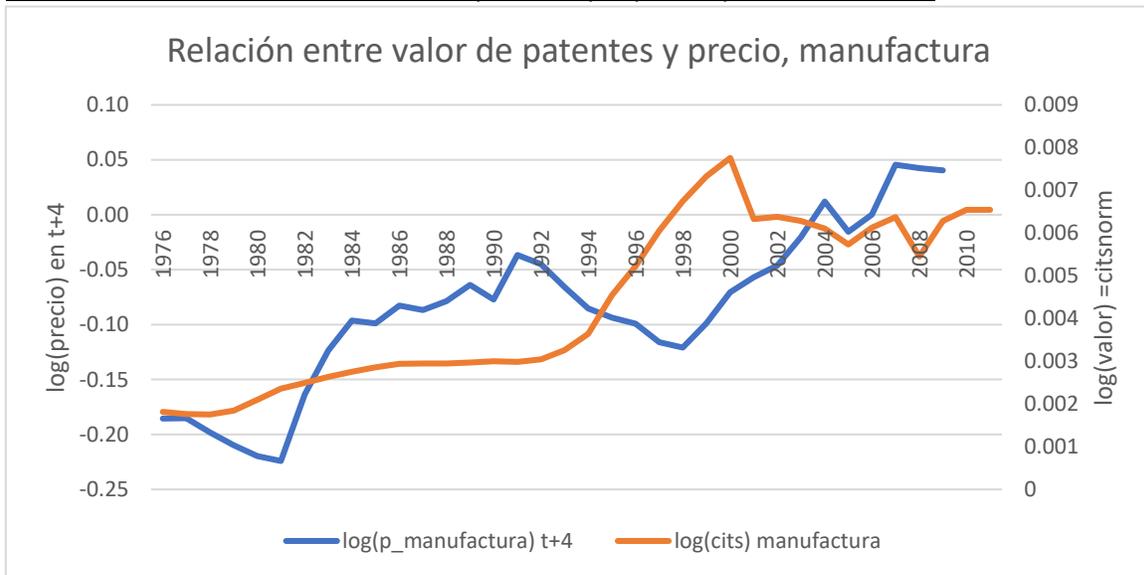
Gráfico 5: Evolución de los precios de minería y manufactura



Elaboración propia. Nota: índice de precios construidos con base 2010:100.

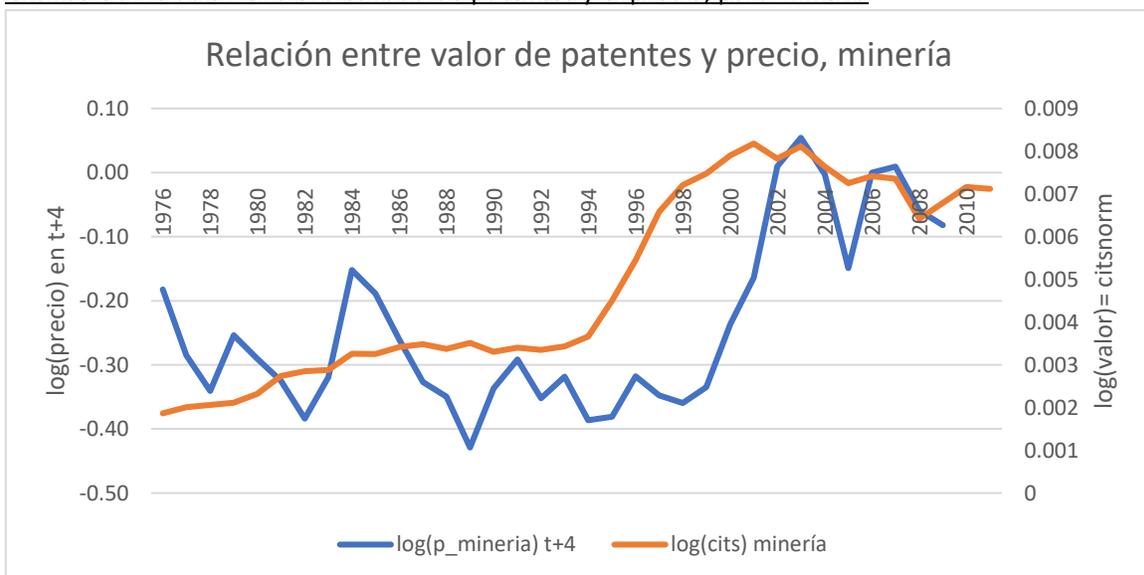
Finalmente, la relación entre las citaciones normalizadas de las patentes y el precio de los productos finales de cada industria se muestra de forma más clara cuando vemos la evolución en el tiempo. Los gráficos 6a y 6b muestran la evolución en el tiempo de la calidad de patentes contra el índice de precio en cada industria (datos en logaritmo). Se observa que existe una correlación entre los datos con una diferencia de cuatro años.

