



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

**DIFERENCIACIÓN DE PRODUCTOS EN LA INDUSTRIA MINERA DEL COBRE EN
BASE A INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

JOSÉ IGNACIO RECABARREN PERALTA

PROFESOR GUÍA:
EMILIO CASTILLO DINTRANS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ANDREINA GARCÍA GONZÁLEZ
JORGE CANTALLOPTS ARAYA

SANTIAGO DE CHILE
2022

DIFERENCIACIÓN DE PRODUCTOS EN LA INDUSTRIA MINERA DEL COBRE EN BASE A INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

La optimización de los procesos mineros es una de las formas de lograr una ventaja competitiva, dado que genera una reducción de los costos y por consiguiente aumenta la competitividad. En la actualidad, están surgiendo nuevas variables no operacionales (sociales, económicas, políticas, ambientales, etc) que están tomando relevancia para el proceso de producción de los metales. Esto se debe principalmente a la transición energética hacia energías renovables, que requiere una alta e intensiva demanda de minerales, nuevos estándares o procesos de certificación como “The Copper Mark” o IRMA. En este contexto, es de interés poder aprovechar la información de los reportes de sostenibilidad, que permiten abrir una ventana de análisis a la capacidad de diferenciar commodities minerales.

El objetivo principal de este trabajo es analizar el potencial de diferenciación en productos mineros de cobre en base a los reportes de sostenibilidad que son emitidos por las empresas mineras e indicadores de desarrollo sostenible. El enfoque metodológico incluye estudiar la literatura sobre la diferenciación de los commodities mineros y maneras de representar la sostenibilidad en base a indicadores que son informados por las empresas mineras en sus reportes de sostenibilidad y otras fuentes públicas. Luego, se realiza una propuesta de indicadores sociales, económicos, gobernanza y ambientales que posibiliten un análisis comparativo en la industria minera, para finalmente aplicar un estudio de caso a la minería del cobre a nivel mundial.

A partir de la revisión de los últimos 10 años de reportabilidad de información en temáticas ambientales tales como, las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 eq) y la extracción de agua, se obtiene que solo desde el año 2017 las empresas productoras de cobre presentan un nivel de reportabilidad mínimo aceptable para realizar análisis generalizados. Además, existe una cantidad que no es despreciable de empresas que reportan su información ambiental a nivel de empresa y no diferenciándola por sus distintas operaciones y/o commodities dificultando la diferenciación de estos por el nivel de detalle de la información. Los indicadores ambientales que están a nivel local poseen una diferenciación mayor que los indicadores sociales, económicos y de gobernanza que se encuentran a escala país, dado que estos últimos pierden la heterogeneidad de los datos. El indicador ambiental que produce la mayor diferenciación es la intensidad de extracción de agua continental con un coeficiente de variación en promedio de 0.8. El promedio ponderado para cada uno de los indicadores ambientales, permite diferenciar y/o clasificar faenas o países como sustentables/eficientes, marcando ventajas competitivas en la diferenciación.

Finalmente, al considerar la sostenibilidad como un esfuerzo combinado entre indicadores: ambientales, sociales, económicos y de gobernanza, es posible clasificar faenas como sustentables, eficientes o con mejor rendimiento, generando una diferenciación entre estas. En particular, Chile posee un potencial de diferenciación y ventaja competitiva con la utilización de un indicador global.

Agradecimientos

Primero que todo, quiero agradecer a mi familia por apoyarme durante todo el transcurso de mi vida, en particular en estos 7 largos años de buenos y malos momentos. Un especial agradecimiento a mi madre por escucharme, aconsejarme, por estar siempre ahí y seguir ayudándome hasta el día de hoy, y a mi padre por siempre preocuparse y las risas con cada ocurrencia. También a mis tías Luti y Ariela por siempre acordarse de mí, su cariño y que siempre me reciben con las brazos abiertos. Igualmente a Peralta, que ya no está físicamente con nosotros pero siempre se le recuerda por sus enseñanzas, charlas, chistes y en particular por decir las cosas de frente, que si bien la forma de expresar su cariño era de forma distinta siempre se le recordara por ser un buen abuelo. Siempre recordaré la última frase que me dijo cuando entre a la universidad: “Que te vaya súper bien y se siempre así, nunca te pongas lesa”. Igualmente a mi abuelita Estela por tenerme siempre presente en sus oraciones.

Quiero también extender este agradecimiento, a mis amigos del colegio Verita y Manzana por las risas, juegos, conversaciones (en muchos casos sin sentido) y tantas cosas que no puedo expresar que hicieron que cada día en el colegio fuera diferente con grandes recuerdos. A pesar de las distancias y que las juntas se han hecho cada vez más difíciles siempre tendrán un espacio en mi corazón.

A toda la gente de la universidad, con los cuales compartí durante las clases, almuerzo y horas de estudio: Benja, Agustín, Pablo, Godoy, Felipito y mucha gente que es probable que este olvidando. También a Don Yeyo por ser buen amigo, apañador, preocupado por la gente que lo rodea y también por cuidar a tortuguín. A mis amigos de la carrera con los cuales pasamos las penurias y largas noches en los ramos: Nico, Lucas, Brandon y Made. También a los grupos de proyecto durante la pandemia “Proyecto de los brigidos” y “El brigido y los demás (célebre frase “A mis enemigos”)” por los divertidos momentos a lo largo de los semestres.

A los miembros de mi comisión examinadora Jorge Cantallopts, Andreina García y especialmente a Emilio Castillo por hacer posible este trabajo, con sus comentarios, recomendaciones y ayuda a lo largo de todo este proceso, que me dejó grandes aprendizajes para mi futura vida laboral.

Un abrazo grande y muchas gracias a todas las personas que han formado y forman parte de mi vida.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos	2
1.4. Alcances	2
2. Estado del Arte	3
2.1. Estrategias de Porter	3
2.1.1. Diferenciación	3
2.1.2. Segmentación o enfoque	3
2.1.3. Liderazgo en costos	4
2.2. Diferenciación de commodities	4
2.2.1. Diamante	4
2.2.2. Tanzanita	4
2.2.3. Descomoditización en hidrocarburos	5
2.3. Etiquetado verde	5
2.4. Estándares e indicadores de sostenibilidad	8
2.4.1. Análisis de ciclo de vida y economía circular	8
2.4.2. Reportabilidad/estandarización	10
3. Metodología	15
3.1. Análisis y recopilación de información	15
3.1.1. Países y faenas con la mayor producción de cobre a nivel mundial	15
3.1.2. Participación de las empresas mineras	15
3.1.3. Selección de empresas mineras y países	16
3.2. Indicadores de sostenibilidad	16
3.2.1. Propuesta de indicadores	17
3.2.1.1. Indicadores ambientales	17
3.2.1.2. Indicadores sociales, económicos y de gobernanza	18
3.2.2. Agrupamiento de indicadores	18
3.3. Recolección de datos	18
3.3.1. Normalización	19
4. Resultados y discusiones	21
4.1. Países y empresas mineras seleccionadas	21
4.2. Propuesta de indicadores	22
4.2.1. Indicadores ambientales	22
4.2.2. Indicadores sociales, económicos y de gobernanza	24

4.2.2.1.	Indicadores Sociales	25
4.2.2.2.	Indicadores Económicos	25
4.2.2.3.	Indicadores de Gobernanza	26
4.2.2.4.	Reportabilidad de los indicadores	26
4.2.3.	Agrupamiento de indicadores	30
4.3.	Estudio de caso de la minería del cobre a nivel mundial	31
4.3.1.	Intensidad de emisiones	32
4.3.2.	Intensidad de extracción de agua	36
4.3.2.1.	Intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar)	36
4.3.2.2.	Intensidad de extracción de agua (continental)	39
4.3.3.	Diferenciación entre los 3 indicadores ambientales	42
4.3.4.	Indicadores sociales, económicos y de gobernanza	42
4.3.5.	Indicador global	46
5.	Conclusiones	48
	Bibliografía	50
	Anexos	56
A.	Valores máximos y mínimos a nivel mundial de los indicadores sociales, económicos y de gobernanza	56
B.	Indicadores positivos o negativos	59
C.	Factores de emisión	60
D.	Indicadores sociales, económicos y de gobernanza por ODS	61
D.1.	América	61
D.2.	Europa	62
D.3.	Asia	63
D.4.	África	64
D.5.	Euroasiáticos y Oceanía	65
E.	Indicador global con extracción de agua (continental + agua de mar)	66
F.	Indicador global por país	67

Índice de Tablas

2.1.	Marco de indicadores de sostenibilidad (Azapagic, 2004), elaboración adaptada . . .	11
2.2.	Indicadores cubiertos en los informes de sostenibilidad de las empresas del petróleo/- gas y empresas mineras (Perdeli Demirkan et al., 2021)	14
4.1.	Empresas mineras seleccionadas para el estudio	22
4.2.	Propuesta de indicadores sociales	25
4.3.	Propuesta de indicadores económicos	26
4.4.	Propuesta de indicadores de gobernanza	26
4.5.	Distribución de países por continente	27
4.6.	Resumen estadísticas básicas de los indicadores emisiones y extracción de agua . . .	31
4.7.	Coefficiente de variación de los indicadores ambientales	42
A.1.	Valores máximo y mínimos Indicador 1.1 al Indicador 4.3	56
A.2.	Valores máximo y mínimos Indicador 4.4 al Indicador 9.1	57
A.3.	Valores máximo y mínimos Indicador 9.2 al Indicador 16.8	58
B.1.	Clasificación de los indicadores sociales, económicos y de gobernanza en indicadores positivos o negativos	59
C.1.	Factores de emisión correspondiente a la electricidad por año	60
F.1.	Diferencia entre los indicadores globales	68

Índice de Ilustraciones

2.1.	Etiquetado utilizado en el estudio de Vanclay et al. (2011)	5
2.2.	Factores que influyen en la elección de productos ecológicos (Khan y Mohsin, 2017)	7
3.1.	Diagrama de flujo para la selección de países, faenas y empresas mineras	16
4.1.	Países seleccionados para el estudio	21
4.2.	Disponibilidad de información (emisiones)	23
4.3.	Disponibilidad de información (extracción de agua)	23
4.4.	Índice de reportabilidad por país considerando los 43 indicadores	27
4.5.	Índice de reportabilidad social por país	28
4.6.	Índice de reportabilidad económico por país	29
4.7.	Índice de reportabilidad de gobernanza por país	29
4.8.	Agrupamiento de indicadores	30
4.9.	Intensidad de emisiones según producción de cobre para los años 2017-2020	32
4.10.	Intensidad de emisiones para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020	33
4.11.	Proporción de emisiones de alcance 2 respecto a las emisiones totales	34
4.12.	Indicador de emisiones normalizado para los años 2017-2020	35
4.13.	Intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar) según producción de cobre para los años 2017-2020	36
4.14.	Intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar) para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020	37
4.15.	Indicador de extracción de agua (continental + agua de mar) normalizado para los años 2017-2020	38
4.16.	Intensidad de extracción de agua continental según producción de cobre para los años 2017-2020	39
4.17.	Intensidad de extracción de agua continental para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020	40
4.18.	Indicador de extracción de agua continental normalizado para los años 2017-2020	41
4.19.	Promedio indicadores sociales por país	43
4.20.	Promedio indicadores económicos por país	43
4.21.	Promedio indicadores de gobernanza por país	44
4.22.	Coefficiente de variación entre indicadores	45
4.23.	Indicador global normalizado según producción de cobre para los años 2017-2020	46
4.24.	Indicador global normalizado para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020	47
D.1.	Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de América	61
D.2.	Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de Europa	62
D.3.	Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de Asia	63
D.4.	Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de África	64

D.5.	Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de Oceanía y Euro-asiáticos	65
E.1.	Indicador global normalizado incluyendo extracción de agua (continental + agua de mar) según producción de cobre para los años 2017-2020	66
E.2.	Indicador global normalizado incluyendo extracción de agua (continental + agua de mar) para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020	66
F.1.	Indicador global normalizado por país según producción de cobre del año 2020	67

Índice de Ecuaciones

2.1.	Ecuación 2.1: Índice de cobertura (%)	14
3.1.	Ecuación 3.1: Estimación para indicadores que no se reportan de Enero a Diciembre .	19
3.2.	Ecuación 3.2: Indicador positivo normalizado	20
3.3.	Ecuación 3.3: Indicador negativo normalizado	20

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto

La industria minera constantemente ha planteado la reducción de costos como estrategia para lograr una ventaja competitiva frente a sus competidores, puesto que al no controlar el precio de venta de sus productos, la optimización de sus procesos es una forma de obtener una reducción de costos para poder alcanzar la competitividad (Mohamed et al., 2019; Torries, 1988). Esta estrategia es consistente con el liderazgo en costos, una de las 3 estrategias genéricas para la competitividad (Porter, 1998).

