

ROYALTY MINERO Y TASAS EFECTIVAS DE TRIBUTACIÓN DE LA MINERÍA EN CHILE: ANÁLISIS Y PROPUESTAS

Emilio Castillo D.

PhD Mineral and Energy Economics, Colorado School of Mines

Ingeniero Civil en Minas, Universidad de Chile.

Máster en Minería, Universidad de Chile

Profesor asistente, Departamento de Ingeniería Civil de Minas, Universidad de Chile.

Jorge Valverde C.

PhD(c) in Economics, University of Maastricht.

Economista, Universidad de Chile

Máster en Análisis Económico, Universidad de Chile.

Resumen: El presente estudio se centra en la determinación de la tasa efectiva de tributación de la minería chilena del cobre, analizando los efectos que tendría la aplicación de distintos tipos de royalties sobre la carga tributaria efectiva. El principal aporte a la literatura, aparte de establecer órdenes de magnitud para guiar una discusión sobre cambios en la carga tributaria del sector, está dado por el modelamiento de los escenarios a partir de parámetros reales de la industria y la sensibilización de estos en función de las dinámicas propias de la minería. De esta forma, es posible identificar el efecto que tendrá un royalty en específico sobre firmas de distinto nivel de competitividad y ante distintos escenarios de precio del cobre.

Los principales resultados obtenidos son: la tasa efectiva de tributación actual se encuentra en el rango 38% - 40%, lo cual da cuenta de espacio para aumentar la carga tributaria. La tasa efectiva que se alcanzaría de aprobarse el proyecto de ley en discusión estaría en el rango 65% - 97%, lo cual se escapa de todo rango y lógica económica. En términos propositivos y basados en el debate actual, se establecen tres alternativas que permiten aumentar hasta en 10 puntos porcentuales la carga tributaria y llevar la tasa efectiva al rango 45% - 50%. Esto último implica mantener la tasa efectiva aún en niveles competitivos.

1. INTRODUCCIÓN

En mayo de 2021, la Cámara de diputadas y diputados de Chile despachó al Senado un proyecto de ley que introduce una compensación al Estado por la explotación de sus minerales, más conocido como royalty a la minería. Dicho proyecto ha suscitado gran controversia tanto por la forma como por la carga total que soportaría la minería, no existiendo consenso sobre su potencial efecto sobre la actividad minera y la tributación de esta actividad en el mediano y largo plazo.

Por un lado, se señala que, tal como está articulado el proyecto, este tiene un carácter expropiatorio porque al gravar las ventas en tal magnitud, el impuesto se vuelve inviables distintas faenas y proyectos. Específicamente, se ha señalado que la tasa efectiva sobre las utilidades antes de impuestos, incluyendo la totalidad de los tributos, estaría sobre el 80%, duplicando a otros países mineros. Esto generaría un freno e incertidumbre en las inversiones del sector, lo que redundaría en una caída progresiva de la producción a medida que las operaciones envejecen. Esto pondría en jaque la oportunidad que tiene el país de aportar, a través de su producción minera, en la transición energética y en la mitigación del cambio climático.

Por el otro lado, se señala que el royalty en tramitación no tendrá efectos en inversión ni producción, dado que grava las rentas del recurso natural y por ende la tasa podría ser incluso de 100% sin afectar la actividad. Además, se sostiene que la tasa efectiva no alcanzará tales valores dado el rol del royalty en la definición de renta, la optimización tributaria de las empresas y el reemplazo que el nuevo royalty tendría sobre el impuesto específico a la actividad minera (IEAM).

La literatura sobre royalties o impuestos a industrias extractivas es abundante. En esta se discute desde los principios detrás de estos impuestos hasta los diferentes instrumentos que se aplican en los distintos países. Al respecto, los puntos centrales que envuelven toda discusión sobre royalties están dados por la estimación y distribución de las rentas económicas, y por los diferentes incentivos que generan los tipos de royalties, como son: royalty ad-valorem, royalty específico, royalty sobre las utilidades o sobre otras medidas de renta. Una conclusión general de la literatura es que las condiciones económicas, sociales e institucionales son únicas para cada país y por lo tanto no existe un instrumento óptimo genérico. Dicho eso, si hay recomendaciones que los distintos instrumentos empleados en los países deberían seguir: i) considerar el efecto conjunto de los impuestos, más allá de los efectos puntuales en recaudación del royalty, ii) ponderar el efecto recaudatorio de corto plazo vis a vis el efecto de largo plazo de mantener una industria competitiva en un contexto global (Otto et al., 2006)

Desde la perspectiva empírica, una de las metodologías frecuentemente empleadas para aproximarse a la tasa efectiva es la estimación de las rentas económicas y su distribución entre el Estado y las compañías privadas. Al respecto, una consideración importante es la sensibilidad que pueden tener los resultados según los supuestos empleados. Por ejemplo, una dificultad que existe para estimar las rentas económicas es cómo se contabilizan las rentas Schumpeterianas asociadas principalmente a las etapas de exploración (ver Cuadro 1), pero también de la explotación misma que son compensadas por la tendencia alcista de los costos producto de la evolución de las variables geológicas en los yacimientos. En este sentido, la captura por parte del Estado de la totalidad de las rentas que genera una operación afectará la viabilidad de la actividad como sistema.

Cuadro N°1

El efecto de los impuestos mineros en la exploración temprana

Una de las principales preocupaciones sobre el impacto de los impuestos mineros recae en el impacto sobre las decisiones de exploración. Si bien la literatura ha destacado que impuestos que gravan renta económicas o utilidades tiene el potencial de ser neutrales frente a las decisiones de inversión y producción (Dasgupta & Heal, 1980; Garnaut & Clunies Ross, 1975, 1979), éstos igual pueden afectar el descubrimiento de nuevos depósitos (Campbell & Lindner, 1987; Fraser, 1998). Así, gravar la exploración exitosa desincentivan una actividad riesgosa como lo es la exploración temprana.

La evidencia empírica sobre estas preocupaciones es, sin embargo, escasa. Lund (2009) indica que los análisis se enfocan en los impactos sobre producción e inversión debido a la imposibilidad de definir las funciones de producción de la fase de exploración. A pesar de las limitaciones, Deacon (1993) muestra, en base a simulaciones, importantes distorsiones en las actividades de exploración de petróleo ante distintos regímenes tributarios. Adicionalmente, políticas poco favorables también tienden a generar una mayor salida de empresas pequeñas (Boomhower, 2019; Lange & Redlinger, 2019). Lo anterior es relevante para la exploración minera temprana donde numerosas empresas de menor tamaño (llamadas juniors) tiene un rol preponderante en el descubrimiento de nuevos depósitos.

Una manera de analizar el impacto de las distintas políticas en el desarrollo minero es a través del análisis de los presupuestos de exploración temprana

(Jara et al., 2008; Otto et al., 2006). Castillo (2020) implementa esta propuesta para analizar el impacto del royalty sobre las utilidades que se implementó en Chile a finales del 2004 y su modificación el 2010. En base a un análisis de diferencias-en-diferencias, el autor no encuentra un impacto significativo en los presupuestos de exploración temprana en Chile en comparación a otros países de la región latinoamericana en ninguno de los períodos. Sin embargo, las empresas juniors respondieron de manera distinta que las de mayor tamaño (o majors), tanto en su cambio en el presupuesto promedio de exploración como en la probabilidad de salida del país.

Para el caso de Chile, estudios previos han abordado empíricamente este tema principalmente desde una perspectiva de las rentas económicas. No obstante, varios de estos no han estado libre de críticas metodológicas. Algunos de los estudios más recientes para el caso chileno son:

- i. **Sturla et al. (2018):** el estudio representa una primera aproximación hacia la estimación de la renta generada por la industria minera en Chile durante el período del super ciclo de los metales (2005 - 2014). Los autores indican que los impuestos recaudados por el fisco solo llegan a representar un 26% de la base de una renta “compensada”. No obstante, el estudio ha sido criticado por sus fuentes de información sobre renta, los costos que utiliza y las mediciones de éxito de exploración.
- ii. **EY (2020):** el reporte sitúa la carga tributaria total de Chile en 43.4%, sin embargo, esta tasa representa la máxima tasa (nominal) bajo las condiciones del año base (2018) y no considera las mermas en la recaudación producto de los diferentes mecanismos disponibles. Específicamente, considera que los proyectos se financian 100% con capital propio, que las empresas retiran el 100% de las utilidades y que no existen mermas sobre la base tributaria de ningún tipo.
- iii. **Leiva (2020):** el trabajo corresponde a una estimación de las rentas económicas generadas en la minería del cobre en Chile y su distribución. El autor realiza un cálculo sobre los flujos de caja de las empresas en el país durante el período 1988 – 2018, encontrando que el Estado se ha apropiado de un 37,4% del total de rentas en el periodo de estudio. El estudio indica además que la tasa de tributación de las empresas aumenta a medida que madura la inversión minera, llegando a niveles cercanos y levemente superiores 40%.