Gráfico 6a: Relación entre la calidad de patentes y el precio, para manufactura



Elaboración propia

Gráfico 6b: relación entre la calidad de patentes y el precio, para minería



Elaboración propia

## 5. Análisis

La ecuación que usaremos en este estudio es la siguiente:

$$citsnorm_{it} = c + \alpha M_i + \beta X_{it} + (\gamma_0 P_{t+0,i} + \gamma_1 P_{t+1,i} + \gamma_2 P_{t+2,i} + \gamma_3 P_{t+3,i} + \gamma_4 P_{t+4,i}) + \varepsilon_i$$

Donde:

- $citsnorm_{it}$  es la variable dependiente (citaciones normalizadas por sector tecnológico)
- $c$  es una constante del modelo
- $M_i$  es una variable dicotómica que indica si la patente es minera
- $X_{it}$  es un conjunto de características de la patente y
- $P_{it}$  es el precio en los  $t$  años posteriores a la solicitud de la patente, con  $t=0,1,2,3,4$ .

Cabe notar que  $t$  refiere al año de solicitud de la patente  $i$ .

Las hipótesis que serán testeadas en esta investigación se formalizan de la siguiente forma:

H1:  $\alpha > 0$  : patentes de minería tienen en promedio una mayor calidad que las de manufactura

$$H_0: \alpha = 0; \quad H_A: \alpha > 0$$

H2:  $\gamma_k > 0 \forall k$  : el precio del bien final tiene un impacto positivo en la calidad de las patentes ( $k$ ), para los años 0 a 4 desde su solicitud

$$H_0: \gamma = 0; \quad H_A: \gamma > 0$$

En este capítulo se presentan los análisis cuantitativos que permiten comprobar estas hipótesis.

Para esto, usando el modelo presentado en el marco teórico, se analizará:

- la diferencia de calidad entre patentes de minería y manufactura
- el impacto del precio en la calidad de las patentes.

### 5.1. Diferencia de media de calidad entre industrias

El primer acercamiento es una diferencia de medias incondicional para testear si la calidad de las patentes de minería es mayor que las de manufactura. Podemos ver en la tabla 2 el test de medias, considerando la diferencia entre manufactura y minería. Los resultados nos muestran que las patentes de minería ( $m=1$ ) tienen un 17% más de calidad que aquellas de manufactura.

**Tabla 2: Diferencia de medias (manufactura-minería)**

Two-sample t test with unequal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	4481583	-2.847221	.000542	1.147348	-2.848284	-2.846159
1	400,914	-2.6714	.0017114	1.083603	-2.674754	-2.668046
combined	4882497	-2.832784	.0005174	1.143267	-2.833798	-2.83177
diff		-.1758214	.0017951		-.1793398	-.172303

diff = mean(0) - mean(1) t = -97.9429  
 Ho: diff = 0 Satterthwaite's degrees of freedom = 484927

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0  
 Pr(T < t) = 0.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 1.0000

*Elaboración propia. Nota: debido a la construcción de la variable dicotómica (manufactura=0 y minería=1), esta estimación muestra el resultado con valor negativo*

### 5.2. Regresión de calidad contra minería, con efectos fijos de año

$$citsnorm_{it} = c + \alpha M_i + \varepsilon_i$$

A continuación, se regresiona la variable de citas normalizadas contra la variable dicotómica de minería, y se agregan variables categóricas para controlar los efectos fijos de cada año. Los resultados se presentan en la tabla 3 y nos muestran que las patentes de minería tienen un 19% más de calidad que aquellas de manufactura, al agregar el control base que es el efecto fijo de año.