Actualmente, dada la mala gestión previa de los riesgos ESG, se han originado presiones ambientales y sociales en regiones de recursos minerales, donde la producción futura de metales de transición como el litio, cobre, hierro, entre otros, se enfrentan a una doble tensión: por un lado se tiene una mayor demanda para respaldar la transición pero también una mayor preocupación debido a los impactos adversos en las ubicaciones con riesgos ESG (Lèbre et al., 2020), es decir, nuevas variables no operacionales están tomando relevancia en el proceso productivo de los metales, como lo son: aspectos sociales, medioambientales, políticos, etc. En el caso de Chile, ejemplos de lo anteriormente mencionado son la Política Nacional Minera 2050 que es una política que busca potenciar a la minería a un desarrollo sostenible y que se sustenta en cuatro pilares: Sostenibilidad económica, ambiental, social y de gobernanza (Ministerio de Minería, 2020) o la venta de cobre neutro en carbono por parte de la empresa BHP (BHP, 2021). De este modo es probable que en un futuro estas nuevas variables sean valorizadas en el mercado y no solo tome relevancia tener una ventaja competitiva en costos, en donde los metales posean una capacidad de diferenciación.

En el ámbito financiero, la Bolsa de Metales de Londres (LME) está intentando establecer requisitos de abastecimiento responsable a sus marcas listadas, que se basan en cuatro principios: transparencia y normas, no discriminación entre minería a gran escala y la artesanal/pequeña minería, trabajo bien establecido en el sector y proceso pragmático y claro (LME, 2019). Adicionalmente, el Banco Mundial como contribución, está aportando con fondos para lograr una explotación de minerales que sean climáticamente sostenibles (Hund et al., 2020).

Es así que cada vez surgen nuevos estándares o nuevas formas de certificar los metales, por ejemplo, “The Copper Mark” es un sistema de aseguramiento que verifica a las mineras que cuentan con una producción responsable de cobre (The Copper Mark, 2021). Por otro lado, se encuentra IRMA que es un estándar internacional que certifica tanto el desempeño ambiental como social que tie-

nen los sitios mineros a nivel mundial (IRMA, 2018). De este modo procesos de certificación como “The Copper Mark”, los nuevos sistemas de clasificación de peligros basados en el GHS (principalmente en concentrados de cobre) darán lugar a diferenciación de productos y los análisis de ciclo de vida, en especial, la huella de carbono, promoverán criterios de diferenciación de productos por el aumento en la preocupación por el cambio climático (Torres, 2022).

Lo anterior, se enmarca en la transición energética hacia energías renovables, que tiene como consecuencia una muy alta e intensiva demanda de minerales (Bazilian, 2018; IEA, 2021), en el caso de Chile el litio podría llegar a tener un aumento de su producción en casi un 500% para suplir la demanda de las tecnologías renovables y en menor medida en el caso del cobre (Hund et al., 2020), esto dado el interés actual en el uso de las energías renovables como lo son la eólica, solar y la electromovilidad (IEA, 2021). Es por esto, que es necesario generar una minería responsable y transparente dada la gran cantidad de demanda de metales necesarios para la transición energética, con especial atención en los Estados frágiles ricos en minerales (Church y Crawford, 2020).

Frente a la creciente demanda por mayor información sobre el proceso de producción minera, los reportes de sostenibilidad que generan las empresas se vuelven un insumo especial para analizar la capacidad de diferenciación de los commodities mineros, dado que abarcan diferentes temáticas e indicadores de características ambientales, sociales y económicas. Donde es necesario que estos informes contemplen una estandarización para ajustarse a las tendencias actuales, permitiendo lograr un potencial o posible diferenciación de los commodities mineros y en este caso en particular en productos mineros de cobre.

1.2. Objetivo general

Analizar el potencial de diferenciación en productos mineros de cobre en base a reportes de sostenibilidad e indicadores globales de desarrollo sostenible.

1.3. Objetivos específicos

1. Estudiar la diferenciación de los commodities mineros y analizar las oportunidades de diferenciación a través de conceptos relacionados al etiquetado verde.
2. Determinar maneras de representar la sostenibilidad en base a indicadores en la industria minera y de estandarización de información.
3. Realizar una propuesta de indicadores que permitan análisis comparativo en la industria minera.
4. Aplicar y ejemplificar la propuesta metodológica estudiando el caso de la minería del cobre a nivel mundial.

1.4. Alcances

- Los datos recogidos y utilizados provienen de información disponible públicamente por las empresas mineras e instituciones.
- El levantamiento de información abarca 10 años, que comprende los periodos del 2011 al 2020.

Capítulo 2

Estado del Arte

Este capítulo tiene como finalidad entregar una revisión crítica de la literatura disponible sobre los temas que se abordan en el desarrollo de la investigación, estos abarcan las estrategias de Porter, la diferenciación de commodities, el etiquetado verde y estándares e indicadores de sostenibilidad que se divide en dos grupos: el análisis de ciclo de vida y reportabilidad/estandarización.

2.1. Estrategias de Porter

En el ámbito de la oferta de productos, existen distintos modos en que los oferentes buscan lograr la maximización de sus utilidades. En Porter (1998) se definen tres tipos de estrategias genéricas que pueden utilizar las empresas para tener una ventaja competitiva respecto al resto de sus competidores, estas corresponden a la diferenciación, segmentación o enfoque y liderazgo en costos.

2.1.1. Diferenciación

Corresponde a un tipo de estrategia en el que la empresa pone su atención en presentar un producto o servicio a sus clientes que sea único dentro del mercado, con el fin de diferenciarse de sus competidores (Porter, 1998). Esta estrategia permite que las empresas puedan cobrar un precio más elevado por el producto o servicio prestado, dado que los clientes perciben el producto como único, por lo que es altamente probable que estén dispuestos a pagar un precio más alto, esto dependiendo de las características, calidad, innovación, entre otros que pueda aportar el producto o servicio (Porter, 1997). Ejemplo de este tipo de estrategia lo aplica Steinway & Sons que es una compañía de fabricación de pianos que se diferencia por su calidad, la innovación en su núcleo técnico y sus métodos de producción artesanales (Cattani et al., 2017).

2.1.2. Segmentación o enfoque

Esta estrategia radica en enfocarse en un determinado sector del mercado, grupo de clientes, lugar geográfico o gama de productos. La estrategia se basa en que la empresa sea capaz de ofrecer sus productos o servicios de manera más eficiente que sus competidores más grandes (Porter, 1998). Los minoristas usualmente utilizan este tipo de estrategia en su proceso de desarrollo de productos de marca privada, en los que analizan la demografía, tendencias y estilo de vida de su base de consumidores (Parrish, 2010).

2.1.3. Liderazgo en costos

Esta estrategia consiste en tener el costo más bajo del mercado para obtener una ventaja competitiva. Para lograr el liderazgo en costos se requiere a menudo una cuota de mercado elevada, un mejor acceso a las materias primas, una gran inversión de capital en equipos de última generación, entre otros (Porter, 1998). Dada las características de la minería en el mundo, que es una actividad que requiere muchos recursos, donde el producto a vender es una materia prima que es homogénea para todas las empresas, la ventaja competitiva se logra a través de la reducción de los costos en toda su cadena de valor (Mohamed et al., 2019; Torries, 1988).

2.2. Diferenciación de commodities

Varias industrias de commodities ya han avanzado en la descomoditización, estos abarcan el mercado de la agricultura, la pesca, los plásticos, entre otros (Andrén-Sandberg, 2018b). En el caso de la industria minera, los elementos para diferenciarse podrían estar ligados a características nacionalistas, impactos medioambientales de la producción como por ejemplo CO_2 por tonelada de mineral, minería a cielo abierto frente a minería subterránea, trato a los trabajadores, etc (Andrén-Sandberg, 2018a). Dado lo anterior, es posible lograr estas tendencias de diferenciación para los mercados del cobre, estaño, grava y piedra, en el que los sistemas de certificación, los análisis de ciclo de vida y los reportes de sostenibilidad jueguen un rol fundamental en la normativa para vender los productos (Acosta, 2011; Andrén-Sandberg, 2018a).

Ejemplos de diferenciación de commodities en la industria minera, han surgido principalmente por conflictos con grupos armados o que su producción estaba ligada a una violación de los derechos humanos, lo que permitió un cambio de la estrategia de liderazgo en costos a la de diferenciación, estos commodities son el diamante y la tanzanita, los que se explicitan a continuación.

2.2.1. Diamante

Generalmente los intentos de diferenciación se han desarrollado por motivos de conflictos sociales o políticos, un caso de esto son los “diamantes de sangre” o “diamantes de conflicto”, que como su nombre lo indica son aquellos diamantes que son obtenidos en zonas de guerra y por consecuencia financian grupos armados, los que estaban estrechamente relacionados con la guerras en Liberia, República Democrática del Congo, Sierra Leona, entre otras zonas geográficas del continente Africano (Grant y Taylor, 2004; Le Billon, 2006) . Para combatir este tráfico de diamantes se creó el Proceso Kimberley, el cual tenía como objetivo principal, dificultar el comercio de este tipos de diamantes, mediante dos principios fundamentales: que cada exportación o importación de diamantes en bruto cuente con un certificado del proceso Kimberley y que cada participante no comercie con países que no están en el proceso Kimberley (Wright, 2004). Es así como la tendencia de venta del diamante paso de ser una mercancía homogénea igual para todos los compradores, a un producto diferenciado, donde tanto el origen como sus distintas etapas del ciclo productivo importan en su respectiva venta, en el que la información sobre el producto, los procesos de certificación y las instituciones son el elemento diferenciador (Andrén-Sandberg, 2018b).

2.2.2. Tanzanita

Otro ejemplo lo constituye la tanzanita, que al igual que el diamante es una piedra preciosa. Después de los atentados del 11 de septiembre de 2001 en Estados Unidos, se calificó a la tanzanita como

“gema conflictiva”, estableciendo como consecuencia, una serie de medidas políticas con el fin de rehabilitar la industria de la tanzanita, una de las medidas corresponde al Protocolo de Tanzania de Tucson (Fisher y Childs, 2014; Schroeder, 2010). Es así como también la tanzanita sufrió cambios como commodity, debido nuevamente a temas de conflicto social-político, donde toma importancia el origen de este y hacia dónde van los fondos de su respectiva venta.

2.2.3. Descomoditización en hidrocarburos

En el estudio de Andrén-Sandberg (2018a) se menciona que el petróleo y los productos petrolíferos tienen un potencial o características para lograr la descomoditización. Una de las razones de por qué no ha ocurrido es por cómo está construida la industria del petróleo, donde es difícil rastrear la procedencia del insumo o asegurar que la gasolina que compra el consumidor procede de un determinado lugar. Es así como Andrén-Sandberg (2018a) sostiene que este problema es posible solucionarlo con sistemas de certificación similares a los de la electricidad o el gas ecológico, donde lo importante es el aporte global al sistema que se ve afectado.