- iv. **Davis & Smith (2020):** los autores presentan, a solicitud del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), un estudio de rendimiento de los regímenes fiscales para la minería y la extracción de petróleo en Latinoamérica. En base al análisis de proyectos reales, los autores destacan el IEAM como un caso ejemplar de eficiencia en tributación minera, dada su neutralidad sobre las decisiones mineras. Sin embargo, los autores también destacan la baja carga tributaria del país en términos comparativos. Los autores indican que gran parte de los proyectos mineros en la región presentan tasas efectivas sobre 50%, lo que causa grandes distorsiones y pérdidas de beneficio social.
- v. **Jorrat (2021):** el autor realiza un estudio acabado sobre las rentas económicas y la tributación de la minería del cobre en Chile y Perú. En este se describen las particularidades del sector minero en términos tributarios y los principales instrumentos de tributación utilizados en el mundo, lo cual permite ver las complejidades específicas del sector y dar una mirada global de cómo se aborda este desafío. Se destacan tres principales aportes: i) Durante los años 2000-2019 el Estado capturó el 40% de las rentas económicas de la minería privada. ii) Las tasas efectivas promedio del impuesto de primera categoría y del IEAM para el año 2018 fueron 27% y 4,9% respectivamente. iii) La carga tributaria total se estima mediante un modelo de simulación, el cual se basa en un proyecto tipo con parámetros fijos. De este ejercicio se desprenden 3 tasas efectivas diferentes a partir de la definición que se emplee, siendo la tasa de la definición estándar igual a 45,9%.

Considerando el contexto de la discusión de política pública y la literatura al respecto, el presente trabajo tiene por objetivos estimar la tasa efectiva de tributación de la minería chilena del cobre, estableciendo el impacto que tendría el proyecto aprobado por la Cámara en términos de tasa efectiva y presentar propuestas alternativas para la tributación minera del país, las cuales son sensibilizadas acorde a las dinámicas que siguen parámetros críticos de la industria.

El resto del documento se organiza de la siguiente forma: la Sección 2 muestra la metodología de cálculo, los supuestos utilizados y los fundamentos detrás de estos. Para luego estimar la tasa efectiva actual, la tasa esperada con el proyecto de ley en tramitación y la tasa esperada con una modificación sobre lo aprobado en la cámara de diputados respecto a la eliminación del IEAM. La Sección 3 presenta tres propuestas alternativas al royalty ad-valorem diseñado en el proyecto de ley en discusión, las cuales mezclan diferentes instrumentos con el fin de aumentar la tasa efectiva, sin que esto implique quedar fuera de rango competitivo, y ser estables ante

diferentes escenarios de precios. Posteriormente, la Sección 4 ejecuta un análisis de sensibilidad sobre las alternativas propuestas donde, por un lado, se deja a un lado el análisis estático de las secciones anteriores y se incorpora un análisis dinámico de los márgenes operacionales a partir de la relación entre precios y costos. Y, por otro lado, se incorpora la evolución esperada de la composición de la producción, lo cual determina directamente las tasas de depreciación y el costo financiero. Finalmente, la Sección 5 consolida las principales conclusiones del estudio.

2. ANÁLISIS DEL ROYALTY AD-VALOREM EN TRAMITACIÓN

La siguiente sección analiza la tasa efectiva resultante del proyecto de ley tras finalizar su primer trámite constitucional.

2.1 Metodología, supuestos y fundamentos para la estimación de las tasas efectivas

A partir del proyecto aprobado en mayo de 2021, y aprovechando la información pública de las mineras privadas (CMF Chile, 2021), estimamos las tasas efectivas sobre utilidades para dos tipos distintos de operaciones. Esto con el fin de reconocer la heterogeneidad que existe entre las distintas operaciones del país. Lo anterior permite entregar rangos referenciales de tasas efectivas sobre utilidades de manera diferenciada y así prever de mejor manera los potenciales efectos.

Respecto a la información utilizada para realizar estos cálculos, incluimos datos reales de la industria de las siguientes variables: costos de operación, costos financieros netos, depreciación, ingresos por subproductos y producción. Adicionalmente, incorporamos parámetros que permitan capturar la diferencia entre tasas nominales y efectivas a partir del diferimiento de impuestos. Específicamente, usamos como supuesto que las compañías mineras solo retiran el 90% de las utilidades y, por lo tanto, la base para el cálculo del impuesto adicional es menor. Este supuesto permite hacer una estimación más acorde a la realidad por los mecanismos de deducción tributaria que aprovechan las empresas, ya sea re-inversión o diferimiento de impuestos. Adicionalmente, para estimar el efecto del proyecto de ley, se asumió que la totalidad de la producción es por venta de concentrados de cobre¹. Los parámetros considerados y los costos de operación se presentan en la Tabla 1.

1 El descuento por venta de cobre refinado es marginal para el pago de royalty. Solo descontar el costo refinación (aprox. 0.06 \$/lb), implica cambios de no más de 2% en las tasas efectivas del proyecto de ley.

Tabla N°1
Parámetros utilizados en estimación.

Parámetro	Valor	Unidad	Comentario
Costo op. alto	1.7	US\$/lb	Aprox. percentil 75 muestra
Costo op. bajo	1.2	US\$/lb	Aprox. percentil 25 muestra
Depreciación	0.54	US\$/lb	Prom. ponderado muestra
Costos financieros	0.13	US\$/lb	Prom. ponderado muestra
Impuesto a la renta	27	%	Primera categoría
Retiro de utilidades	90	%	Supuesto
Impuesto adicional	35	%	Titulares extranjeros

Nota 1: La información proviene de los Estados de Resultados entregados a la Comisión para el Mercado Financiero (CMF Chile, 2021). La muestra corresponde al 80% de la producción privada de cobre en Chile para el año 2020.

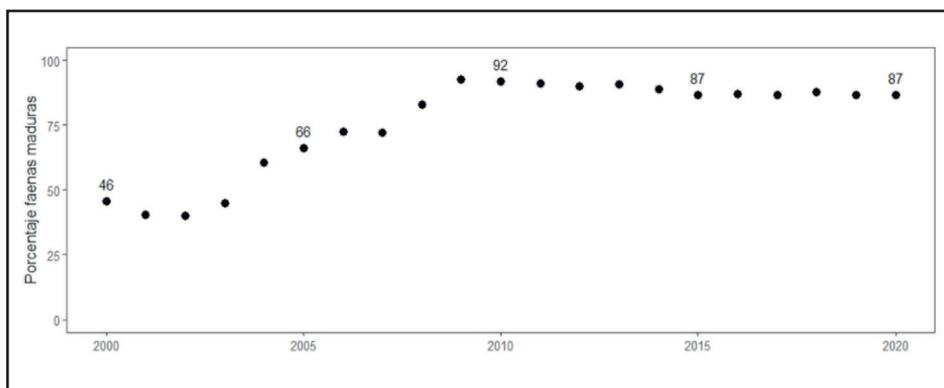
Fuente: Elaboración propia

El análisis se realiza tomando como año base el año 2020 debido a que es el año más reciente para el cual conocemos datos de costos operacionales, variable clave para nuestras estimaciones. Sin embargo, reconocemos el potencial sesgo de selección que esto podría representar, toda vez que la tributación minera es sensible a la etapa del ciclo de vida en que se encuentran las distintas operaciones, lo cual se refleja en las utilidades, depreciación y costo financiero. Por esta razón, cotejamos la variabilidad de los estados financieros frente a datos de otros años (2006-2013) y corroboramos que la tasa efectiva antes del impuesto adicional es estable tras corregir con las tasas IEAM de los periodos de invariabilidad legales y a las tasas de primera categoría.

Asimismo, al revisar la variación de la depreciación y los costos financieros en el transcurso de los últimos 10 años, los cuales tienen la ventaja de incorporar la parte baja y alta del ciclo económico de la industria, podemos ver que los valores del año 2020 prácticamente no difieren de los valores promedios ajustados por producción y etapa de desarrollo de las operaciones. De hecho, el costo promedio de depreciación para el periodo 2010-2020 es US\$0.48/lb, el cual es marginalmente menor a los US\$0.54/lb utilizados en nuestro análisis. Por su parte, el valor promedio del costo financiero para el periodo 2010-2020 es de US\$0.06, cifra que es menor a los US\$0.13/lb utilizados en nuestros cálculos, pero que no genera efectos significativos sobre la tasa efectiva dada su magnitud en el costo total.