**Tabla 3: Regresión citsnorm contra variable minería**

Linear regression

Number of obs	=	4,882,497
F(61, 4882436)	>	99999.00
Prob > F	=	0.0000
R-squared	=	0.8670
Root MSE	=	1.1142

citsnorm	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
m	.1928845	.0017449	110.54	0.000	.1894645	.1963044
_const	-.0964422	.068202	-1.41	0.157	-.2301157	.0372313

*Elaboración propia. Nota: Esta regresión se realiza usando errores estándar robustos y se controla además usando una dummy para cada año.*

5.3. Regresión controlando por características de la patente

$$citsnorm_{it} = c + \alpha M + \beta X_{it} + \varepsilon_i$$

En una segunda especificación, se regresa la variable dependiente contra la variable dicotómica de minería, y se agregan las variables de control, además de controlar los efectos fijos de cada año. Los resultados se presentan en la tabla 4. Podemos observar que las patentes de minería tienen un 17% más de calidad que aquellas de manufactura.

**Tabla 4: Regresión citsnorm contra variable categórica minería y variables de control**

Linear regression	Number of obs	=	4,785,028
	F(51, 4784977)	>	99999.00
	Prob > F	=	0.0000
	R-squared	=	0.8844
	Root MSE	=	1.035

citsnorm	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
m	.1720416	.0016568	103.84	0.000	.1687944	.1752888
l_patent_s~e	.1105688	.0010106	109.41	0.000	.108588	.1125495
l_family_s~e	.1405081	.0005975	235.18	0.000	.1393371	.1416791
l_claims	.0701449	.0006423	109.21	0.000	.0688861	.0714038
l_renewal	-.0563457	.0015638	-36.03	0.000	-.0594107	-.0532808
l_bwd_cits	.2551035	.0005805	439.45	0.000	.2539657	.2562413
breakthrough	2.284293	.0021193	1077.86	0.000	2.280139	2.288447
originality	-.1442643	.0029722	-48.54	0.000	-.1500898	-.1384388
radicalness	-.0194364	.0021081	-9.22	0.000	-.0235682	-.0153045
_const	-3.90892	.0046236	-845.43	0.000	-3.917982	-3.899858

*Elaboración propia. Nota: Esta regresión se realiza usando errores estándar robustos y se controla además usando una dummy para cada año.*

Las variables de control usadas son también significativas y tienen un gran impacto en la calidad de las patentes. El impacto más importante es de Breakthrough: pertenecer al 1% de patentes más citadas hace aumentar la calidad de la patente en un 228%, respecto al valor promedio.

5.4. Regresión controlando por características de las patentes y precios

$$cits_i = c + \alpha M + \beta X_{it} + (\gamma_0 P_{t+0,i} + \gamma_1 P_{t+1,i} + \gamma_2 P_{t+2,i} + \gamma_3 P_{t+3,i} + \gamma_4 P_{t+4,i}) + \varepsilon$$

Se expande el modelo para controlar por las características de las patentes y las variables de precio de cada sector industrial. Los resultados son presentados en la tabla 5.

Podemos observar que la diferencia entre industrias aumenta a 24%, en tanto las variables de precio del producto final tienen un impacto significativo en la calidad de las patentes. El impacto del precio en la calidad de patentes es positivo y cercano al 5% para cada periodo, y es significativo para todos los periodos, aunque en t1 y t3 disminuye su significancia hasta llegar al 95%. Así mismo, las variables de control son significativas y con los signos esperados.