2.3. Etiquetado verde

El etiquetado verde también conocido como etiquetado medioambiental, eco-etiquetado o green labeling son todas las actividades que permitan acreditar los productos de acuerdo con las normas medioambientales que pueda establecer la autoridad respectiva (Zhang et al., 2019). Esta tendencia se ha dado en productos como el pescado (Potts y Haward, 2007), forestales (Perera y Vlosky, 2006) y pinturas laca (Hemmelskamp y Brockmann, 1997) que forma parte de una gran cantidad de productos (textiles, papelería, construcción, entre otros) que son parte del “Blue Angel” de Alemania.

Actualmente, en la literatura no existen estudios detallados de aplicación de etiquetado verde en la industria minera, pero sí en productos de uso diario por los consumidores finales, los cuales pueden servir de base para el etiquetado verde en minería. En dichos estudios se ha asignado etiquetado a una serie de productos y se ha examinado el impacto que tienen en el mercado luego del etiquetado. En el trabajo de Vanclay et al. (2011) se etiquetaron 37 productos en los que se indicaba las emisiones de carbono de estos, donde los registros de la ventas se llevaron por alrededor de un periodo de 3 meses (correspondiente a la venta de 2,890 artículos). El etiquetado se realizaba mediante colores, en la Figura 2.1 se puede observar el etiquetado utilizado en el estudio de Vanclay et al. (2011), donde el verde representaba un producto que estaba por debajo de la media, el amarillo cerca de la media y el negro por sobre la media respecto a las emisiones de CO_2 incorporadas en los alimentos.

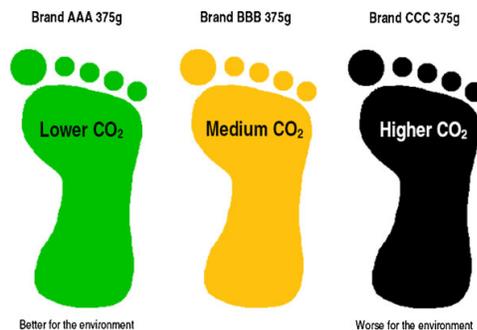


Figura 2.1: Etiquetado utilizado en el estudio de Vanclay et al. (2011)

Los resultados arrojaron que los productos que tenían un etiquetado de color negro vieron disminuidas sus ventas en un 6%, mientras que las de etiqueta verde aumentaron en un 4%. Por otro lado, los productos que contenían una etiqueta verde y además eran los que poseían los precios más baratos, el cambio de ventas de la etiqueta negra a la verde fue de un 20% (Vanclay et al., 2011). Esto demuestra que el proceso de etiquetado verde tiene un potencial para poder diferenciar productos y además aportar con la reducción de las emisiones de carbono.

En el trabajo de Rokka y Uusitalo (2008) se estudió el etiquetado verde pero desde otra perspectiva, en donde se observó la elección de los consumidores del envase ecológico en comparación con otros aspectos o características del producto. El producto seleccionado consistió en bebestibles, para lo cual se consideró una muestra de 330 consumidores. Los resultados mostraron que alrededor de un tercio de los consumidores se inclinaron por los envases que contenían un etiquetado ecológico como criterio fundamental para su elección, un 35% el precio, 17% el resellable y un 15% la marca (Rokka y Uusitalo, 2008), esto demuestra que existe una preocupación por conocer las características medioambientales a la hora de la elección de un determinado producto.

El estudio de Rokka y Uusitalo (2008) se complementa con lo realizado por Khan y Mohsin (2017), donde se identificaron los factores que influyen en el comportamiento a la hora de elegir productos ecológicos, analizando la teoría de los valores de consumo, el valor medioambiental y el comportamiento de elección del consumidor. Para lo cual Khan y Mohsin (2017) consideraron los siguientes factores propuestos por Sheth et al. (1991).

- Valor funcional: Mide la percepción que tiene el consumidor de un producto en términos de su precio, calidad, seguridad, entre otros. Corresponde al valor que obtiene de su rendimiento utilitario, funcional o físico. En el caso del valor funcional, este se dividió en dos dimensiones: precio y calidad, tal como fue propuesto por Sweeney y Soutar (2001).
- Valor social: Mide la utilidad percibida de un producto o servicio que está asociado a grupos sociales, demográficos, socioeconómicos o culturales.
- Valor emocional: Mide la utilidad que es percibida, que los consumidores asocian con la capacidad de un producto o servicio para despertar sentimientos o estados afectivos.
- Valor condicional: Es la utilidad que se percibe por una determinada situación o condiciones.
- Valor epistémico: Es la utilidad que es percibida. que los consumidores obtienen, a causa de la capacidad del producto o servicio para despertar la curiosidad o aportar una novedad.

También se consideró el valor medioambiental que mide la postura del consumidor antes cuestiones medioambientales como por ejemplo contaminación, emisiones de gases tóxicos, entre otros (Kim y Choi, 2005). En la Figura 2.2 se observan los resultados de la encuesta a 260 personas (Khan y Mohsin, 2017).

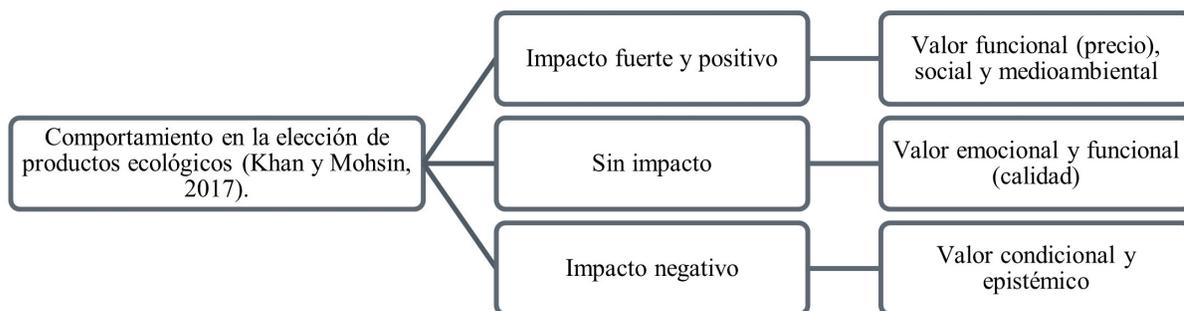


Figura 2.2: Factores que influyen en la elección de productos ecológicos (Khan y Mohsin, 2017)

De la Figura 2.2, se determinó que el valor funcional (precio), social y medioambiental son lo que tuvieron un impacto fuerte y positivo en el comportamiento de elección de productos ecológicos. Por otro parte, lo correspondiente al valor emocional y funcional (calidad) no tuvieron impacto y el valor condicional y epistémico tuvieron un efecto negativo.

El etiquetado verde además de permitir establecer la calidad que tiene un producto o sus características medioambientales, posee tres efectos positivos que se mencionan en el trabajo de Zhang et al. (2019).

1. Permite proteger eficazmente el medioambiente, dado que el etiquetado verde ayuda a disminuir las emisiones de sustancias nocivas que provienen del proceso de producción.
2. Los gobiernos y las instituciones promueven más productos con el etiquetado verde.
3. El etiquetado verde puede crear un valor estratégico e innovador para las empresas, permitiendo diferenciar sus productos de la competencia.

El último punto mencionado por Zhang et al. (2019) es especialmente importante, dado que abre la posibilidad de utilizar los conceptos relacionados al etiquetado verde y aplicarlos a los commodities mineros para lograr la diferenciación de estos.

Respecto a la revisión sobre la diferenciación en productos de consumo final se indica que existe un espacio de diferenciación en base a criterios de producción responsable para los minerales. Sin embargo, el impacto en términos de valor podría ser relativamente marginal, dado que en productos de mayor elasticidad precio de la demanda, se generan espacios de 10% de valor en ventas, +4%/-6% respecto al valor medio (Vanclay et al., 2011), por lo cual es esperable que esto constituya una cota superior para minerales que poseen demandas altamente inelásticas (Tilton y Guzmán, 2016).

2.4. Estándares e indicadores de sostenibilidad

2.4.1. Análisis de ciclo de vida y economía circular

El análisis de ciclo de vida (*life cycle assessment* (LCA)) es una herramienta que permita evaluar de manera cuantitativa los impactos ambientales, aunque también puede incluir los impactos sociales y económicos de un producto o servicio a través de toda la cadena productiva (extracción, procesamiento, distribución, venta, tratamiento de residuos) (Hauschild et al., 2018), con una valiosa oportunidad de utilizar los modelos LCA para evaluar las futuras opciones energéticas y tecnológicas en el sector minero (Memary et al., 2012). Por otro lado, la economía circular se puede definir como un modelo económico donde el producto no es desechado si no que se reduce, reutiliza, recicla y existe una recuperación de materiales en los procesos respectivos de producción, distribución y consumo, con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible (Kirchherr et al., 2017).

Uno de los problemas o limitantes de los análisis de ciclo de vida lo señalaron Awuah-Offei y Adekpedjou (2011), los cuales exhibieron que existe un número limitado de estudios publicados de análisis de ciclo de vida en minería, que se puede deber principalmente a una falta de pensamiento de ciclo de vida en la industria minera. Además, Memary et al. (2012) indicó que los resultados del análisis de ciclo de vida denotan una importancia de tener en cuenta los parámetros que varían con el tiempo, en el que es necesario que los informes de sostenibilidad sean publicados a intervalos regulares para facilitar la medición y el desarrollo de un LCA de las actividades mineras para la producción de cobre (Northey et al., 2013). Farjana et al. (2019) analizó las evaluaciones de impacto ambiental de las industria mineras y de procesamiento de minerales del aluminio, cobre, carbón, oro, hierro, níquel, entre otros, mediante el análisis de ciclo de vida. Los resultados mostraron que los indicadores tanto de evaluación de la salud humana y de los ecosistema son factores que son escasos en la mayoría de los estudios (Farjana et al., 2019). Farjana et al. (2019) menciona cuatro limitaciones y recomendaciones para el análisis de ciclo de vida que se enumeran a continuación.

1. Contar con el desarrollo de un método global de LCA que sea aplicable independientemente de la región geográfica de la empresa minera.
2. Desarrollo de una técnica de asignación agregada para la co-producción de metales.
3. La mayoría de las industrias metalúrgicas carecen de un estudio LCA completos.
4. Disponer de una base de datos específica que este centrada en los conjuntos de datos del inventario de ciclo de vida de las industrias mineras.

Dado lo anterior expuesto por Farjana et al. (2019), Segura-Salazar et al. (2019) realizaron una revisión de veintinueve estudios de análisis de ciclo de vida en productos como: hierro, uranio, cobre, oro, carbón, áridos, entre otros. De estos productos los que más se reiteraban era el carbón con un 28 %, seguido de los áridos con un 21 % y finalmente el cobre con un 14 %. La categoría de impacto que fue abordada con una mayor constancia es el cambio climático (también nombrada Potencial de calentamiento global, Gases de efecto invernadero-GHG) con más de un 90 % de inclusión dentro de los estudios de análisis de ciclo de vida, mientras que los impactos que están asociados al uso de agua y la gestión de residuos son los menos recurrentes (Segura-Salazar et al., 2019).