Por lo tanto, se concluye que los valores del año 2020 utilizados reflejan los valores de la última década, los cuales a su vez capturan adecuadamente el ciclo de la minería. Esto se explica en gran medida por la estabilidad de la composición de la producción entre operaciones en desarrollo (etapas tempranas) y maduras². De hecho, según la información de producción de COCHILCO (2021), la participación de producción de faenas maduras en el total de la minería privada chilena ha ido creciendo de manera paulatina, estabilizándose en torno al 90% a partir del 2009 y llegando a 87% el año 2020. Desde el año 2010, las faenas en etapas maduras han representado en promedio un 88% de la producción de cobre, lo cual se aprecia claramente a partir de la Figura 1.

Figura N°1
Participación en producción de cobre de faenas maduras, 2000 - 2020.



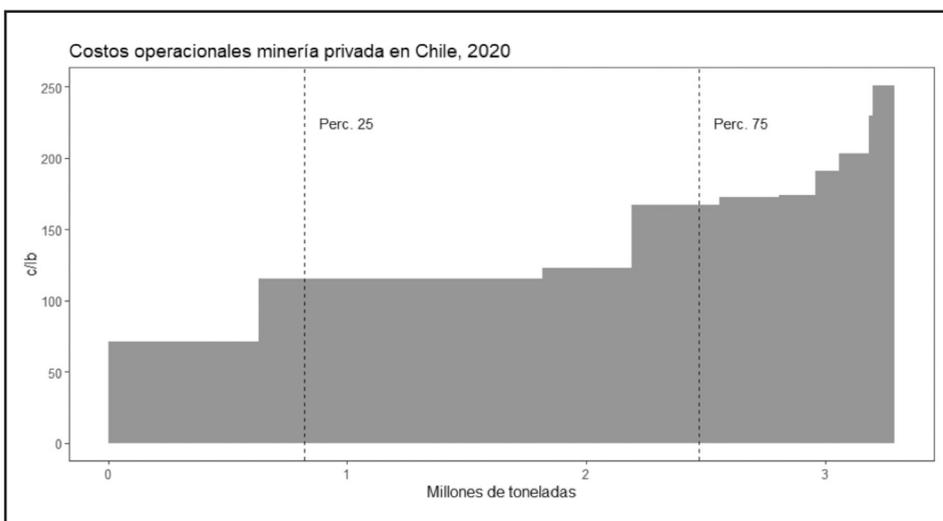
Fuente: Elaboración propia en base a información de COCHILCO (2021).

Respecto a los costos operacionales, los valores de costos altos y costos bajos fueron tomados a partir de la distribución de costos de la industria chilena, con el fin de evidenciar la heterogeneidad de las faenas mineras en términos de competitividad. Tal como se muestra en la Figura 2, aproximadamente 1/3 de la producción privada opera con costos operacionales altos (sobre US\$1.7/lb), mientras que el resto de la producción opera en promedio con costos operacionales en torno

2 Para efectos prácticos, consideramos como maduras a las operaciones en las cuáles han pasado más de 10 años desde el inicio de la producción minera y tempranas (desarrollo) aquellas con menos de 10 años desde su inicio.

a US\$1/lb. El percentil 25 de la distribución de costos operacionales constituye también la moda y la mediana, por lo tanto, es un valor interesante a observar en relación a su representatividad. Por su parte, el percentil 75 muestra el efecto que tendrían las distintas propuestas sobre el tercio menos competitivo de la industria. Es importante notar que los costos operacionales están determinados en gran medida por factores exógenos y/o fijos, como son: el tamaño del yacimiento, las condiciones geológicas y el lugar donde está emplazado. .

Figura N°2
Costos operacionales de la gran minería privada del cobre en Chile.



Fuente: Elaboración propia.

2.2 Estimación de las tasas efectivas

El ejercicio consistió en estimar la tasa efectiva sobre las utilidades antes de impuesto de la minería del cobre en Chile bajo tres escenarios impositivos distintos, considerando dos tipos de minas (costo alto y costo bajo) y ante diferentes niveles de precios. Para este fin se consideraron los principales tributos a los que está afecta la industria minera y se incorporó el impuesto aprobado en la Cámara. Así, las tasas efectivas que se estiman en esta sección incluyen: el impuesto de primera categoría, el IEAM, el impuesto adicional para los inversionistas extranjeros y el royalty ad-valorem propuesto. Los tres escenarios para los cuales calculamos la tasa efectiva de impuestos son:

- i. **Escenario 1 - Caso base:** Es el escenario actual donde la carga tributaria de la minería considera el impuesto de primera categoría, el impuesto adicional a los retiros de dividendos y el impuesto específico de la minería (IEAM). En este escenario el IEAM se deduce de la renta imponible de primera categoría. Así, la carga efectiva es la sumatoria de estos tres impuestos divididos por las utilidades antes de impuestos.
- ii. **Escenario 2 - Caso que incorpora el royalty aprobado por la cámara de diputados:** Es el escenario que evalúa que pasaría si lo aprobado en el primer trámite legislativo se convirtiera en ley. En este escenario, a los impuestos ya considerados en el escenario 1 (línea base) se agrega el royalty ad-valorem progresivo aprobado en la cámara de diputados. En este caso el IEAM también se deduce de la renta imponible de primera categoría, pero no así el royalty. Así, la carga efectiva es la sumatoria de estos cuatro impuestos divididos por las utilidades antes de impuestos.
- iii. **Escenario 3 - Caso que incorpora el royalty aprobado por la cámara de diputados con modificaciones:** Es el escenario que evalúa que pasaría si lo aprobado en el primer trámite legislativo se convirtiera en ley, pero reemplazando el IEAM por el royalty y permitiendo la deducción del royalty de la renta imponible de primera categoría. Así, la carga efectiva es la sumatoria de estos tres impuestos divididos por las utilidades antes de impuestos.

Los resultados de este ejercicio se muestran en la Tabla 2 adjunta, no obstante, nos parece importante destacar los siguientes resultados. Primero, el rango de tasas efectivas bajo la regulación actual oscila entre 38% y 40%³. En el escenario 2, que simula la propuesta literal de royalty actual, el rango de tasa efectiva llega al rango 65 - 97%. Mientras que en el escenario 3, de incluirse las modificaciones discutidas, hace que la tasa efectiva se encuentre en el rango 52 - 73%.

Tabla N°2
Resultado simulaciones de tasa efectiva y royalty minero en Chile.

	Precio US\$3,0/lb	Precio US\$3,5/lb	Precio US\$4,0/lb	Precio US\$4,5/lb
Escenario 1: Caso base sistema actual				
Costo alto	38%	38%	38%	39%
Costo bajo	38%	39%	39%	40%

³ Se destaca que nuestro modelo llega a tasas del 40-42% al realizar un 100% del retiro de utilidades, lo cual representa el tope nominal retratado en otros estudios.

Escenario 2: Caso PdL aprobado en 1er trámite				
Costo alto	80%	85%	90%	97%
Costo bajo	65%	73%	80%	88%
Escenario 3: Caso PdL eliminando IEAM y deduciendo el royalty como gasto para la renta				
Costo alto	62%	65%	69%	73%
Costo bajo	52%	57%	61%	66%

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, omitiendo el salto de nivel que se evidencia en los escenarios 2 y 3 que lleva a las tasas efectivas de tributación a otros órdenes de magnitud, la pregunta relevante es si existe espacio para incrementar la tasa efectiva actual (38% - 40% bajo nuestra estimación) de manera de recaudar mayores recursos sin afectar mayormente la sostenibilidad de la industria. En términos comparados, Otto et al. (2006) muestran que tasas efectivas mayores 50% ubicaría a un país en el cuartil superior menos competitivo. Análogamente la Tabla 3, muestra una comparación más reciente, pero con similares implicancias. Lo anterior indicaría que existe espacio suficiente para aumentar la carga tributaria sin que esto genere una merma significativa de competitividad. No obstante, estas mayores tasas hacia las que se podría avanzar están por debajo de las tasas a las que se llegaría con el royalty propuesto en el proyecto de ley en discusión.

Tabla N°3
Carga tributaria comparada en base a mina simulada.