**Tabla 5: Regresión controlando por características de las patentes y precios**

Linear regression	Number of obs	=	4,736,816
	F(54, 4736762)	>	99999.00
	Prob > F	=	0.0000
	R-squared	=	0.8844
	Root MSE	=	1.033

citsnorm	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
m	.2427441	.003061	79.30	0.000	.2367446	.2487436
l_patent_s~e	.1091285	.0010144	107.58	0.000	.1071403	.1111166
l_family_s~e	.1381703	.0005991	230.64	0.000	.1369962	.1393445
l_claims	.070966	.0006436	110.26	0.000	.0697045	.0722274
l_renewal	-.0542965	.0015692	-34.60	0.000	-.057372	-.0512211
l_bwd_cits	.2532138	.0005834	434.00	0.000	.2520703	.2543573
breakthrough	2.283066	.002115	1079.49	0.000	2.278921	2.287212
originality	-.1398241	.0029791	-46.94	0.000	-.145663	-.1339852
radicalness	-.0212358	.0021139	-10.05	0.000	-.025379	-.0170925
p_t0	.0404051	.010621	3.80	0.000	.0195883	.0612219
p_t1	.034511	.0151442	2.28	0.023	.0048289	.064193
p_t2	.0599291	.0156473	3.83	0.000	.029261	.0905973
p_t3	.0403746	.0156706	2.58	0.010	.0096607	.0710885
p_t4	.0499474	.0116109	4.30	0.000	.0271905	.0727043
_const	-3.776402	.0067338	-560.81	0.000	-3.7896	-3.763204

*Elaboración propia. Esta regresión se realiza usando errores estándar robustos y se controla además usando una dummy para cada año.*

Esta regresión es la que muestra la ecuación completa y sus resultados permiten validar las dos hipótesis analizadas. Por un lado las patentes de minería tienen mayor calidad que las de manufactura. Además, aumentos en el precio de la industria de cada patente hacen aumentar su

calidad. Esto está asociado a lo discutido en el capítulo 3.6, en el sentido de que un aumento en el precio genera un aumento en el número de patentes solicitadas en la industria, lo que implicaría un aumento en el número de citas recibidas por las patentes anteriores (patentes madre).

## 6. Conclusiones

De las tablas anteriores podemos derivar las siguientes conclusiones

- La calidad de las patentes de minería no es similar a la calidad de las patentes de manufactura, sino que es mayor (esto es, se rechaza la hipótesis nula de que la diferencia de valor sea 0). En particular, el hecho de que la patente sea minera hace que la calidad de esta sea en promedio un 20% superior al caso de una patente de manufactura.
- El precio del producto final de la industria en la que se ubica una patente afecta de forma positiva su valor. No es posible estimar un impacto exacto ya que depende del impacto del precio de varios periodos, pero se observa que este es significativo y positivo para la mayoría de los años. Además, con los datos disponibles no es posible conocer si el impacto es superior para las patentes mineras que para las de manufactura, ya que solo se observa un shock de precios en el sector minero.

Los resultados permiten validar las dos hipótesis cuya respuesta es el objetivo de esta investigación: (i) las patentes de minería efectivamente tienen un valor superior a las de manufactura, cuando se controla por los sectores tecnológicos en los que se encuentran, y (ii) cambios en el precio del producto final de la industria (precio de metales o precio de bienes manufacturados) impactan en la calidad de las patentes que son usadas en esta industria.

## 7. Discusión

La motivación que dio origen a esta investigación era el análisis de las dinámicas de innovación de minería y de su valor, dada la idea presentada en la literatura que señala que la minería es una industria menos innovadora que otras de manufactura.

La literatura actual muestra que los patrones de innovación de minería difieren de los patrones de otras industrias, y la minería genera menos patentes. A esta literatura se agrega como primer hallazgo el hecho de que la calidad de las innovaciones (medidas como patentes) en minería es mayor que el de las innovaciones en industrias manufactureras, cuando se mide la innovación en términos de citas normalizadas por el sector tecnológico de cada patente. El segundo hallazgo es que una mejora en las condiciones económicas de cada industria genera un aumento en la calidad de las patentes de esta.