Cabe destacar que además es posible desprender de los estudios tanto de Farjana et al. (2019) como de Segura-Salazar et al. (2019) que los análisis de ciclo de vida están enfocados en su mayoría

más en commodities particulares, dado que por ejemplo, Farjana et al. (2019) consideró un total de cuarenta artículos que abarcaban dieciséis procesos mineros: aluminio (3 artículos), cobre (5 artículos), carbón (4 artículos), oro (4 artículos), hierro (7 artículos), tierras raras (2 artículos), uranio (4 artículos), zinc (3 artículos), níquel (4 artículos), carburo cementado (1 artículo), ferroaleación (1 artículo), manganeso (1 artículo), óxido de magnesio (1 artículo) y los óxidos de titanio (1 artículo), donde algunos si incluían un análisis de ciclo de vida para más commodities, en particular Haque y Norgate (2014) realizaron un análisis de ciclo de vida para estimar la huella de gases de efecto invernadero de la lixiviación in-situ para el uranio, oro y cobre. Mientras que Segura-Salazar et al. (2019) de sus veintinueve estudios incluyó uranio (1 artículo), piedra caliza (1 artículo), hierro (1 artículo), yeso (1 artículo), oro (1 artículo), arena de sílice (2 artículos), no especificado (2 artículos), varios minerales (2 artículos), cobre (4 artículos), áridos (6 artículos) y carbón (8 artículos), donde Segura-Salazar et al. (2019) mencionó que la mayoría de los estudios se centran en un recurso mineral específico.

Además del análisis del ciclo de vida también es posible desarrollar el análisis de ciclo de vida social (*social life cycle assessment* (S-LCA)), el S-LCA es una herramienta de evaluación del impacto social (y del impacto potencial) que tiene como objetivo principal evaluar los aspectos sociales y socio-económicos de los productos, incluyendo además posibles impactos tanto positivos como negativos a lo largo de su ciclo de vida (Andrews et al., 2009). No obstante, la metodología del S-LCA aún se encuentra en desarrollo y todavía no existe un conjunto estandarizado de indicadores que permitan evaluar el desempeño social (Ayuk et al., 2020). Di Noi et al. (2020) investigó si la herramienta de S-LCA puede apoyar al abastecimiento responsable de materias primas en Europa, considerando las siguientes 6 industrias de materias primas.

1. Minas y canteras.
2. Fabricación de metales básicos.
3. Fabricación de productos minerales no metálicos.
4. Silvicultura y explotación forestal.
5. Fabricación de papel y productos de papel.
6. Fabricación de madera y productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y materiales de plantación.

Para la selección de indicadores Di Noi et al. (2020) se basó en el análisis RACER (Relevancia, Aceptación, Credibilidad, Facilidad, Robustez), lo cual llevó a una propuesta de 9 categorías de impacto social. Los resultados indicaron que la corrupción, el salario justo, la salud y seguridad y la libertad de asociación y negociación colectiva, fueron las categorías más significativas tanto en la Unión Europea como fuera de esta, en consecuencia, el S-LCA permite realizar un primer filtro de la sostenibilidad social, posibilitando identificar puntos de conflictos en las cadenas de suministro (Di Noi et al., 2020). Las principales limitaciones del estudio de Di Noi et al. (2020), es que solo se obtuvo una visión limitada de los resultados sociales del sector, esto dado que, los indicadores sociales que se consideraron como por ejemplo el trabajo infantil y la tasa de analfabetismo, sólo proporciona información a nivel nacional.

Adicionalmente, algunos de los principales desafíos que se presentan para el desarrollo de una economía circular, lo describe Gedam et al. (2021) que estudió la industria minera India, donde

se encontraron una falta de medidas claras de gobernanza, para lo cual medidas de gobernanza adecuadas en relación con los circuitos cerrados son vitales para el equilibrio sostenible en oferta y demanda. Otro análisis realizado en Estados Unidos, indica que la dinámica de la población es fundamental para la circularidad del cobre, en el que sus principales limitantes es la dependencia de las importaciones y la exportación de chatarra (Gorman y Dzombak, 2019). Además que se deben tener en cuenta las mediciones de la huella ambiental y que los indicadores de circularidad deban estar considerados en la evaluación de la sostenibilidad ambiental (Gorman y Dzombak, 2019).

En resumen, de la definición de Hauschild et al. (2018) se destaca, que el análisis de ciclo de vida se origina para tener un visión sistemática de los impactos en la cadena de suministro de un producto en particular y esto va de la mano con el etiquetado verde, dado que Zhang et al. (2019) lo define como todas la actividades que permitan acreditar a un cierto producto de acuerdo a ciertas normas o reglas que defina la respectiva autoridad, por lo tanto el análisis de ciclo de vida puede apoyar como base al desarrollo del etiquetado verde o a las tendencias de los conceptos relacionados al etiquetado verde para la diferenciación de los commodities mineros. La dificultad radica en el número limitado de estudios que se han publicado sobre análisis de ciclo de vida en la minería (Awuah-Offei y Adekpedjou, 2011), que se complementa con lo mencionado por Farjana et al. (2019) que indica que en su gran mayoría las industrias metalúrgicas carecen de estudios LCA completos. Finalmente, el enfoque de este trabajo en la minería del cobre se justifica con el trabajo de Segura-Salazar et al. (2019) que destaca que la gran mayoría de los estudios se enfocan solo en minerales particulares.

2.4.2. Reportabilidad/estandarización

Los indicadores de sostenibilidad tienen como objetivo la medición del rendimiento social, medioambiental y económico de la industria minera, permitiendo evaluar el progreso de estos hacia el desarrollo sostenible (Azapagic y Perdan, 2000). Los indicadores de sostenibilidad son incluidos dentro de los informes de sostenibilidad que reportan las empresas mineras cada ciertos periodos de tiempo, donde cabe destacar que para que exista cierta diferenciación de los commodities mineros se necesitan datos, procesos de certificación y estandarización, pero más importante indicadores, que son los que permiten cuantificar el grado de responsabilidad de las empresas.

En el trabajo de Azapagic (2004) se siguieron las conclusiones de The Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) que consiste en un proyecto que buscó analizar como el sector minero y los minerales podía contribuir a la transición global hacia un desarrollo sostenible. Dado lo anterior, Azapagic (2004) estableció un marco de indicadores de sostenibilidad para los minerales metálicos, construcción e industriales, abarcando indicadores económicos, medioambientales, sociales e integrados, pudiendo ser utilizados para la elaboración de los informes de sostenibilidad. Además fue uno de los primeros intentos por estandarizar los informes de la empresas, al ser compatible con los indicadores que propone la Global Reporting Initiative (GRI). En la Tabla 2.1 se observan los indicadores propuestos (Azapagic, 2004).

Tabla 2.1: Marco de indicadores de sostenibilidad (Azapagic, 2004), elaboración adaptada

Indicadores			
Económico	Medio ambiente	Social	
Productos	Recursos minerales	Prácticas laborales y trabajo decente	Empleo
Clientes	Uso de la tierra		Relaciones laborales y patronales
Proveedores y contratistas	Materiales		Salud y seguridad
Empleados	Agua		Formación y educación
Proveedor de capital	Energía		Proveedores y contratistas
Comunidades locales	Cierra y rehabilitación		No discriminación, diversidad y oportunidades
Sector público	Biodiversidad	Derechos humanos	Estrategia y gestión
	Emisiones a la atmósfera		Libertad de asociación
	Efluentes líquidos		Trabajo infantil
	Residuos sólidos		Trabajo forzoso
	Molestias		Derechos de los indígenas
	Cumplimiento y actividades voluntarias	Sociedad	Comunidades locales
	Transporte y logística		Participación de las partes interesadas
	Proveedores y contratistas		Soborno y corrupción
	Productos		Contribuciones políticas y grupos de presión
		Responsabilidad de los productos	Salud y seguridad de los clientes
			Productos

Los indicadores de sostenibilidad mostrados en la Tabla 2.1 corresponde a una categoría de indicadores, donde cada uno de ellos contiene una sub-categoría con indicadores más detallados por ejemplo en Medio ambiente, en la categoría de indicador Recursos minerales, este contiene 4 indicadores que se muestran a continuación (Azapagic, 2004):

- Desglose de la cantidad extraída de cada recurso primario vendible (ton/año).
- Total de residuos extraídos (material no vendible, incluida la sobrecarga) (ton/año).
- Rendimiento total del producto como porcentaje de la cantidad de productos vendibles en relación con la cantidad de total de material extraído (%).
- Porcentaje de cada recurso extraído en relación con la cantidad total de reservas permitidas de ese recurso (%/año).

Cabe señalar que el marco de indicadores propuestos por Azapagic (2004) es más adecuado para la minería a gran escala, en el caso de la mediana y pequeña minería es necesario un marco de indicadores de sostenibilidad más simplificado.

Poveda (2014) desarrolló una metodología para la preselección de indicadores de desarrollo sostenible con aplicación a la minería a cielo abierto, con el objetivo de ayudar hacia un proceso formal de decisiones multicriterio. Los principales obstáculos en el desarrollo de las metodologías de preselección son descritos por Poveda (2014) y se enuncian a continuación.

1. Existe una falta de indicadores de desarrollo sostenible en determinados recursos para proyectos específicos, como consecuencia la aplicación de los indicadores y las expectativas de las partes interesadas (stakeholders) son una prioridad en el proceso de preselección.
2. Las empresas, proyectos y comunidades tienen necesidades únicas.
3. Establecer algunos indicadores en una categoría específica es difícil.

Además, Poveda (2014) mencionó que sigue existiendo la idea de agrupar la sostenibilidad exclusivamente al pilar o categoría medioambiental. De este modo, el proceso de preselección no es solo para realizar una correcta selección del conjunto final de indicadores, sino que también apoya en la decisión de cómo expresar los indicadores en una escala de medición similar, donde cada indicador puede tener una unidad de medida distinta, pero el resultado o rendimiento global del desarrollo sostenible tiene que estar reducido a un único valor de evaluación (Poveda, 2014).

A pesar de que hay estudios sobre el desarrollo de indicadores para la industria minera y de procesamiento de minerales, los cuales pueden ayudar a estandarizar los informes de las empresas, como lo son los trabajos de Azapagic (2004) y Poveda (2014), no se abordan temáticas o problemas relacionadas con las áreas protegidas, considerando además los sitios NATURA 2000, que corresponden a una red de áreas de protección de la biodiversidad de la Unión Europea (Marnika et al., 2015). Marnika et al. (2015) formuló y propuso 36 indicadores, que se apoyan en parámetros relacionados con las actividades mineras y de procesamiento de minerales, incluyendo las características de las áreas protegidas. A cada indicador, se le calculó su valor de importancia y se asignó en una escala de 0-5, donde Marnika et al. (2015) definió un valor de 0 a un indicador con riesgo nulo o despreciable mientras que un valor 5 a un indicador con una importancia extremadamente alta, además se evaluaron 12 escenarios que incluyen operaciones de minería subterránea, minería a cielo abierto y una combinación de ambas, considerando un procesamiento de minerales y un relleno que varía desde un 0 al 100% (Marnika et al., 2015).

Los resultados indicaron que la minería subterránea con un 100% de relleno de los residuos que se producen es el que tiene un menor impacto calculado y es el método de explotación a considerar como la mejor opción para proyectos mineros que se desarrollen en zonas de área protegidas (Marnika et al., 2015). La importancia del estudio de Marnika et al. (2015) radica en que proporciona un nuevo marco genérico de indicadores como el realizado por Azapagic (2004), pero enfocándose en incluir parámetros de las áreas protegidas y permitiendo la cuantificación del impacto global de determinados proyectos de minería o procesamiento de minerales en áreas protegidas.

Por otro lado, Fuentes et al. (2021) analizó un conjunto de indicadores de sostenibilidad ambiental que se utilizan en la evaluación de desempeño ambiental de los sistemas de producción de cobre, identificó 95 indicadores y los resultados arrojaron que los indicadores que se relacionan con el consumo de energía y agua, emisiones y residuos, impacto en la salud, impacto en el medio ambiente y cambio climático son los más utilizados o existe una gran variedad, pero se presentan una deficiencia con los indicadores asociados a la biodiversidad (Fuentes et al., 2021).