País	Tasa efectiva (%)
Argentina	46,4%
Australia (Western Australia)	50,8%
Brasil	48,2%
Burkina Faso	51,4%
Canadá (Ontario)	43,9%
Ghana	64,7%
Guinea	56,7%
Laos	42,3%
Perú*	42,3%
Tanzania	50,9%

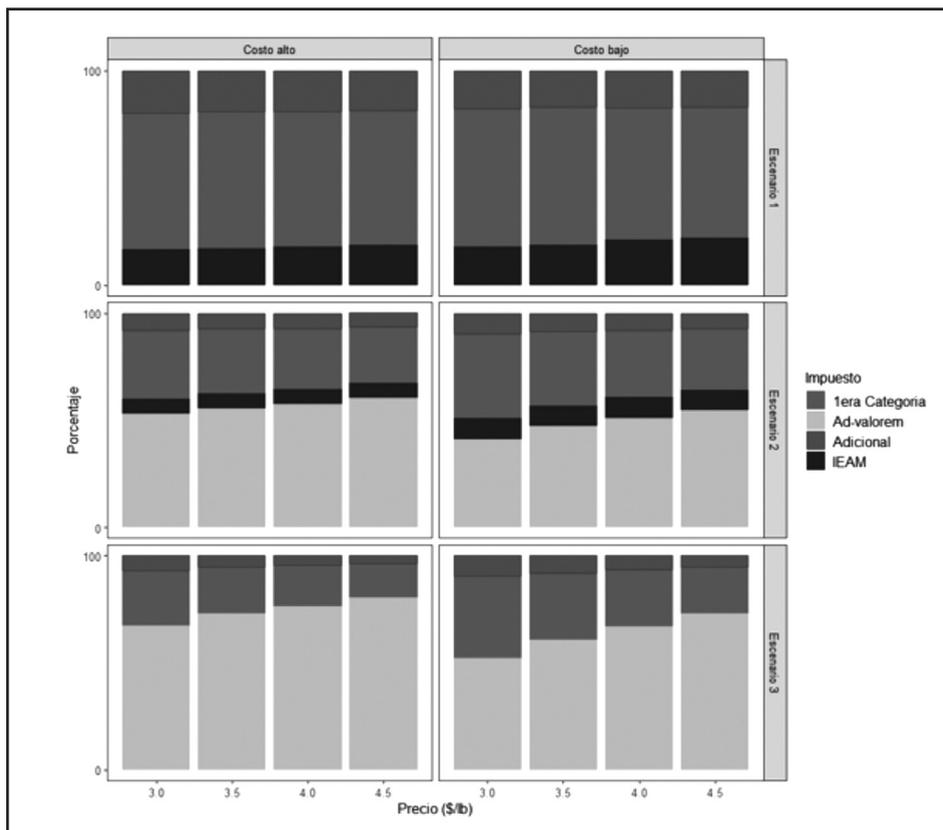
Nota 1: Tasa efectiva de Perú no incluye porcentaje de reparto de utilidades a los trabajadores, lo cual de incluirse llevaría la tasa efectiva a niveles cercanos al 50%. La razón es que consideramos este pago como parte de la renta del trabajo.

Fuente: Ostensson et al. (2014)

De lo anterior se desprende que, para determinar un royalty, no solo debe analizarse qué fracción de las rentas económicas queremos que el Estado capture, sino también en qué rango queda la tasa efectiva de la minería de Chile en relación con los otros países mineros competitivos, dado que los recursos para el desarrollo de proyectos no son infinitos y por lo tanto existe competencia por éstos.

Figura N°3

Peso relativo de cada tipo de impuesto que se aplica a la minería en cada escenario.



Fuente: Elaboración propia

Así, basados en las estimaciones realizadas y en la evidencia comparada de otros países, es evidente que el instrumento no posee un buen diseño, considerando que lleva la tasa efectiva a valores que se escapan completamente de los márgenes dentro de los cuales esta actividad es gravada a nivel mundial, lo cual mermaría

considerablemente la competitividad de las operaciones y proyectos chilenos. Adicionalmente, los problemas de diseño se evidencian en como varía la distribución de la carga tributaria por tipo de impuesto desde el escenario actual respecto al escenario con el royalty propuesto. Tal como se evidencia en la Figura 3, la distribución de la carga tributaria queda completamente desbalanceada bajo la fórmula contenida en el proyecto de ley, donde el royalty ad-valorem pasaría a representar entre 60-80% de la carga total en el escenario 3. Esto genera una menor equidad horizontal entre faenas mineras, dado que la carga de un royalty a las ventas es mayor para las operaciones de costos altos. Esto último es relevante, pues los costos altos pueden estar relacionados faenas de menor tamaño, de mayor antigüedad o con condiciones geológicas más desfavorables.

3. PROPUESTAS ALTERNATIVAS PARA AUMENTAR LA TRIBUTACIÓN DE LA MINERÍA

A partir de la sección anterior, podemos concluir que la propuesta en discusión se escapa de los márgenes de racionalidad económica y, por ende, atenta contra la sostenibilidad de la industria minera en el mediano y largo plazo. Esto se da porque, a diferencia de lo que plantean los análisis económicos teóricos sobre las rentas de la minería que se realizan sin conocer las dinámicas de esta industria, los recursos para invertir en nuevos proyectos no son infinitos y existe competencia entre países para atraer estas inversiones y dentro de las compañías mineras para que los recursos se asignen a un mineral determinado.

3.1 Detalle de propuestas

En este contexto, proponemos tres fórmulas alternativas para aumentar la carga tributaria de la minería en Chile, sin llegar a valores extremos que sean en detrimento a la actividad en el mediano y largo plazo. En dos de estas alternativas, se considera la implementación de un royalty ad - valorem que se deduce como gasto tributario para determinar la renta operacional minera y la renta imponible, bajo la lógica de que es un pago de un recurso necesario para producir la renta. Sin embargo, y distintamente a lo que ocurre actualmente, el IEAM en todas las alternativas que consideramos no se incorpora como gasto tributario⁴.

4 El hecho de considerar el IEAM como gasto para la renta imponible de primera categoría afecta el potencial recaudatorio y genera problemas en la determinación de los márgenes operacionales efectivos que se deben aplicar.

3.1.1. Alternativa 1: IEAM más progresivo

Esta propuesta modifica las tasas marginales y tramos del IEAM actual con el objetivo de aumentar la progresividad de este instrumento. En esta misma línea, eliminamos la posibilidad de considerar este tributo como gasto tributario para la renta imponible que es la base para los impuestos de primera categoría y adicional. Esta alternativa reconoce la neutralidad y eficiencia económica que entrega el IEAM que ha sido destacada por otros autores, pero no lo reconoce como un gasto tributario en la determinación de otros impuestos, lo cual contrasta con la legislación actual.

Específicamente, generamos nuevos tramos y tasas marginales según el margen operacional sobre los que opera el impuesto. De esta forma, buscamos corregir el escenario actual donde las tasas marginales más altas no se logran en la práctica, debido a que requieren márgenes operacionales poco factibles. La estructura del IEAM actual y el propuesto se muestran en el ANEXO A.

Así, tomando los mismos supuestos utilizados en la sección anterior, la tasa efectiva de tributación de una mina de bajo costo aumentaría desde 39% a 47% en un escenario de precios cercano a los US\$4/lb. Vale la pena destacar que esta alternativa no requiere definir tramos según precios nominales, incorpora los ingresos cíclicos sobre la renta minera que provengan de distintos minerales y genera menor equidad horizontal ante operaciones de mayores costos operacionales.

3.1.2. Alternativa 2: Royalty ad valorem con tasa plana + IEAM más progresivo

Esta propuesta incorpora como primer componente un royalty ad valorem de tasa constante igual a 3%, indistinto del nivel de precios. Este impuesto asegura un flujo de recaudación para el fisco durante las distintas fases de operación del proyecto, evitando así la no tributación durante los primeros años de operación donde las empresas no presentan utilidades tributarias.

El segundo componente tiene como efecto una mayor captura de la renta minera a través de un aumento en la progresividad del IEAM, definido en la alternativa 1. En este caso, el pago del componente ad valorem es considerado como un gasto tributario para la renta operacional minera y la renta imponible. Sin embargo, el IEAM en esta alternativa no es considerado como gasto tributario en la determinación de otros impuestos.

De esta forma, considerando ambos componentes introducidos en esta propuesta y tomando los mismos supuestos utilizados en la sección anterior, la tasa efectiva de tributación de una minera de bajo costo aumentaría desde 39% a 49% en un escenario de precios cercano a los US\$4/lb. Vale la pena destacar que esta alternativa no requiere definir tramos según precios nominales e incorpora los ingresos cíclicos sobre la renta minera que provengan de distintos minerales, además de permitir la contribución de una operación incluso mientras no genere utilidades tributarias.

3.2. Alternativa 3: Royalty ad valorem con tasa progresiva

Esta propuesta incorpora un royalty ad valorem de tasa creciente en función del precio del cobre, reconociéndolo como un gasto tributario. La alternativa mantiene a su vez las tasas y tramos del actual IEAM, pero no considera que el pago de este tributo sea considerado gasto tributario. Específicamente, se propone un impuesto igual a 3% para precios menores o iguales a US\$3/lb, el cual crece linealmente por tramos hasta 6% para precios iguales o superiores a US\$4,5/lb. La progresividad del crecimiento de la tasa es igual a un 1% por tramo y los tramos están definidos por intervalos constantes de US\$0,5/lb.