Ahora analizaremos el mecanismo por el cual el precio impacta a la calidad de las patentes. El mayor valor de las patentes de minería se explica con el modelo de costo de oportunidad de integrar innovaciones dentro de la industria. Sin embargo, el mecanismo mediante el cual el precio impacta la calidad de las patentes no está asociado al costo de oportunidad, como se pensaría inicialmente.

La hipótesis del costo de oportunidad considera que una mejora en las condiciones de la industria minera genera mayores recursos para I+D y una menor disposición a probar innovaciones en sus procesos. Esto implica que los esfuerzos en I+D deban concentrarse en pocas pero más valiosas iniciativas, lo que genera un aumento en el valor promedio de las innovaciones. Esto no se condice con la literatura que muestra que un aumento de la rentabilidad de una industria genera un aumento en el número de patentes solicitadas, lo que nos lleva a reexaminar el modelo de costo de oportunidad para minería.

Aunque efectivamente el costo de oportunidad mayor que enfrenta la industria minera la lleva a implementar sólo las innovaciones de mayor valor<sup>14</sup>, esto no afecta al desarrollo de innovaciones en el corto plazo. Esto se debe a la forma en que la minería integra innovaciones y al desfase entre el momento en que se patentan las innovaciones y el momento en que deben ser probadas o implementadas en las operaciones. La mayor rentabilidad esperada en la industria, que se traduce en nuevos patentamientos, afecta la calidad (y por ende el valor) de las patentes anteriores. Las

---

<sup>14</sup> Lo que hace que en promedio el número de innovaciones sea menor y estas sean de más valor que en otras industrias

líneas de investigación de la industria más rentable obtendrán un mayor número de citas, lo que refleja el mayor valor de las innovaciones en la industria.

### 7.1. Agenda futura

Existen temas que quedan abiertos en esta investigación y pueden ser desarrollados a posterioridad.

El primero se relaciona con la creación de valor económico. El número de citas es utilizado como un indicador del valor de la patente, para efecto de transacciones comerciales (Trajtenberg, 1990). El hecho de que un aumento del precio genere un mayor número de citas, afectará entonces el valor comercial de las patentes, y sería útil conocer cuál es la relación entre el precio y el valor comercial para la industria minera.

De forma similar, sería relevante hacer este análisis usando diferentes indicadores de calidad o valor de patentes para ver si los resultados son robustos al indicador que se está usando. Una alternativa sería utilizar un indicador compuesto generado a partir de la unión de varios indicadores administrativos ya utilizados en este trabajo, similar a lo planteado en OECD (2013).

Por otro lado, sería interesante diferenciar el análisis entre el efecto de un impacto de corto y largo plazo. En la investigación se asumió que el impacto es de largo plazo debido al periodo analizado, pero esto debiese ser revisado, separando las tendencias de precio en series de largo y corto plazo, similar a lo expuesto en Humpreys *et al* (2019).

Por último, en un ámbito de interés nacional, sería posible analizar lo que ocurre en países donde la minería representa un porcentaje mayor de su producto interno bruto, como es el caso de Chile. Para efectos de este análisis, se utilizaron las patentes solicitadas en la oficina estadounidense, debido a la disponibilidad de información y al hecho de que el número de patentes solicitadas allí es mayor que en otras oficinas de patentes, sin embargo las hipótesis pueden ser testeadas también en otros países.

## 8. Bibliografía

Albert, M. B., Avery, D., Narin, F., & McAllister, P. (1991). Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents. *Research Policy*, 20(3), 251–259.