Los indicadores más utilizados que menciona Fuentes et al. (2021), son principalmente los pilares de diversos estudios para medir o evaluar la sostenibilidad ambiental. Por ejemplo, Northey et al. (2013) estimó la energía, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la huella hídrica (consumo de agua) de la producción de cobre primario de países como Australia, Chile, Perú, Argentina, Sudáfrica, etc. Las principales conclusiones de Northey et al. (2013) son que existen oportunidades de mejorar la información detallando el tipo de energía de cada etapa, además, el incluir los factores de emisión utilizados ayuda a mejorar la calidad de los informes sobre las emisiones de gases de efecto invernadero. Lagos et al. (2018) indica que en Chile posterior al año 2015 el consumo de energía eléctrica por tonelada de cobre debería crecer en la próxima década a un ritmo mucho menor que los anteriores quince años debido a la ralentización del descenso de la ley de mineral en las concentradoras, donde además se espera que las emisiones de gases de efecto in-

vernadero por tonelada de cobre tengan un descenso más pronunciado. En el estudio anteriormente mencionado, Lagos et al. (2018) estudió los efectos del envejecimiento de las minas en Chile en tres indicadores de la huella ambiental, los cuales son: Consumo de energía, consumo de agua y emisiones de gases de efecto invernadero. También la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) en sus diversos análisis, los principales indicadores utilizados para medir la sustentabilidad en la minería del cobre en Chile, son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), consumo de agua y energía (Cochilco, 2019).

Esto muestra la importancia que tienen los indicadores de sostenibilidad para evaluar o medir el impacto de la industria minera, en particular los informes de sostenibilidad tiene un gran valor para los sectores de la minería del cobre, donde sus datos se pueden vincular a los estudios de LCA, en el que es necesario que estos sean constantes y congruentes a lo largo del tiempo para poder realizar las evaluaciones con una mayor precisión sobre el estado de la industria minera (Northey et al., 2013).

Fonseca et al. (2014) analizó los diferentes informes de sostenibilidad que se basan en el marco de la Global Reporting Initiative (GRI) con el fin de encontrar cambios que se deberían considerar en estos informes para fomentar una información que sea más fiable y significativa sobre los resultados y progresos en materia de sostenibilidad. Los principales cambios o enfoques que propone Fonseca et al. (2014) se enumeran a continuación.

1. Visión orientadora: Sostenibilidad, respetando la necesidad de operar dentro de la capacidad de la biosfera.
2. Marco conceptual: Explícito, con base geográfica y a escala.
3. Evaluación de las compensaciones y sinergias dentro de los sistemas y entre ellos: Evaluada, justificada y explicada.
4. Alcance geográfico: Aplicado de lo local a lo global (informes o reportes a nivel de instalación, a nivel regional/nacional y a nivel global).
5. Orientación temporal: Retrospectiva y prospectiva, con técnicas de creación de escenarios o de previsión/retroalimentación, que permitan comprender los efectos heredados.
6. Tipos de indicadores: No integrado e integrados, atendiendo la presión, el estado y la respuesta, así como las relaciones entre ellos.
7. Divulgación de supuestos e incertidumbres: Completa, dado que el enfoque actual basado en GRI es muy limitado.

Siguiendo la línea anterior, las industrias mineras todavía tienen áreas por mejorar respecto a los indicadores de sostenibilidad que son incluidos en los reportes de sostenibilidad, Perdeli Dermirkan et al. (2021) en su trabajo examinó los indicadores de sostenibilidad utilizados en los informes de sostenibilidad de ocho empresas de petróleo/gas y ocho empresas mineras desde el año 2012 hasta el año 2018. Uno de sus resultados se explica a través del Índice de Cobertura (coverage Ratio), que se explicita en la Ecuación 2.1 (Perdeli Demirkan et al., 2021).

$$\sum_{n=1}^7 \frac{\text{Número total de indicadores divulgados por una empresa en el año } n}{\text{Número de indicadores en el conjunto correspondiente}} \quad (2.1)$$

Ecuación 2.1: Índice de cobertura (%)

En la Tabla 2.2 se puede observar el índice de cobertura para las empresas del petróleo/gas y las empresas mineras (Perdeli Demirkan et al., 2021).

Tabla 2.2: Indicadores cubiertos en los informes de sostenibilidad de las empresas del petróleo/gas y empresas mineras (Perdeli Demirkan et al., 2021)

Subconjunto de indicadores	Conjunto de indicadores		Empresas de petróleo y gas		Empresas mineras	
	Número total de indicadores	Número de indicadores cubiertos	Índice de cobertura	Número de indicadores cubiertos	Índice de cobertura	
Social	105	53	50 %	61	58 %	
Medio ambiente	87	32	37 %	41	47 %	
Económico	33	15	45 %	15	45 %	
Total	225	100	45 %	117	52 %	

De la Tabla 2.2 se observa que las empresas mineras cubren una mayor proporción de indicadores con un 52 % frente al 45 % de las empresas del petróleo y gas, en el que se encuentra para ambas empresas una mayor cantidad de indicadores cubiertos para la categoría social mientras que el medio ambiente y económico se encuentran debajo del 50 %. Los principales resultados del estudio de Pederli Demirkan et al. (2021) mostraron que las prácticas de información sobre sostenibilidad de las industrias extractivas no son coherentes a lo largo del tiempo, en el que las problemáticas internas están mejor desarrolladas que las externas, ejemplo de esto son los problemas cadena de suministros y el transporte, además que los detalles de información económica mostraron que existen diferencias significativas entre las dos industrias.

La revisión sobre la reportabilidad/estandarización indica que si bien han existido intentos para contribuir con la estandarización de estos informes como los son los trabajos de Azapagic (2004), Fonseca et al. (2014), Poveda (2014) y Marnika et al. (2015), no existe una clara estandarización de los reportes de sostenibilidad de las empresas mineras, dificultando las evaluaciones de ciclo de vida a realizar y también en el avance hacia una diferenciación de los commodities mineros. Esto se complementa con el trabajo de Pederli Demirkan et al. (2021) que menciona que no existe una consistencia de las prácticas de información sobre sostenibilidad en las industrias extractivas a lo largo del tiempo, donde la cantidad de indicadores que incluyan los reportes de sostenibilidad no es relevante, sino más bien el contenido de estos indicadores y la conexión con el desarrollo sostenible. Finalmente, en cuanto a los indicadores utilizados para evaluar la sostenibilidad ambiental en los estudios de Northey et al. (2013), Lagos et al. (2018), Cochilco (2019) y Fuentes et al. (2021), destacan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), consumo de agua y energía.

Capítulo 3

Metodología

Este capítulo tiene como finalidad entregar la metodología llevada a cabo para la realización de este trabajo. La construcción de esta metodología no solo se limita al caso de la minería del cobre sino que es posible replicarla para otros commodities.

Las diferentes etapas para el desarrollo del presente trabajo, se describen a continuación.

3.1. Análisis y recopilación de información

La primera parte de esta metodología, consiste en la búsqueda de información que va a permitir establecer y delimitar el área de estudio. Las actividades a desarrollar se enumeran a continuación.

1. Países y faenas con la mayor producción de cobre a nivel mundial.
2. Participación de las empresas mineras en las faenas.
3. Selección de empresas mineras y países para el desarrollo del estudio.

3.1.1. Países y faenas con la mayor producción de cobre a nivel mundial

Como su nombre lo indica este apartado implica revisar los países que presenten la mayor producción de cobre a nivel mundial, con tal de definir una primera lista de países a estudiar. Esta lista tiene que representar el 80 a 90% de la producción de cobre para contener una amplia gama de países a investigar.

Con los países ya establecidos, la segunda etapa consiste en revisar las faenas mineras que tienen la mayor producción de cobre en dichos países, de tal forma de poseer la mayor representatividad de la producción del país.

3.1.2. Participación de las empresas mineras

Al tener listadas las faenas con la mayor producción de cada país, se requiere conocer el desglose de la participación que tienen las empresas mineras en dichas faenas. Esto dado que, no siempre una empresa minera tiene el 100% de propiedad o participación sobre alguna de estas.

Conocer la distribución de la participación de las empresas mineras en las faenas, permite encontrar el operador de este. Puesto que es frecuente que la empresa que posee el mayor porcentaje de

participación sea el operador y como consecuencia lo reporte en su informe de sostenibilidad¹. En el caso que alguna faena posea una repartición igualitaria entre las empresas participantes, el reporte de sostenibilidad está a cargo del nombre de la misma faena. A este tipo de empresas se les conoce como Joint Venture que es una empresa conjunta entre dos o más participantes.

Un ejemplo de lo anteriormente mencionado es la mina Collahuasi, ubicada en la Región de Tarapacá, Chile, la cual posee una participación de Anglo American plc (44%), Glencore (44%) y Japan Collahuasi Resources B.V. (12%). En este caso, el reporte de sostenibilidad es publicado por la compañía minera Collahuasi.

3.1.3. Selección de empresas mineras y países

La última etapa abarca la selección de las empresas mineras que van a formar parte del estudio. Para ello se buscan los reportes de sostenibilidad, ESG (Enviromental, Social y Governance) o anuarios de estas empresas y se verifican si primero están disponibles públicamente (son accesibles) y contienen indicadores que permitan cuantificar su impacto, como lo son energía, extracción de agua, emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros. En el caso que no se cumplan los requisitos anteriores la empresa minera o en su defecto el país se elimina de la lista a investigar.

Una vez determinadas las empresas mineras que van a formar parte del estudio, se investiga en que países estas empresas operan (los países deben mantener una producción de cobre hasta el año 2020), dado que una gran cantidad de empresas mineras operan en distintos países. De esta forma se genera una recursividad, en el que los países definen las faenas, las faenas determinan las empresas mineras y finalmente las empresas definen los países, tal como se esquematiza en la Figura 3.1.

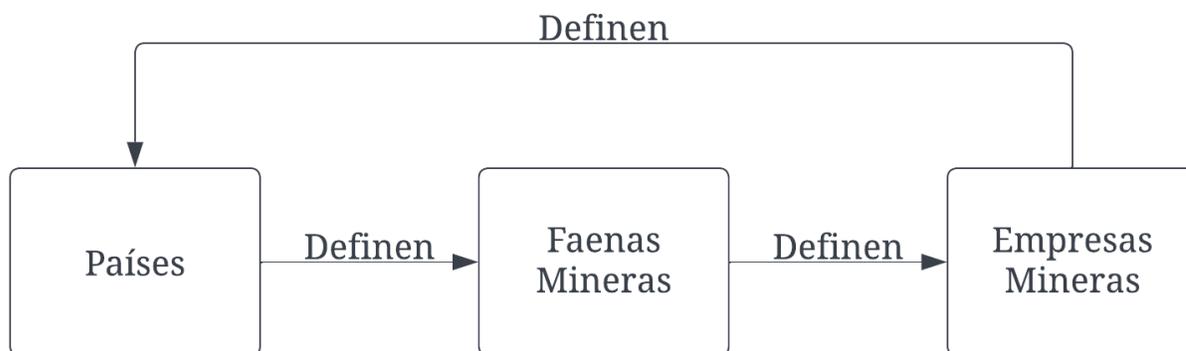


Figura 3.1: Diagrama de flujo para la selección de países, faenas y empresas mineras

3.2. Indicadores de sostenibilidad

Esta etapa consiste en investigar y posteriormente seleccionar los indicadores de sostenibilidad a utilizar en el estudio. Estos indicadores se encuentran en los reportes de sostenibilidad de las empresas e instituciones.

¹ Relevante para el levantamiento de datos a nivel de faena minera.