De esta forma se permite incorporar en un solo instrumento aspectos deseables para la tributación de la minería, sin modificar mayormente otros impuestos. Específicamente, al ser un royalty ad valorem permite recaudar ingresos al fisco antes de que la operación genere utilidades contables, es decir, genera un flujo durante los primeros años de operación. Mientras que al ser una tasa ad valorem creciente en función del precio del cobre permite capturar las mayores utilidades que se generen a partir del aumento del precio, potenciando el efecto del IEAM.

Bajo esta fórmula, tomando los mismos supuestos utilizados en la sección anterior, la tasa efectiva de tributación para una mina de bajo costo aumentaría desde 39% a 47% en un escenario de cercano a los US\$4/lb.

3.3. Estimación de tasa efectiva de propuestas

Las tasas efectivas de las propuestas previamente detalladas para los distintos niveles de precios y las dos operaciones tipo (costo alto y costo bajo) se resumen en la Tabla 4.

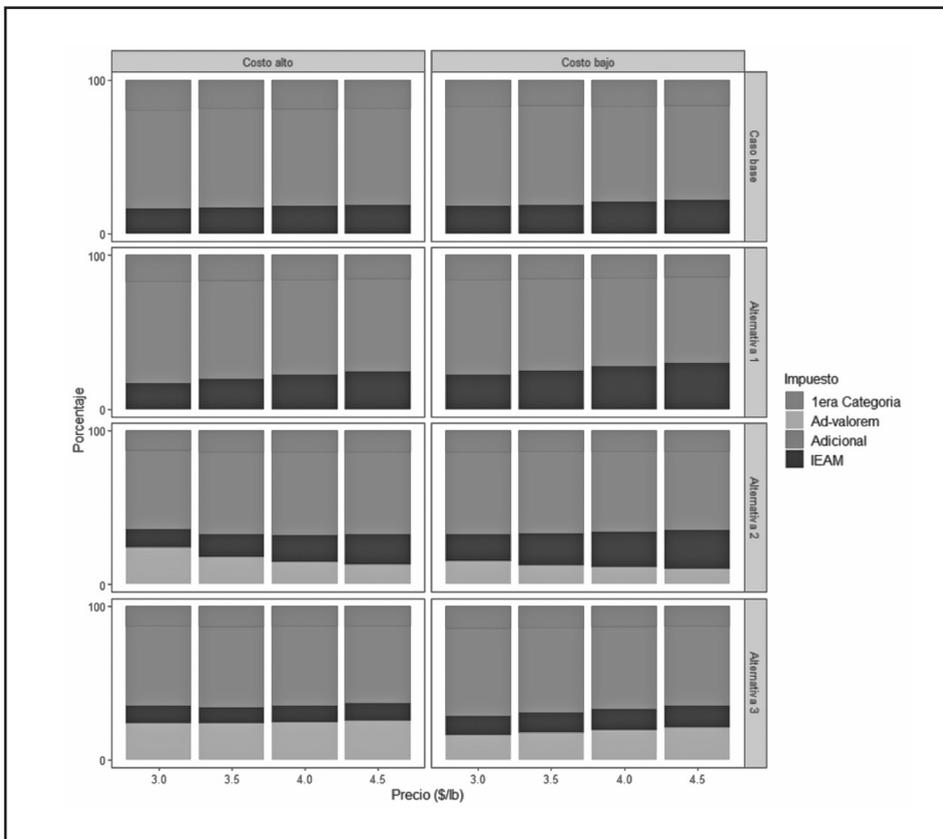
Tabla N°4
Carga tributaria comparada entre alternativas propuestas.

	Precio US\$3,0/lb	Precio US\$3,5/lb	Precio US\$4,0/lb	Precio US\$4,5/lb
Alternativa 1: IEAM tasas modificadas (no imputable)				
Costo alto	41%	42%	44%	45%
Costo bajo	44%	46%	47%	49%
Alternativa 2: IEAM tasas modificadas (no imputable) y royalty tasa fija 3%				
Costo alto	47%	47%	47%	48%
Costo bajo	47%	48%	49%	50%
Alternativa 3: IEAM tasas actuales (no imputable) y royalty tasa lineal 3% a 6%				
Costo alto	47%	46%	47%	48%
Costo bajo	44%	46%	47%	48%

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Figura 4 muestra la composición de la recaudación entre las distintas combinaciones impositivas propuestas. Vale la pena destacar que el grueso de la recaudación se mantendría en el impuesto de primera categoría. Sin embargo, las alternativas propuestas se diferencian en el peso relativo que tendría el royalty ad – valorem y en cómo la carga se distribuye entre minas de costos operacionales altos y bajos. Por ejemplo, el IEAM modificado en la alternativa 1 tiene un mayor peso relativo en las minas de costos más bajos. La alternativa 2 muestra una tasa efectiva similar para ambas operacionales donde los aumentos de precio son capturados mayormente a través del IEAM modificado. Finalmente, el incluir la progresividad a través del royalty ad – valorem lo vuelve un elemento más relevante para las minas de costos altos.

Figura N°4
Peso relativo de cada tipo de impuesto que se aplica a la minería para el caso base y cada alternativa propuesta.



Fuente: Elaboración propia

4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

En esta sección analizamos la variabilidad de nuestros resultados a partir de la sensibilidad ante tres variables claves: costos operacionales, depreciación y costos financieros. Específicamente, en la Subsección 4.1 estimamos la tasa efectiva de tributación de las tres alternativas que planteamos bajo un modelo dinámico, el cual

incorpora la relación temporal entre el precio del cobre y los costos operacionales. Por su parte, en la Subsección 4.2 realizamos un análisis de sensibilidad según la composición de la producción nacional en términos de madurez de los proyectos mineros, lo cual se relaciona directamente a los niveles de depreciación y del costo financiero, y, por lo tanto, a los márgenes operacionales y los niveles de recaudación.

4.1 Análisis de sensibilidad en base a costos operacionales variables

El análisis estático de los costos de operación de la minería se encuentra limitado al no reconocer que variaciones en los precios de los productos mineros ponen presiones sobre las decisiones productivas y de inversiones que se materializan en que, desde una perspectiva temporal, los costos se mueven hacia arriba y hacia abajo en la dirección de los precios (Tilton & Guzmán, 2016). La justificación teórica de este comportamiento recae en la teoría de la firma, en la cual, para una determinada función de producción, el efecto de un cambio en el precio de venta está ligado a una redistribución de los factores productivos que implica una variación del costo en la misma dirección del precio (Varian, 1992). No obstante, la función de producción del sector minero contiene un alto nivel de factores que se mantienen fijos en el corto plazo, lo que significa que la relación dinámica entre costos y precios se daría con rezagos.

En vista de lo anterior y, atendiendo la importancia de la variación de los costos en la determinación de los tributos mineros, es pertinente incluir el efecto dinámico de los costos operacionales, a partir de las variaciones del precio del cobre, sobre los márgenes operacionales. Para el análisis nos basamos en los índices de costos y precios del cobre (LME) publicados por COCHILCO (2020a) que incluye información de las principales empresas privadas GMP-10 y CODELCO entre 2005 y 2019.

De este modo, considerando que las series anuales son no estacionarias, se modela el efecto del precio en los costos en primeras diferencias según indica la Ecuación (1):

$$\Delta c_{it} = \sum_{j=0}^T \beta_j \cdot \Delta p_{t-j} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Dónde refleja el cambio porcentual en los costos de la empresa i en el año t , el cambio porcentual en el precio del cobre en el año t y corresponde a un control por efectos en la tasa de cambio de costos de cada operación. En este sentido, la especificación recoge que los costos tienen un rezago en la respuesta a la variación del precio.

La decisión sobre el número de rezagos a utilizar se obtiene a través de los criterios de información indicados en el ANEXO B, donde también se puede observar la tabla con el detalle de los resultados de la estimación. De este ejercicio destaca que el modelo que mejor ajusta a la relación temporal entre costos operacionales y precio del cobre es el que incluye cuatro rezagos, siendo estable la relación y la elasticidad al controlar por los efectos fijos de las operaciones.

De esta forma, tomando como base la última información de costos operaciones del año 2020, utilizamos la elasticidad precio - costos obtenida del ejercicio anterior (0.33) para ajustar los costos operacionales ante los distintos escenarios de precios. Así, las tasas efectivas de tributación determinadas en la Sección 3 son modificadas para incluir el efecto dinámico que tendría un shock en los precios sobre los costos operacionales y, por ende, sobre los márgenes operacionales. Este efecto se presenta para el caso base y cada una de las tres alternativas propuestas en la Tabla 5.

Tabla N°5
Carga tributaria comparada entre el sistema actual y alternativas propuestas considerando el efecto dinámico de los costos de operación.