[https://doi.org/10.1016/0048-7333\(91\)90055-u](https://doi.org/10.1016/0048-7333(91)90055-u)

Alta Ley (2019). “Hoja de Ruta 2.0 de la Minería Chilena Actualización y consensos para una mirada renovada”. [https://corporacionaltaley.cl/wp-content/uploads/2020/01/actualizacion-hoja-de-ruta-mi-neria-del-cobre\\_2019\\_21ene\\_aso\\_opt.pdf](https://corporacionaltaley.cl/wp-content/uploads/2020/01/actualizacion-hoja-de-ruta-mi-neria-del-cobre_2019_21ene_aso_opt.pdf)

Ashtor, J. H. (2019). Investigating Cohort Similarity as an Ex Ante Alternative to Patent Forward Citations. *Journal of Empirical Legal Studies*, 16(4), 848–880. <https://doi.org/10.1111/jels.12237>

Banco Central de Chile (2019) Cuentas nacionales de Chile 2019.

<https://www.bcentral.cl/areas/estadisticas/cuentas-nacionales-anuales>

Barlevy, Gadi. “On the cyclicity of research and development.” *American Economic Review* 97.4 (2007): 1131-1164.

Bartos, P. J. (2007). Is mining a high-tech industry? *Resources Policy*, 32(4), 149–158.

<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2007.07.001>

Burns, I (2013). "Technology Readiness Levels for Intellectual Property"

<https://atintellectualproperty.com/technology-readiness-levels-for-intellectual-property/>

Comisión Nacional de Productividad (2017). Productividad en la gran minería del cobre.

<https://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Final-Productividad-en-la-Gran-Mineria-del-Cobre-2.pdf>

Daly, A., Valacchi, G., Raffo, J.(2019) "WIPO Economic Research Working Paper No. 56 Mining patent data: Measuring innovation in the mining industry with patents"

<<https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4420>>

Fatas, Antonio. “Do business cycles cast long shadows? Short-run persistence and economic growth.” *Journal of Economic Growth* 5.2 (2000): 147-162

Falk, N., & Train, K. (2017). Patent Valuation with Forecasts of Forward Citations. *Journal of Business Valuation and Economic Loss Analysis*, 12(1), 101–121. <https://doi.org/10.1515/jbvela-2016-0002>

Geroski, Paul A., and Chris F. Walters. "Innovative activity over the business cycle." *The Economic Journal* (1995): 916-928.

Gompers, P., J. Lerner, and D. Scharfstein. 2005. "Entrepreneurial Spawning: Public Corporations and the Formation of New Ventures, 1986–1999." *Journal of Finance* 60 (2):577–614.

Hall, B.H., Jaffe A. and M. Trajtenberg (2005), "Market Value and Patent Citations", *Rand Journal of Economics*, No. 36, Spring.

Harhoff, D., F. Scherer, and K. Vopel. 2003. "Citations, Family Size, Opposition and the Value of Patent Rights." *Research Policy* 32 (8):1343–63. doi:10.1016/S0048–7333(02)00124–5.

Hitzman, M. W. (2002). R&D in a "declining" industry (mining): support for the development of revolutionary technologies? *Technology in Society*, 24(1–2), 63–68.

[https://doi.org/10.1016/s0160-791x\(01\)00043-4](https://doi.org/10.1016/s0160-791x(01)00043-4)

Holmes, Thomas J., David K. Levine, and James A. Schmitz. 2012. "Monopoly and the Incentive to Innovate When Adoption Involves Switchover Disruptions." *American Economic Journal: Microeconomics*, 4(3): 1-33. <https://doi.org/10.1257/mic.4.3.1>

Humphreys, M., Raffo, J, Daly, A., Valacchi, G. (2019) WIPO Economic Research Working Paper No. 55. Innovation in the mining sector and cycles in commodity prices.

<https://www.wipo.int/publications/es/details.jsp?id=4419>

IDEPA (2015) "Estudio de investigación sobre las empresas tractoras".

[https://www.idepa.es/documents/20147/67715/Estudio\\_Investigacion\\_Empresas\\_Tractoras\\_2015.pdf/a2afc8a7-698b-d749-d147-ce25b6a9442d](https://www.idepa.es/documents/20147/67715/Estudio_Investigacion_Empresas_Tractoras_2015.pdf/a2afc8a7-698b-d749-d147-ce25b6a9442d)

International Bureau of WIPO, Paris Convention for the Protection of Industrial Property 1883, as amended up to September 1979, WIPO Pub. No. 201 <https://www.wipo.int/treaties/en/ip/paris/>

Jou, Gwo-Tsuen & Yuan, Benjamin. (2016). Utilizing a Novel Approach at the Fuzzy Front-End of New Product Development: A Case Study in a Flexible Fabric Supercapacitor. *Sustainability*. 8. 740. 10.3390/su8080740.