3.2.1. Propuesta de indicadores

Consiste en establecer los indicadores que se van a utilizar en el trabajo, los cuales se dividieron en dos grandes secciones: Uno para los indicadores locales que está compuesto por los indicadores ambientales y otro para los nacionales que incluye los indicadores sociales, económicos y de gobernanza. Los indicadores seleccionados tienen que permitir la realización de análisis comparativos y que sean representativos, es decir, que todas las empresas mineras estudiadas reporten en sus informes de sostenibilidad estos datos, para permitir las comparaciones entre estos.

3.2.1.1. Indicadores ambientales

Para la selección de los indicadores ambientales se utilizan los estudios desarrollados por Northey et al. (2013), Lagos et al. (2018), Cochilco (2019) y Fuentes et al. (2021), los cuales en sus diferentes trabajos mencionan los indicadores ambientales (emisiones y extracción de agua) relevantes en los reportes de sostenibilidad de las empresas mineras.

La siguiente actividad consiste en examinar la disponibilidad de información de estos para cada una de las empresas mineras seleccionadas. La disponibilidad de información se divide en tres categorías que se enumeran a continuación:

1. *Empresa*: El indicador seleccionado se reporta a nivel de empresa, es decir, no existe un desglose más detallado de sus actividades.
2. *Faena*: El indicador seleccionado se reporta a nivel de faena minera.
3. *No disponible*: El reporte de sostenibilidad no se encuentra disponible en la web o si existe el indicador no se reporta.

Cada uno de estos indicadores se tiene que revisar por año, con un rango de 10 años para tener un espectro más completo de la distribución de la información. El análisis de información se divide en dos partes para simplificar la recopilación de esta, las cuales se describen a continuación.

- La primera búsqueda consiste solo en examinar el año que se está revisando en el reporte de sostenibilidad, es decir, los datos históricos que pueda incluir el reporte no son relevantes en esta primera instancia. Posteriormente se realiza la categorización según si se reporta a nivel empresa, faena o no disponible.
- La segunda búsqueda toma como base los resultados de la búsqueda anterior. Se revisan los últimos años donde se reportó a nivel faena en una empresa dada, ya que es frecuente que las empresas mineras reporten datos históricos por lo que sea posible ampliar la disponibilidad de información a nivel faena. Este mismo proceso se repite a nivel empresa, lo que trae como consecuencia un aumento en la disponibilidad de información a nivel faena y empresa y una reducción en la no disponibilidad de información.

Con los resultados anteriores se establece el rango de años que se van a emplear en el estudio de caso, en base a dos criterios:

1. Las empresas reporten una mayor proporción de sus datos por faena que a nivel de empresa, para poder realizar un análisis con un nivel de detalle más local y con mayor precisión.
2. La no disponibilidad de información sea lo más cercana a cero en el rango de años seleccionado, para no poseer información incompleta y afecte los resultados del estudio.

3.2.1.2. Indicadores sociales, económicos y de gobernanza

Para la selección de estos indicadores se utilizan los estudios desarrollados por el International Council on Mining & Metals (ICMM, 2018, 2021), los cuales seleccionaron un conjunto de indicadores o métricas socioeconómicas para evaluar el progreso social en países que son dependientes de la minería, los cuales se agrupan en torno a los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). Estos indicadores provienen de distintas instituciones, tales como:

- World bank.
- FAO (Food and Agriculture Organization).
- WHO (World Health Organization).
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization).
- ILO (International Labour Organization).
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development).
- Freedom House.

La segunda etapa consiste en evaluar la posibilidad de disponer de estos indicadores a nivel regional o local para los países seleccionados en el *apartado 3.1.3*, dado que los indicadores que provienen de los estudios realizados por el ICMM están agrupados a nivel país.

3.2.2. Agrupamiento de indicadores

El agrupamiento de indicadores se realiza para ordenar los indicadores según si están disponibles a nivel local, regional o país y si son parte de las categorías ambientales, económicas, sociales o de gobernanza. Además permite asignar los ponderadores a cada una de estas categorías con el fin de calcular un indicador global para la realización de comparaciones entre las distintas faenas/países y analizar el potencial diferenciación en productos mineros de cobre.

3.3. Recolección de datos

La finalidad de esta etapa consiste en la recopilación de los datos para cada uno de los indicadores que se van a considerar en el estudio.

En el caso de los indicadores sociales, económicos y gobernanza la búsqueda de datos se realiza mediante las instituciones detalladas anteriormente (World bank, FAO, Freedom house, entre otros). Si un indicador no se encuentra reportado en algún periodo y país seleccionado, puesto que depende de diversos factores como divulgación de datos del país en cuestión, tiempo requerido para que las instituciones recolecten/estimen los indicadores, entre otros; no será considerado en dicho periodo y país estudiado, viéndose reflejado en la disponibilidad de información. Por otro lado, los indicadores ambientales se recolectan de los informes de sostenibilidad de las empresas seleccionadas. Además de los valores de extracción de agua y emisiones de gases de efecto invernadero, se recolecta la producción de cobre para el cálculo de intensidad de emisiones (ton CO_2 eq/ton Cu) e intensidad de extracción de agua (m^3 /ton Cu). Dado que el objetivo principal de los indicadores ambientales es contener la mayor cantidad de información a nivel local (faenas mineras) se toman las siguientes consideraciones:

Si para la selección de años estudiados para una empresa minera determinada, existen periodos reportados a nivel de empresa, como también por faena minera. Para obtener un nivel de detalle más local en los años donde se reportó a nivel de empresa, estos se estiman utilizando la proporción de emisiones o extracción de agua según corresponda de los datos históricos por faena minera de los años estudiados, siempre que se mantengan valores similares en los totales (entre años) para las emisiones o extracción de agua.

En el caso que el reporte de sostenibilidad no se evalúe en un año de calendario (enero a diciembre) sino que sea por ejemplo de julio a junio (generalmente se utiliza la nomenclatura FY2020, FY2019, etc). Se tomara la siguiente aproximación para el indicador buscado.

$$\text{Indicador 2020 (año calendario)} = \frac{\text{Indicador 2020 (FY2020)}}{2} + \frac{\text{Indicador 2021 (FY2021)}}{2} \quad (3.1)$$

Ecuación 3.1: Estimación para indicadores que no se reportan de Enero a Diciembre

Finalmente, si la empresa minera estudiada solo se reporte a nivel empresa para los periodos estudiados, las emisiones de alcance 1 se calculan según estimaciones del consumo de diésel y el alcance 2 en base a estimaciones del consumo de electricidad de cada faena, el cual se tiene que ajustar según el factor de emisión eléctrico del país donde este ubicada la faena minera. Para la extracción de agua es proporcional al consumo de electricidad de cada una de las faenas.

La última etapa consiste en la normalización de los datos para poder realizar comparaciones entre los distintos indicadores. Esta etapa se describe a continuación.

3.3.1. Normalización

El objetivo de normalizar es crear un sistema de medida que sea compatible con todos los indicadores y que permita la comparación entre estos. Esto dado que por ejemplo los indicadores ambientales tienen unidades de (ton CO_2 eq/ton Cu) o (m^3 /ton Cu), los socioeconómicos pueden estar en función del % de la población, por 100,000 personas, % bruto o neto, entre otros. Por lo que es imposible realizar comparaciones entre estos, puesto que no presentan unidades de medida que sean comparables.

Para ello se utiliza una normalización cero-uno, que permite llevar un conjunto de valores o datos dentro de un rango acotado, el cual para este caso es entre 0 y 1. Además, se definen dos tipos de indicadores, los cuales se describen a continuación:

- *Indicador positivo*: Se refiere a un indicador que mientras más alto sea su valor es más sustentable, mejor rendimiento o positivo para la faena, región o país.
- *Indicador negativo*: Se refiere a un indicador que mientras más alto sea su valor es menos sustentable, peor rendimiento o negativo para la faena, región o país.

Para los indicadores positivos, la ecuación a utilizar es la siguiente:

$$I_{norm}^+ = \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (3.2)$$

Ecuación 3.2: Indicador positivo normalizado

En el caso de los indicadores negativos, la ecuación que los describe es la siguiente:

$$I_{norm}^- = 1 - \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (3.3)$$

Ecuación 3.3: Indicador negativo normalizado

Donde cada término significa lo siguiente,

$I_{norm}^{+,-}$: Indicador positivo o negativo normalizado.

I: Indicador que se busca normalizar.

I_{max} : Valor máximo de la muestra o población que puede tomar el indicador .

I_{min} : Valor mínimo de la muestra o población que puede tomar el indicador.

Con esta configuración los indicadores que se acerquen a la unidad significa que son más sustentables o eficientes, mientras que en el caso contrario, es decir, acercándose al cero son menos sustentables o eficientes².

El cálculo de los valores máximos y mínimos de los indicadores ambientales provienen de las empresas y/o faenas estudiadas. En particular, el valor máximo de los indicadores ambientales se calcula en torno al percentil 95, esto dado que muchas faenas pueden ser yacimientos polimetálicos o que no necesariamente el cobre sea el metal principal, por lo que la relación (ton CO_2 eq/ton Cu) o (m^3 /ton Cu), en algunos casos pueden retornar valores anormales o fuera de rango. De esta forma se controlan estos valores, dejándolos excluidos como candidatos a I_{max} y no perjudicando la normalización 0-1. Cabe señalar que todos los valores que sean más altos que el I_{max} seleccionado, toman el valor 0, puesto que los indicadores ambientales se asumen como indicadores negativos.

Finalmente, los indicadores sociales, económicos y de gobernanza, sus valores máximos y mínimos corresponden a los del total de la población de países, puesto que no necesariamente la muestra de países productores de cobre son representativos del máximo y mínimo, de tal forma de tener una referencia sobre la normalización en la población.

² Existen casos de indicadores en los que no se puede asegurar que “mas o menos alto sea su valor es mejor”. Por ejemplo, no se puede aseverar que mientras más años promedio de escolaridad (indicador) tenga un país con respecto a otro, signifique que es mejor socialmente. Pero en el caso contrario que los años promedio de escolaridad sean de 2 o 3 años, si es negativo para el país, por lo tanto se tiene que los años promedio de escolaridad mientras más alto sea su valor es más positivo para el país. Es así como en estos casos en particular se tiene que evaluar los casos extremos y verificar si es peor o mejor para el país ese valor.

Capítulo 4

Resultados y discusiones

4.1. Países y empresas mineras seleccionadas

Los cantidad de países seleccionados son 20, los cuales se distribuyen según continente de la siguiente forma:

- *América*: 7 países.
- *Europa*: 4 países.
- *Asia*: 3 países.
- *África*: 3 países.
- *Euroasiáticos*: 2 países.
- *Oceanía*: 1 país.

La Figura 4.1 muestra gráficamente los países seleccionados, estos se representan con un color azul oscuro. Cabe destacar que estos países representan el 79 % de la producción mundial de cobre del año 2020.