	Precio US\$3,0/lb	Precio US\$3,5/lb	Precio US\$4,0/lb	Precio US\$4,5/lb
Caso base: Sistema actual				
Costo alto	38%	38%	38%	38%
Costo bajo	38%	39%	39%	39%
Alternativa 1: IEAM tasas modificadas (no imputable)				
Costo alto	41%	42%	43%	43%
Costo bajo	44%	45%	46%	47%
Alternativa 2: IEAM tasas modificadas (no imputable) y royalty tasa fija 3%				
Costo alto	48%	47%	47%	47%
Costo bajo	47%	48%	48%	49%
Alternativa 3: IEAM tasas actuales (no imputable) y royalty tasa lineal 3% a 6%				
Costo alto	47%	47%	48%	48%
Costo bajo	45%	46%	47%	47%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados anteriores ratifican la intuición sobre que considerar los efectos dinámicos en los costos de explotación ante variaciones del precio reduce los márgenes operacionales y, por lo tanto, afecta principalmente a la alternativa 1 que pone más peso en tributos sobre utilidades operacionales. Luego, si comparamos estos resultados con el análisis estático de la Tabla 4, podemos ver que, en términos generales, la inclusión del efecto dinámico entre costos y precios genera una disminución de la tasa efectiva del orden de 1-2 puntos porcentuales.

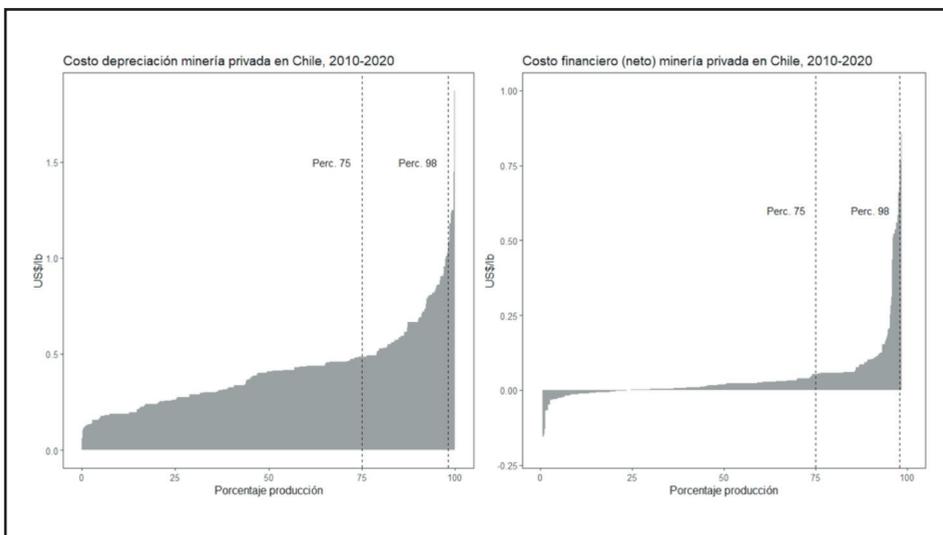
4.2 Análisis de sensibilidad en base a madurez de proyectos mineros

La tributación del sector minero depende fuertemente de la etapa en la cual se encuentran sus operaciones dentro del ciclo de vida del proyecto. Esto porque durante los primeros años de operación las utilidades tributarias son bajas o inexistentes, lo cual se explica de manera importante por los gastos de depreciación y los costos financieros. Así, si tomamos dos países con idénticos costos operacionales y enfrentados al mismo precio del cobre mundial, la recaudación tributaria en estos puede ser diametralmente opuesta dependiendo del nivel de madurez que y la combinación de estos niveles entre las operaciones en cada país.

Los resultados obtenidos en la Sección 3 asumen implícitamente que la composición de la producción entre operaciones maduras y en desarrollo se mantiene constante para todos los escenarios. Para sensibilizar en torno a este supuesto, consideramos que la producción total de un año corresponde a una combinación entre operaciones maduras y operaciones en desarrollo (las cuáles a su vez pueden ser de alto o bajo costo como en los análisis previos). Ambos tipos de operaciones se diferencian, en la práctica, en su nivel de depreciación y de costos financieros. Para determinar el valor característico de ambas componentes del costo, recurrimos a la información de los estados de resultados de las empresas privadas productoras de cobre para el período 2010 a 2020. La distribución de ambos costos en US\$/lb, ponderada por su nivel de producción, se indican en las siguientes figuras⁵.

5 Todos los costos son ajustados por inflación en base al Producer Price Index: All Commodities de Estados Unidos y con base al año 2020 como referencia.

Figura N°5
Distribución de costos unitarios de depreciación (izq.) y costos financieros netos (der.) en US\$/lb entre los años 2010 y 2020.



Fuente: Elaboración propia

De manera conservadora, consideramos que una operación en desarrollo posee costos de depreciación y financieros equivalentes al percentil 98 de la muestra en el período. En contraste, consideramos que una operación madura posee costos equivalentes al percentil 75. Esta condición de una faena madura considera que la faena requiere mantener un nivel de inversión para expansiones o reposiciones. La Tabla 6 detalla la información considerada.

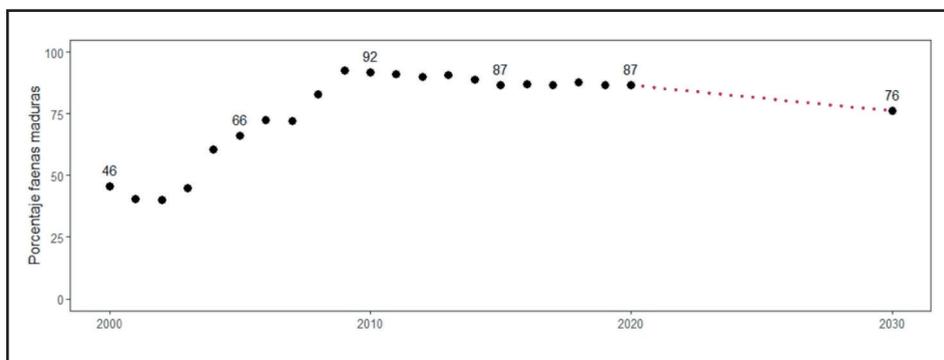
Tabla N°6
Depreciación y costo financiero neto por etapa de desarrollo operacional

Parámetro	Unidad	Operación madura (P75)	Operación en desarrollo (P98)
Depreciación	US\$/lb	0,49	1,03
Costo financiero (neto)	US\$/lb	0,05	0,67

Fuente: Elaboración propia

Luego, el análisis de sensibilidad se realiza en términos prospectivos, basados en la proyección de la proporción de producción que provendría de faenas maduras al 2030. Según la proyección de producción de COCHILCO (2020b). En este caso, se espera que cerca de un 76% de la producción de cobre del país provenga de operaciones maduras, lo cual se ilustra en la Figura 6. De esta forma, la sensibilización consiste en estimar como varía la tasa efectiva de tributación para los distintos escenarios, ante distintos niveles de precios, entre el año base 2020 y el año 2030, donde la diferencia entre ambos está dada por la proporción operaciones maduras – operaciones en desarrollo.

Figura N°6
Participación en producción de cobre de faenas maduras
y proyección al 2030.



Fuente: Elaboración propia en base a información de (COCHILCO, 2020b, 2021).

El cambio en la composición de la producción hacia el año 2030 significa que la recaudación por libra de cobre producida será menor por el mayor peso de operaciones que aún no generarían utilidades tributables. Este efecto se muestra en la Tabla 7 para los distintos niveles de precio.

Tabla N°7
Diferencias en recaudación unitaria según cambios en composición de la producción entre operaciones maduras y en desarrollo, 2020 vs 2030 utilizando costos estáticos.

Recaudación total por libra de cobre producida (US\$/lb)				
	Precio US\$3,0/lb		Precio US\$3,5/lb	
	Año 2020 (87% maduras)	Año 2030 (76% maduras)	Año 2020 (87% maduras)	Año 2030 (76% maduras)
Alternativa 1: IEAM tasas modificadas (no imputable)				
Costo alto	0.36	0.32	0.57	0.52
Costo bajo	0.59	0.54	0.84	0.78
Alternativa 2: IEAM tasas modificadas (no imputable) y royalty tasa fija 3%				
Costo alto	0.42	0.38	0.63	0.58
Costo bajo	0.64	0.59	0.89	0.84
Alternativa 3: IEAM tasas actuales (no imputable) y royalty tasa lineal 3% a 6%				
Costo alto	0.41	0.37	0.63	0.58
Costo bajo	0.60	0.56	0.84	0.80
	Precio US\$4,0/lb		Precio US\$4,5/lb	
	Año 2020 (87% maduras)	Año 2030 (76% maduras)	Año 2020 (87% maduras)	Año 2030 (76% maduras)
Alternativa 1: IEAM tasas modificadas (no imputable)				
Costo alto	0.81	0.75	1.06	1.00
Costo bajo	1.11	1.05	1.38	1.32
Alternativa 2: IEAM tasas modificadas (no imputable) y royalty tasa fija 3%				
Costo alto	0.87	0.82	1.12	1.07
Costo bajo	1.16	1.11	1.44	1.38
Alternativa 3: IEAM tasas actuales (no imputable) y royalty tasa lineal 3% a 6%				
Costo alto	0.87	0.82	1.12	1.07
Costo bajo	1.09	1.05	1.35	1.31

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados anteriores indican que, porcentualmente, las alternativas que reposan mayoritariamente en impuestos sobre utilidades experimentan una mayor baja. Lo anterior se explica por el mayor porcentaje de operaciones que aún no generarían utilidades tributables. En perspectiva, la recaudación unitaria cae entre un 5 - 11% para la alternativa 1 y entre un 4 - 8% para las alternativas 2 y 3. La Tabla

8 muestra que una menor disponibilidad de utilidades tributarias lleva a que la tasa efectiva de las alternativas 2 y 3 aumente en algunos casos por sobre el 50%.