Lanjouw J. O., A. Pakes, and J. Putnam (1998), "How to Count Patents and Value Intellectual Property: The Uses of Patent Renewal and Application Data", *Journal of Industrial Economics*, 46(4): 405-432.

Lanjouw, J., and M. Schankerman. 2001. "Characteristics of Patent Litigation: A Window on Competition." *RAND Journal of Economics* 32 (1):129–51. doi:10.2307/2696401.

Lanjouw, J., and M. Schankerman. 2004. "Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators." *Economic Journal* 114 (495):441–65. doi:10.1111/j.1468-0297.2004.00216.x

Lassonde, P., 2006. Exploration—the life blood of the mining industry. In: Presentation to Society of Economic Geologists Conference, Wealth Creation in the Mineral Industry, Integrating Science, Business, and Education, 14 May 2006, CD-ROM.

Lerner, J. (1994), "The Importance of Patent Scope: An Empirical Analysis", *RAND Journal of Economics*, 25(2): 319-333.

Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, 65(9–10), 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>

OECD (2009), *OECD Patent Statistics Manual*, OECD Publishing, Paris.

Doi:<http://dx.doi.org/10.1787/9789264056442-en>

OECD and European Union, Joint Research Centre- European Commission (2008), *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. OECD Publishing, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264043466-en>

OECD. "Intellectual property (IP) statistics and analysis" website. Link [www.oecd.org/sti/intellectual-property-statistics-and-analysis.htm](http://www.oecd.org/sti/intellectual-property-statistics-and-analysis.htm)

Pakes, A. (1986), "Patents as Options: Some Estimates of the Value of Holding European Patent Stocks", *Econometrica*, 54(4): 755-784.

Pakes, A. and M. Schankerman (1984), "The Rate of Obsolescence of Patents, Research Gestation Lags, and the Private Rate of Return to Research Resources", in Griliches, Z. (ed) "R&D, Patents, and Productivity", University of Chicago Press.

Phibrand (2016). El sistema de innovación minero en la región de Antofagasta.

[https://www.phibrand.com/wp-content/uploads/2017/11/Estudio-Barreras-de-Entrada-Innovacion-Mineria\\_mayo2016.pdf](https://www.phibrand.com/wp-content/uploads/2017/11/Estudio-Barreras-de-Entrada-Innovacion-Mineria_mayo2016.pdf)

Rafferty, Matthew and Mark Funk. "Demand shocks and firm-financed R&D expenditures." *Applied Economics* 36.14 (2004): 1529-1536.

Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed. <https://dle.rae.es>

Scherer, F. M. (1982). Demand-Pull and Technological Invention: Schmookler Revisited. *The Journal of Industrial Economics*, 30(3), 225. doi:10.2307/2098216

Schmoch, U., Laville, F., Patel, P., & Frietsch, R. (2003). Linking technology areas to industrial sectors. Final Report to the European Commission, DG Research, 1(0), 100.

Schmoch (2008) "Concept of a Technology Classification for Country Comparisons"  
[www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/patents/pdf/wipo\\_ipc\\_technology.pdf](http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/patents/pdf/wipo_ipc_technology.pdf)

SCHMOOKLER, J., *Invention and Economic Growth* (Harvard University Press, 1966)

Squicciarini, M., H. Dernis and C. Criscuolo (2013), "Measuring Patent Quality: Indicators of Technological and Economic Value", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2013/03, available at : <http://dx.doi.org/10.1787/5k4522wkw1r8-en>

Stahl, J. 2010. "Mergers and Sequential Innovation : Evidence from Patent Citations." In *Finance and Economics Discussion Series Divisions of Research & Statistics and Monetary Affairs Federal Reserve Board*. Washington, DC: Federal Reserve Board.