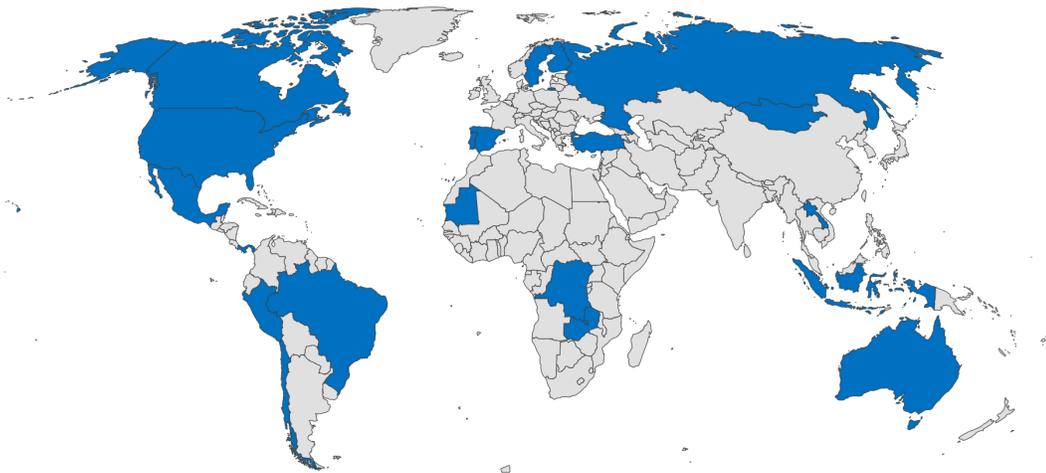


Figura 4.1: Países seleccionados para el estudio

Por otro lado, las empresas mineras seleccionadas que operan en los países de la Figura 4.1 se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Empresas mineras seleccionadas para el estudio

Empresas mineras			
Anglo American Chile	Codelco	Grupo Mexico	OZ minerals
Antamina	Collahuasi	Industrias Peñoles	Rio Tinto
Antofagasta Minerals	Eurasian Resources Group	Lundin Mining	Sandfire Resources
BHP	FQM	Minerals and Metals Group	Taseko Mines
Centerra Gold	Freeport-McMoran	MMC Norilsk Nickel	Teck
China Molybdenum Co	Glencore	Newcrest Mining Ltd	

La Tabla 4.1 muestra las 23 empresas mineras seleccionadas para el estudio. Estas empresas representan el 72% de la producción de cobre del año 2020 de los países seleccionados, es decir, componen aproximadamente el 57% de la producción mundial de cobre del periodo 2020³.

4.2. Propuesta de indicadores

El siguiente apartado tiene como finalidad detallar los indicadores de sostenibilidad propuestos para realizar el análisis comparativo en la industria minera del cobre.

4.2.1. Indicadores ambientales

Como se detalla en el *Capítulo 3: Metodología*, se consideran dos indicadores de alcance local, el primero corresponde a las emisiones de CO_2 eq, el cual se divide en dos tipos:

- Emisiones de alcance 1 (directas): Corresponden a las emisiones directas que proceden de las actividades que la empresa puede controlar, que son aquellas que se generan por la combustión de combustible fósiles (Cochilco, 2017).
- Emisiones de alcance 2 (indirectas): Corresponden a las emisiones indirectas que se generan en las centrales de producción de electricidad, como resultado del consumo de electricidad que la empresa requiere para sus actividades (Cochilco, 2017).

Mientras que el segundo indicador ambiental es la extracción de agua. El análisis se realiza hasta el año 2020, dado que a la fecha no se han publicado la totalidad de los reportes de sostenibilidad de las empresas para el año 2021. La Figura 4.2 muestra la máxima disponibilidad de información a nivel faena para el indicador de emisiones de gases de efecto invernadero⁴.

³ En particular, los países Brasil, Finlandia, Suecia y Turquía en algunos de los periodos estudiados, la producción de cobre de la muestra representa menos del 25% de la producción de cobre del país.

⁴ Tanto para emisiones como agua, la empresa BHP se dividió en dos casos, dado que los indicadores de BHP Australia se reportan por separado de los indicadores de BHP Chile.

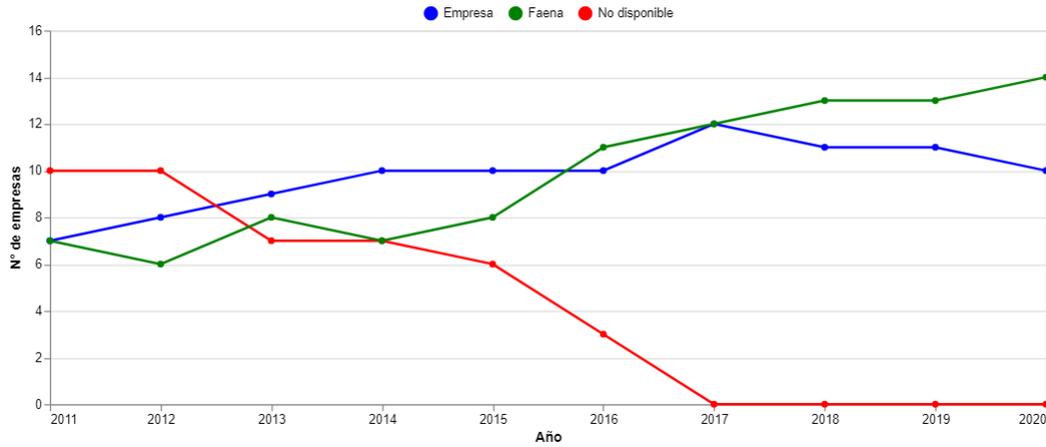


Figura 4.2: Disponibilidad de información (emisiones)

Para los periodos comprendidos entre el 2011 al 2016 en la Figura 4.2 se tiene una gran cantidad de datos que no están disponibles, especialmente en los primeros años (alrededor del 40 % de la muestra), esto se puede deber principalmente a que las empresas analizadas aún no elaboraban sus reportes de sostenibilidad o actualmente ya no es posible acceder al reporte de ese año (retirado de la red informática mundial) o el indicador de emisiones no estaba contemplado dentro del informe.

Con el paso de los años la no disponibilidad de información comienza a disminuir, además entre los periodos 2011-2015 existe una tendencia a que mayoritariamente las empresas que reportan las emisiones lo elaboren a nivel empresa comparado con el nivel más local que son las faenas. Comenzando el año 2016 esta tendencia se empieza a revertir donde además ya en el periodo 2017 existe un 100 % de disponibilidad de información de emisiones en las empresas mineras consideradas.

La Figura 4.3 muestra la máxima disponibilidad de información a nivel faena para el indicador de extracción de agua.

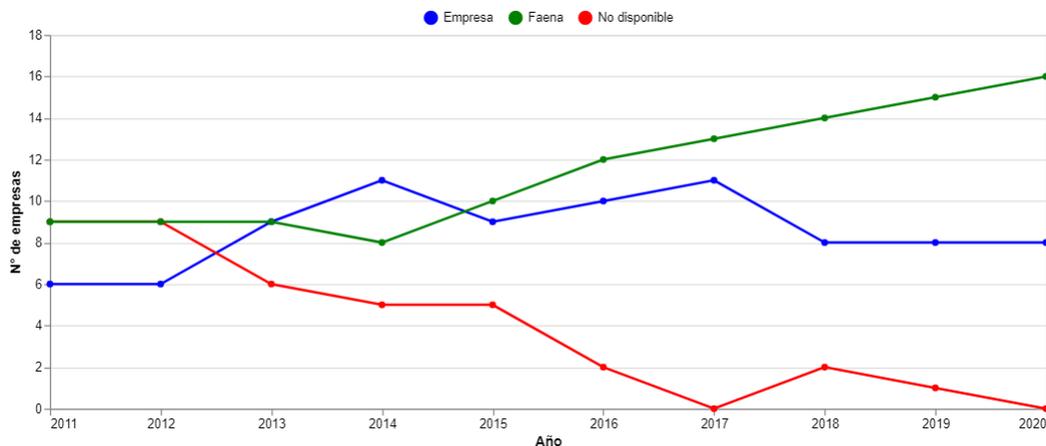


Figura 4.3: Disponibilidad de información (extracción de agua)

La extracción de agua que se representa en la Figura 4.3 sigue un comportamiento similar que las emisiones de gases de efecto invernadero. La no disponibilidad de información posee sus valores máximos los primeros años y con el paso del tiempo tiende a ir decreciendo. En el año 2015, las

empresas estudiadas reportan más a nivel faena que a nivel empresa, como también para periodos más recientes 2018-2020 se observa una mayor brecha entre la cantidad de empresas que reportan a nivel faena y empresa cuando se compara con las emisiones (Figura 4.2).

Dada las Figuras 4.2 y 4.3 se observa que los periodos ideales a analizar la diferenciación en productos mineros de cobre son el rango de años entre el 2017 y el 2020, porque a partir del año 2017 la no disponibilidad de información se mantiene entre los valores más bajos (con un valor máximo de dos en el caso de la extracción de agua y de cero en las emisiones) y además entre esos periodos se reporta la información más a nivel de faena que a nivel de empresa, lo que permite un análisis más local de los resultados.

Por otro lado, a raíz de los resultados de disponibilidad de información de emisiones y extracción de agua, las empresas mineras han aumentado el nivel de información a lo largo del tiempo, como también a reportar dicha información a un nivel con mayor detalle, como lo es el reporte de cada una de sus faenas mineras. Sin embargo, siguen existiendo empresas mineras que reportan esta información a nivel de empresa, lo cual si bien permite obtener un comportamiento de estos indicadores a través del tiempo, dificulta un análisis con mayor detalle, dado que muchas empresas mineras operan en distintos países y extraen diferentes commodities por lo que el reporte de estos indicadores es un resultado muy global, afectando una posible diferenciación de estos commodities y en específico de los productos de cobre. Es por ello que uno de los primeros obstáculos en la diferenciación en productos mineros de cobre por medio de indicadores ambientales está limitado por la disponibilidad y calidad de información reportada (nivel de detalle) por las empresas mineras en sus reportes de sostenibilidad.

4.2.2. Indicadores sociales, económicos y de gobernanza

Como se enuncia en el *Capítulo 3: Metodología* estos indicadores provienen de estudios realizados por el ICMM (ICMM, 2018, 2021) en torno a países que son dependientes de la minería. Estos indicadores se dividieron en tres tipos: Social, económicos y de gobernanza, los cuales se agruparon según los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Dado que en muchos casos los indicadores se agrupan como indicadores socioeconómicos por la estrecha línea entre un indicador social y económico. A fin de realizar esta diferencia, un indicador social se clasifica como tal si incluye elementos del tipo salud, educacional o de equidad de género, mientras que un indicador económico si se refiere a empleo, distribución de ingresos, disponibilidad de recursos o infraestructura.

Los valores de cada uno de estos indicadores están disponibles a nivel de país y no regionalmente o en un mayor detalle. Esto se debe a que la disponibilidad de estos indicadores con un mayor nivel de detalle se dificulta, ya que cada país cuenta con sus propias instituciones por lo que no siempre la información se encuentra disponible o el indicador no es exactamente el mismo comparado con el indicador a nivel nacional. Esto se condice con los estudios del ICMM, los que realizaron un estudio más detallado por regiones en los países Chile, Perú, Indonesia y Ghana, en el que no siempre se encontró la consistencia entre el indicador o métrica subnacional con la nacional, por lo que en algunos casos se utilizaron indicadores indirectos para representarlo (ICMM, 2018).

4.2.2.1. Indicadores Sociales

La Tabla 4.2 incorpora los 18 indicadores propuestos, en el que se detalla el ODS asociado, su identificador y el nombre completo del indicador con su unidad de medida respectiva (% de la población, años, por 100,000 habitantes, etc).

Los indicadores sociales de la Tabla 4.2 se agrupan en torno a 4 distintos ODS.

- ODS 2: Hambre cero.
- ODS 3: Salud y bienestar.
- ODS 4: Educación de calidad.
- ODS 5: Igualdad de género.