Tabla N°8
Tasas efectivas promedio variación de la composición de operaciones maduras y en desarrollo.

Composición: 87% Operaciones maduras y 13% operaciones en desarrollo (año 2020)				
	Precio US\$3,0/lb	Precio US\$3,5/lb	Precio US\$4,0/lb	Precio US\$4,5/lb
Alternativa 1: IEAM tasas modificadas (no imputable)				
Costo alto	42%	42%	44%	45%
Costo bajo	44%	46%	47%	49%
Alternativa 2: IEAM tasas modificadas (no imputable) y royalty tasa fija 3%				
Costo alto	49%	47%	47%	48%
Costo bajo	47%	48%	49%	50%
Alternativa 3: IEAM tasas actuales (no imputable) y royalty tasa lineal 3% a 6%				
Costo alto	48%	47%	47%	48%
Costo bajo	45%	46%	47%	48%

Composición: 76% Operaciones maduras y 24% operaciones en desarrollo (año 2030)				
	Precio US\$3,0/lb	Precio US\$3,5/lb	Precio US\$4,0/lb	Precio US\$4,5/lb
Alternativa 1: IEAM tasas modificadas (no imputable)				
Costo alto	44%	43%	44%	45%
Costo bajo	44%	45%	47%	48%
Alternativa 2: IEAM tasas modificadas (no imputable) y royalty tasa fija 3%				
Costo alto	52%	48%	48%	48%
Costo bajo	48%	49%	50%	51%
Alternativa 3: IEAM tasas actuales (no imputable) y royalty tasa lineal 3% a 6%				
Costo alto	52%	47%	48%	48%
Costo bajo	45%	46%	47%	48%

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que los resultados de la Tabla 8 para el año 2020 difieren de los resultados de la Sección 3 donde se utiliza como año base el año 2020 (Tabla 4). Esto se debe a que los valores de depreciación y costos financieros utilizados en la Sección 3 corresponden a los del año 2020, mientras que en esta sección de sensibilización se consideran los valores señalados en la Tabla 6.

Así, al aplicar distintas depreciaciones y costos financieros, dependiendo de la etapa de los proyectos, se captura el efecto de tributaciones cercanas a cero durante las etapas tempranas de los proyectos, lo cual no es posible observar cuando se utilizan valores promedios de estas variables. Es justamente este efecto el que genera las diferencias de tasas efectivas entre la Tabla 4 y la estimación del 2020 de la Tabla 8. Este efecto es de aproximadamente 1 punto porcentual de la carga efectiva, lo cual da cuenta que los parámetros del año 2020 utilizados en la estimación de resultados son bastante representativos.

Respecto del análisis de sensibilidad que muestra la Tabla 8, se destaca que el aumento de la tasa efectiva desde la composición de la producción del año 2020 al año 2030 se da principalmente a niveles más bajos de precio del cobre, lo cual es más pronunciado en los escenarios 2 y 3 que incorporan un royalty ad-valorem.

5. CONCLUSIONES

A la luz de los resultados del presente estudio y tras analizar detalladamente las características mineras y tributarias de la industria del cobre chilena, el instrumento propuesto para establecer un royalty ad-valorem, simular el rendimiento recaudatorio de opciones alternativas y sensibilizar los resultados de estas simulaciones, las principales conclusiones obtenidas son:

- i. La tasa efectiva de tributación de la minería actual se encuentra en un rango medio-bajo (38% - 40%) relativo a otros países mineros, por lo cual existiría espacio para aumentar la carga sin comprometer la competitividad de la industria en el mediano y largo plazo.
- ii. El royalty ad-valorem en discusión aumenta la tasa efectiva de tributación de manera desproporcionada, llevando la carga tributaria a niveles entre 65% - 97%, lo cual queda fuera de todo rango de comparación respecto al resto de los países mineros. Por lo tanto, un impuesto de estas características tendrá efectos sobre la sostenibilidad futura de la minería y su tributación.
- iii. Incluso si el proyecto de ley se corrigiera para sustituir el IEAM por el royalty propuesto y permitir el tributo como gasto tributario, las tasas efectivas seguirían estando muy por sobre las cargas que soporta esta industria a nivel mundial (52% - 73%).
- iv. Existen distintas fórmulas que permiten aumentar la carga tributaria de la minería hasta 10 puntos porcentuales, lo cual situaría a Chile dentro

medio-alto en término de tasas efectivas de tributación, pero dentro de un rango competitivo. En este estudio se proponen tres fórmulas distintas.

- v. La primera fórmula para aumentar la carga tributaria incrementa la progresividad y las tasas marginales del IEAM, con lo cual la tasa efectiva de tributación alcanzaría valores entre 41% y 49% dependiendo del nivel del precio del cobre y los costos operacionales.
- vi. La segunda fórmula agrega al IEAM anterior un royalty ad-valorem fijo de 3%, con lo cual la tasa efectiva de tributación alcanzaría valores entre 47% y 50% dependiendo del nivel del precio del cobre y los costos operacionales.
- vii. La tercera fórmula mantiene el IEAM tal como está hoy, pero agrega un royalty ad-valorem creciente respecto al precio que va desde un 3% a un 6%, con lo cual la tasa efectiva de tributación alcanzaría valores entre 44% y 48% dependiendo del nivel del precio del cobre y los costos operacionales.
- viii. La sensibilización de los resultados anteriores en base a la relación temporal entre los costos operacionales y precio del cobre reduce los márgenes operacionales, y por consiguiente las tasas efectivas disminuyen entre 1 y 2 puntos porcentuales.
- ix. Al sensibilizar los resultados considerando cómo evolucionará la composición de la producción mina entre proyectos maduros y en desarrollo en la ventana de tiempo 2020 – 2030, se obtiene que una menor proporción de la producción de operaciones maduras al año 2030 incrementa hasta en 4 puntos porcentuales la tasa efectiva. Este efecto se focaliza principalmente en las alternativas que consideran un royalty-ad-valorem.

Adicionalmente a los resultados específicos expuestos, nos parece importante compartir recomendaciones generales para la discusión en torno a la tributación minera:

- i. Los recursos que provee la minería a las arcas fiscales deben entenderse desde una perspectiva intertemporal, esto con el fin de velar por la equidad intergeneracional. En este sentido, los cambios regulatorios deben tener presente no solo la recaudación de corto plazo, sino también la recaudación a través del tiempo que permita un flujo de recursos para las generaciones futuras.
- ii. Se debe tener presente que uno de los principios rectores del régimen especial de tributación de la minería es la captura de las rentas económicas que se generan en este sector a favor de su dueño. Por lo tanto, la mayor parte de su gasto debiese obedecer a este principio y destinarse a bienes y servicios que compensen mayoritariamente a la población en su conjunto.

- iii. Lo anterior no significa dejar de atender los significativos impactos ambientales y sociales que ocurren en los territorios mineros. Existe una necesidad latente de que las comunidades reciban equitativamente los beneficios en la actividad, pero lo anterior también requiere tener en consideración la experiencia comparada. Existe gran potencial de aprovechar recursos para el desarrollo regional que puede terminar en grupos de interés específicos (disipando su cuantía e impacto), o que fallan en generar un desarrollo institucional que permita el aprovechamiento responsable y transparente de tales recursos.
- iv. Cualquier propuesta que sea aplicada debe promover la transparencia en los datos desde las empresas y desde lo recaudado por el fisco. La base de una discusión responsable requiere que se atiendan las preocupaciones sobre fiscalización y pago efectivo, lo cual no puede lograrse sin estar abiertos a sincerar las cifras de manera permanente.
- v. Las modificaciones tributarias a la minería no pueden omitir los desafíos y oportunidades que enfrenta la minería, en especial, lo relacionado a la emergencia climática. En este sentido, la minería es un factor clave para que el mundo avance hacia la carbono-neutralidad. No obstante, un mundo bajo en carbono necesita minerales que se produzcan de manera distinta, lo cual impone un desafío a la industria minera y al país en avanzar en la trazabilidad y disminución de su impacto socioambiental. Así, la competitividad de la industria minera no será determinada exclusivamente por un factor, como podría ser el régimen tributario, sino por un conjunto de elementos que deben ser entendidos a través de una mirada sistémica que le permitan a Chile ser un líder en esta nueva relación social con la minería.