Sternitzke, C. (2010). Knowledge sources, patent protection, and commercialization of pharmaceutical innovations. *Research Policy*, 39(6), 810–821. En <https://doi.org/10.1515/jdis-2017-0002>

Stoneman, P. (1979). *Patenting Activity: A Re-Evaluation of the Influence of Demand Pressures*. *The Journal of Industrial Economics*, 27(4), 385. <https://doi.org/10.2307/2097960>

Svensson, R. (2012), "Commercialization, renewal, and quality of patents", *Economics of Innovation and New Technology*, 21(2): 175-201

Tilton, J.E., 1971. *International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors*. The Brookings Institution, Washington, DC, 183pp

Tilton, J.E., 2003. Creating wealth and competitiveness in mining. *Mining Eng.* 55 (9), 15–22  
<https://me.smenet.org/abstract.cfm?preview=1&articleID=3987&page=2>

Tong, X., and J. Frame. 1994. "Measuring National Technological Performance with Patent Claims Data." *Research Policy* 23 (2):133–41. doi:10.1016/0048-7333(94)90050-7

Trajtenberg, M. (1990), "A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovation", *RAND Journal of Economics*, 21 (1): 172-187

USTPO (2015) "General information concerning patents" <<https://www.uspto.gov/patents-getting-started/general-information-concerning-patents>>

Van Raan, A. F. J. (2017). Patent Citations Analysis and Its Value in Research Evaluation: A Review and a New Approach to Map Technology-relevant Research. *Journal of Data and Information Science*, 2(1), 13–50. <https://doi.org/10.1515/jdis-2017-0002>

Van Zeebroeck, N., & van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2011). The vulnerability of patent value determinants. *Economics of Innovation and New Technology*, 20(3), 283–308. <https://doi.org/10.1080/10438591003668638>

World Intellectual Property Organization (WIPO), revised August 2011, WIPO,

WorldBank (1999) "Managing the recent commodity price cycle" on "Global Economic Prospects and the Developing Countries 2000"

<http://pubdocs.worldbank.org/en/613671443469713043/Global-Economic-Prospect-2000.pdf>

World Bank Group. "Manufactures Unit Value Index".

<<https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets#1>>

Yudelman, D., 2006. New mining technology. *The Northern Miner* (Summer Suppl.), 22pp

## 9. Anexos

### Anexo 1: Diferencias de valor entre industria controlando por tecnología-año

#### Test de medias para estimar la diferencia de valor entre industrias

```
. ttest citsnorm, by(m) uneq
```

Two-sample t test with unequal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	4481566	-2.685395	.0005766	1.220696	-2.686525	-2.684265
1	400,896	-2.528888	.0017973	1.13798	-2.532411	-2.525365
combined	4882462	-2.672545	.0005498	1.214877	-2.673622	-2.671467
diff		-.1565073	.0018875		-.1602067	-.1528078

diff = mean(0) - mean(1) t = -82.9166  
 Ho: diff = 0 Satterthwaite's degrees of freedom = 487210

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0  
 Pr(T < t) = 0.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 1.0000

*Elaboración propia. Nota: debido a la construcción de la variable dummy (manufactura=0 y minería=1), esta estimación muestra el resultado con valor negativo.*

#### Regresión de citas normalizadas por sector tecnológico-año contra minería

```
. reg citsnorm m _const i.fe_year, noc vce(r)
```

Linear regression Number of obs = 4,882,462  
F(44, 4882418) > 99999.00  
Prob > F = 0.0000  
R-squared = 0.8561  
Root MSE = 1.1136

citsnorm	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
m	.1326949	.0017414	76.20	0.000	.1292817	.136108
_const	-1.780603	.0037644	-473.01	0.000	-1.787981	-1.773225

*Elaboración propia. Nota: Esta regresión se realiza usando errores estándar robustos y se controla además usando una dummy para cada año.*