6. BIBLIOGRAFÍA

Boomhower, J. (2019). Drilling Like There's No Tomorrow: Bankruptcy, Insurance, and Environmental Risk †. *American Economic Review*, 109(2), 391–426. <https://doi.org/10.1257/aer.20160346>

Campbell, H. F., & Lindner, R. K. (1987). Does taxation alter exploration? : The effect of uncertainty and risk. *Resources Policy*, 13(4), 265–278. <https://ideas.repec.org/a/eee/jrpoli/v13y1987i4p265-278.html>

Castillo, E. (2020). The Impacts of Profit-Based Royalties in Early-Stage Mineral Exploration (No. 2020–05). https://www.researchgate.net/publication/351117761_The_Impacts_of_Profit-Based_Royalties_in_Early-Stage_Mineral_Exploration

CMF Chile. (2021). Sociedades afectas al impuesto específico a la actividad minera. Comisión Para El Mercado Financiero Chile. <https://www.cmfchile.cl/portal/principal/613/w3-propertyvalue-18595.html>

COCHILCO. (2020a). Anuario de Estadísticas del Cobre y otros minerales, 2000 - 2019.

COCHILCO. (2020b). Proyección de la producción de cobre en Chile 2020 - 2031. <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Proyeccion%20de%20la%20produccion%20esperada%20de%20cobre%202020%20-%202031.pdf>

COCHILCO. (2021). Producción Minera. Estadísticas de Producción Minera. <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Produccion%20de%20C3%B3n-Minera.aspx>

Dasgupta, P. S., & Heal, G. M. (1980). Economic Theory and Exhaustible Resources. In *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511628375>

Davis, G. A., & Smith, J. L. (2020). Design and Performance of Mining and Petroleum Fiscal Regimes in Latin America and the Caribbean: Survey of Current Practices, Lessons Learned and Best Practices. In *Design and Performance of Mining and Petroleum Fiscal Regimes in Latin America and the Caribbean: Survey of Current Practices, Lessons Learned and Best Practices*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0002578>

Deacon, R. T. (1993). Taxation, depletion, and welfare: A simulation study of the u.s. petroleum resource. *Journal of Environmental Economics and Management*, 24(2), 159–187. <https://doi.org/10.1006/jeem.1993.1011>

EY. (2020). Análisis comparado de carga tributaria en algunos países mineros. https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2021/03/01.06.2020_Actualizacion-Estudio-Comparado_Cargas-Tributarias_Consejo-Minero_VF.pdf

Fraser, R. (1998). An analysis of the relationship between uncertainty-reducing exploration and resource taxation. *Resources Policy*, 24(4), 199–205. [https://doi.org/10.1016/S0301-4207\(98\)00032-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4207(98)00032-4)

Garnaut, R., & Clunies Ross, A. (1975). Uncertainty, Risk Aversion and the Taxing of Natural Resource Projects. *Economic Journal*, 85(338), 272–287. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:ecj:econjl:v:85:y:1975:i:338:p:272-87>

Garnaut, R., & Clunies Ross, A. (1979). The Neutrality of the Resource Rent Tax. *Economic Record*, 55(3), 193–201. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1979.tb02221.x>

Jara, J. J., Lagos, G., & Tilton, J. E. (2008). Using exploration expenditures to assess the climate for mineral investment. *Resources Policy*, 33(4), 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2008.08.003>

Jorrat, M. (2021). Renta económica, régimen tributario y transparencia fiscal en la minería del cobre en Chile y el Perú. www.cepal.org/apps

Lange, I., & Redlinger, M. (2019). Effects of stricter environmental regulations on resource development. *Journal of Environmental Economics and Management*, 96, 60–87. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.04.006>

Leiva, B. (2020). Natural resource rent allocation, government quality, and concession design: The case of copper in Chile. *Resources Policy*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101748>

Lund, D. (2009). Rent Taxation for Nonrenewable Resources. *Annual Review of Resource Economics*, 1(1), 287–308. <https://doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144216>

Ostensson, O., Parsons, B., & Dodd, S. (2014). Comparative study of the mining tax regime for mineral exploitation in Kazakhstan Final Report. World Bank, Washington, DC. www.opml.co.uk

Otto, J., Andrews, C., Cawood, F., Doggett, M., Guj, P., Stermole, F., Stermole, J., & Tilton, J. (2006). *Mining Royalties A Global Study of Their Impact on Investors, Government, and Civil Society*.

Sturla, G., López, R., Accorsi, S., & Figueroa, E. (2018). La riqueza regalada a la gran minería del cobre en Chile: nuevas estimaciones, 2005-2014 | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *Revista CEPAL*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43463-la-riqueza-regalada-la-gran-mineria-cobre-chile-nuevas-estimaciones-2005-2014>

Tilton, J. E., & Guzmán, J. I. (2016). *Mineral Economics and Policy* (1st ed.). RFF Press.

Varian, H. (1992). *Microeconomic Analysis* (3rd ed.). W. W. Norton & Company. <https://wnorton.com/books/9780393957358>

7. ANEXOS

ANEXO A

El detalle de la modificación al IEAM se presenta en la siguiente tabla.

Tabla A.1
Cambio de Estructura del IEAM utilizado en las Alternativas 1 y 2.

Estructura actual			Estructura propuesta		
Margen %		Marginal	Margen %		Marginal
0	35	5.0%	0	20	5.0%
35	40	8.0%	20	25	8.0%
40	45	10.5%	25	30	11.0%
45	50	13.0%	30	35	14.5%
50	55	15.5%	35	40	18.0%
55	60	18.0%	40	45	21.5%
60	65	21.0%	45	50	25.5%
65	70	24.0%	50	55	29.5%
70	75	27.5%	55		34.0%
75	80	31.0%			
80	85	34.5%			
85		34.5%			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B

El presente anexo detalla la metodología de estimación para la relación dinámica entre precios del cobre y costos operacionales de las principales empresas privadas GMP-10 y CODELCO entre 2005 y 2019.

Tabla B.1
Criterios de información en función del número de rezagos para modelos de relación dinámica entre precios y costos.

Número de rezagos	AICc	BIC
0	-32.36	4.31
1	-30.91	8.36
2	-32.09	9.74
3	-29.66	14.69
4	-42.21	4.63
5	-42.87	6.42
6	-40.47	11.23
7	-40.53	13.53
8	-38.75	17.65

Fuente: Elaboración propia.

Según el criterio AICc (corregido para muestras pequeñas), el modelo preferido contiene 5 rezagos, pero muy cercano al modelo con 4 rezagos. EL criterio BIC castiga más fuertemente la inclusión de parámetros por lo que da preferencia al modelo sin rezagos, pero seguido muy cercanamente por el de 4 rezagos. Considerando ambos criterios y las condiciones de la función de producción minera, se presentan los resultados de la regresión considerando 4 y 5 parámetros en la siguiente tabla.

Tabla B.2
Impacto del precio del cobre en los costos operacionales
de la minería del cobre en Chile.

	Cambio en costos			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Contemporáneo	-0.020 (0.057)	-0.020 (0.058)	0.003 (0.057)	0.003 (0.058)
Rezago 1	0.103* (0.053)	0.103* (0.053)	0.083 (0.052)	0.083 (0.053)
Rezago 2	0.079 (0.055)	0.080 (0.056)	0.114** (0.054)	0.113** (0.056)
Rezago 3	-0.048 (0.065)	-0.049 (0.068)	-0.057 (0.065)	-0.057 (0.068)
Rezago 4	0.217*** (0.058)	0.216*** (0.057)	0.187*** (0.057)	0.187*** (0.056)
Rezago 5			0.102** (0.052)	0.102** (0.052)
Efectos fijos	No	Si	No	Si
N	152	152	152	152
R ²	0.123	0.271	0.287	0.141
F Statistic	4.094*** (df = 5; 146)	3.166*** (df = 16; 136)	3.193*** (df = 17; 135)	3.966*** (df = 6; 145)

* p < .1; ** p < .05; *** p < .01

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados anteriores indican que los rezagos son conjuntamente significativos. Estos valores son estables al controlar por efectos fijos de cada empresa. Además, la suma de los coeficientes permite estimar la elasticidad de largo plazo de un cambio en el precio sobre los costos. En el caso de incluir cuatro rezagos, la elasticidad de largo plazo es de 0.33, mientras que para cinco rezagos el efecto acumulado es de 0.43. Considerando lo indicado por los criterios de información se opta por utilizar la elasticidad de 0.33 para el análisis de sensibilidad.