Tabla 4.2: Propuesta de indicadores sociales

ODS	#	Indicador
2	Indicador 2.1	Prevalencia de la desnutrición (% de la población)
3	Indicador 3.1	Tasa de mortalidad, neonatal (por 1,000 nacidos vivos)
	Indicador 3.2	Tasa de mortalidad menores de 5 años (por 1,000 nacidos vivos)
	Indicador 3.3	Tasa de mortalidad materna (estimación modelada, por 100,000 nacidos vivos)
	Indicador 3.4	Mortalidad por ECV, cáncer, diabetes o ERC entre las edades exactas de 30 y 70 años (%)
	Indicador 3.5	Esperanza de vida al nacer, total (años)
	Indicador 3.6	Incidencia de tuberculosis (por 100,000 personas)
	Indicador 3.7	Incidencia del VIH, todos (por 1,000 habitantes no infectados)
4	Indicador 4.1	Niños que no asisten a la escuela (% en edad de asistir a la escuela primaria)
	Indicador 4.2	Matrícula escolar, primaria (% neto)
	Indicador 4.3	Años promedio de escolaridad
	Indicador 4.4	Fuerza laboral con educación intermedia (% del total de la población en edad de trabajar con educación intermedia)
5	Indicador 5.1	Relación entre la tasa de participación de mujeres y hombres en la fuerza laboral (%) (estimación modelada de la OIT)
	Indicador 5.2	Matriculación escolar, primaria (bruta), índice de paridad de género (IPG)
	Indicador 5.3	Tasa de alfabetización, mujeres adultas (% de mujeres de 15 años o más)
	Indicador 5.4	Diferencia promedio de años de escolaridad (Hombres-Mujeres) (Valor absoluto)
	Indicador 5.5	Proporción de escaños ocupados por mujeres en los parlamentos nacionales (%)
	Indicador 5.6	Demanda de planificación familiar satisfecha por métodos modernos (% de mujeres casadas con demanda de planificación familiar)

4.2.2.2. Indicadores Económicos

Los indicadores económicos corresponden a 17 indicadores, los que se ven representados en la Tabla 4.3. A diferencia de los indicadores sociales, estos se clasifican en 6 tipos distintos de ODS.

- ODS 1: Fin de la pobreza.
- ODS 6: Agua limpia y saneamiento.
- ODS 7: Energía asequible y no contaminante.
- ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico.
- ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.
- ODS 10: Reducción de las desigualdades.

Tabla 4.3: Propuesta de indicadores económicos

ODS	#	Indicador
1	Indicador 1.1	Ingreso per cápita \$1,9 por día (PPA del 2011) (% de la población)
6	Indicador 6.1	Personas que utilizan servicios de agua potable gestionados de forma segura (% de la población)
	Indicador 6.2	Personas que utilizan servicios de saneamiento gestionados de forma segura (% de la población)
7	Indicador 7.1	Acceso a la electricidad (% de la población)
	Indicador 7.2	Acceso a combustibles y tecnologías limpias para cocinar (% de la población)
8	Indicador 8.1	Tasa de participación en la fuerza laboral, total (% de la población total mayor de 15 años) (estimación modelada de la OIT)
	Indicador 8.2	Relación entre empleo y población, de 15 a 24 años, total (%) (estimación modelada de la OIT)
	Indicador 8.3	PIB por persona empleada (constante 2017 PPP \$)
	Indicador 8.4	Relación entre empleo y población, mayores de 15 años, total (%) (estimación modelada de la OIT)
9	Indicador 9.1	Individuos que usan Internet (% de la población)
	Indicador 9.2	Titularidad de una cuenta en una institución financiera o con un proveedor de servicios de dinero móvil (% de la población mayor de 15 años)
	Indicador 9.3	Suscripciones de telefonía celular móvil (por cada 100 personas)
	Indicador 9.4	Suscripciones de banda ancha fija (por cada 100 personas)
	Indicador 9.5	Índice de desempeño logístico: Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte (1=baja a 5=alta)
	Indicador 9.6	Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)
10	Indicador 10.1	Razón de quintiles de ingresos
	Indicador 10.2	Hogares e ISFLSH Gasto en consumo final per cápita (US\$ a precios constantes de 2015)

En particular, entre la Tabla 4.2 y la Tabla 4.3 existen algunas similitudes entre las fuente de donde provienen sus valores. Por ejemplo, en los indicadores 3.3, 5.1, 8.1 y 8.2, se toman como valores de referencia los valores modelados por sobre los informados, para mantener una consistencia metodológica sobre lo que mide cada indicador, es por esto que estos indicadores detallan que sus valores provienen de estimaciones modeladas, en algunos casos realizados por la OIT.

4.2.2.3. Indicadores de Gobernanza

Finalmente, los indicadores de gobernanza son 8 y se representan en la Tabla 4.4. La principal característica de estos indicadores es que se clasifican en torno a el ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas y además 6 de los 8 indicadores son parte de los índices de gobernanza mundial o WGI (Worldwide Governance Indicators). Los dos restantes indicadores corresponden a la tasa de homicidios y el índice de libertad en el mundo que es desarrollado por la organización Freedom House.

Tabla 4.4: Propuesta de indicadores de gobernanza

ODS	#	Indicador
16	Indicador 16.1	Índice de gobernanza mundial (WGI): Índice de control de corrupción
	Indicador 16.2	Índice de gobernanza mundial (WGI): Eficacia del gobierno
	Indicador 16.3	Índice de gobernanza mundial (WGI): Estabilidad política y ausencia de violencia/terrorismo
	Indicador 16.4	Índice de gobernanza mundial (WGI): Calidad regulatoria
	Indicador 16.5	Índice de gobernanza mundial (WGI): Estado de derecho
	Indicador 16.6	Índice de gobernanza mundial (WGI): Voz y responsabilidad
	Indicador 16.7	Índice de Libertad en el Mundo: promedio de las calificaciones en derechos políticos y libertades civiles
	Indicador 16.8	Homicidios (por cada 100,000 habitantes)

4.2.2.4. Reportabilidad de los indicadores

El índice de reportabilidad permite mostrar la tasa de reportabilidad que tiene un país en los 43 indicadores (sociales, económicos y de gobernanza) en el período de 4 años (2017-2020). La Tabla 4.5 detalla la distribución de los países por continente y la Figura 4.4 los resultados del índice de reportabilidad que considera los 43 indicadores, donde los 4 mapas presentan la misma escala, con un mínimo del 53 % y un máximo del 98 %, de tal forma que permite realizar comparaciones entre

los 4 años.

Tabla 4.5: Distribución de países por continente

América	Europa	Asia	África	Euroasiaticos	Oceanía
Brasil	España	Indonesia	Mauritania	Rusia	Australia
Canadá	Finlandia	Laos	República Democrática del Congo	Turquía	
Chile	Portugal	Mongolia	Zambia		
Estados Unidos	Suecia				
México					
Panamá					
Perú					

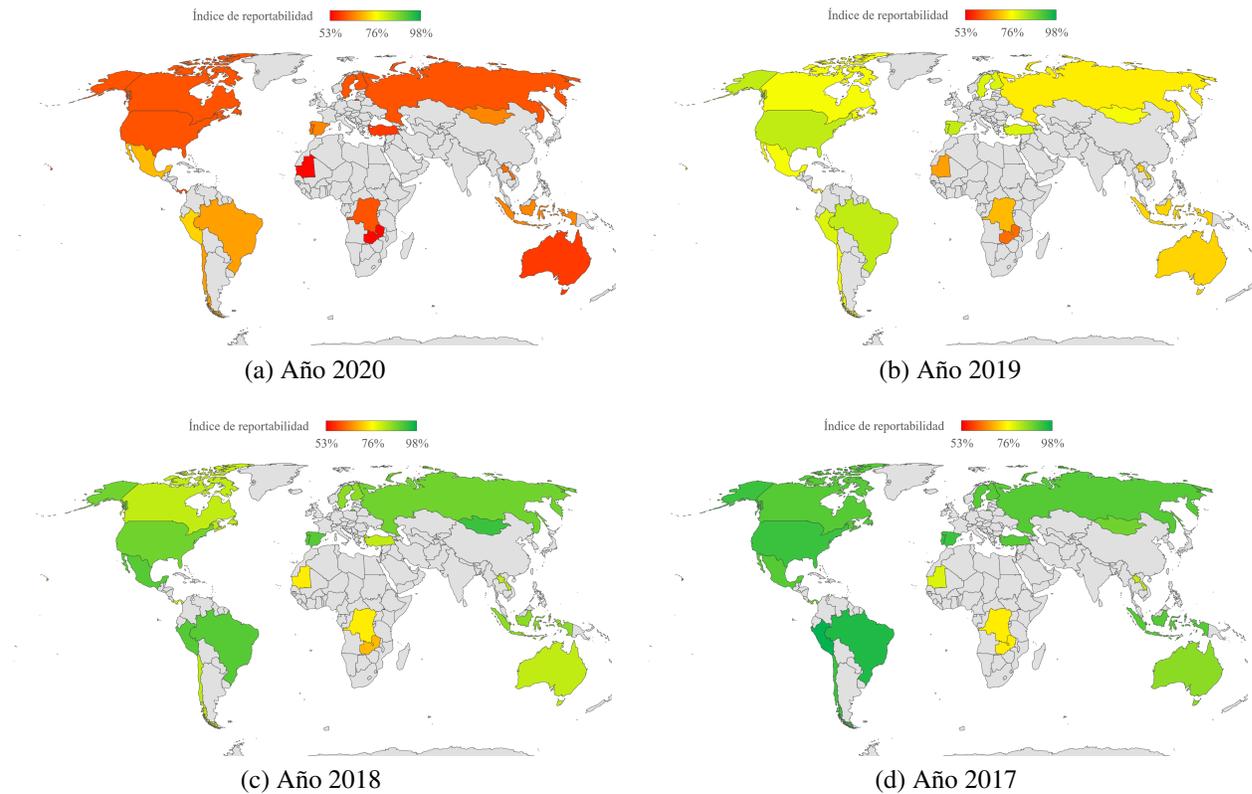


Figura 4.4: Índice de reportabilidad por país considerando los 43 indicadores

Las tonalidades hacia el color rojo representan los valores mínimos en la Figura 4.4, mientras que las tonalidades hacia el color verde representan los valores máximos en la reportabilidad de los países estudiados. Comparando los 4 años (2017-2020) se observa que el año 2020, presenta el índice de reportabilidad más bajo con un mínimo del 53%, en tanto el año 2017 tiene un mínimo del 74% y un máximo del 98%, que se ve representado por tonalidades más verdes en el mapa. Esta diferencia entre el índice de reportabilidad de los distintos años considerados se puede deber a que los periodos anteriores al 2020 poseen un mayor tiempo para que las instituciones realicen las estimaciones, estudios, encuestas o que los países respectivos divulguen su información para completar las bases de datos. Respecto a las comparaciones entre los distintos países, el continente de África es el que presenta el menor índice de reportabilidad, por ejemplo, en los años 2019-2020

contienen principalmente las tonalidades rojas-anaranjadas y en los años 2017-2018 se acercan a los valores medios (tonalidades amarillas), en tanto los demás países estudiados muestran tonalidades acercándose al verde, representando un índice de reportabilidad elevado.

Esto muestra que los países del continente de África poseen capacidad de mejora para lograr una constancia en el reporte de sus indicadores. Si bien el resto de los países estudiados en general presentan un índice de reportabilidad mayor al continente africano, como se ilustra en la Figura 4.4, solo alcanza un máximo del 81% y 72% en los años 2019-2020 respectivamente, que como se señaló anteriormente se puede deber a que aún se encuentran en proceso de actualización o a la construcción misma que poseen los indicadores. Por ejemplo, el indicador 9.2 que indica la Titularidad de una cuenta en una institución financiera o con un proveedor de servicios de dinero móvil, se reporta cada cierto intervalo de tiempo y no tiene una periodicidad anual.

Al agrupar los indicadores por categoría (social, económico y gobernanza) siguiendo las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4 es posible comparar el índice de reportabilidad entre categorías e identificar la que contiene mayor/menor reportabilidad. Las escalas de las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7 son iguales, siendo el mínimo/máximo global entre las tres categorías, las cuales se establecieron en 33% y 100% respectivamente.

La Figura 4.5 ilustra gráficamente la reportabilidad social considerando los 18 indicadores propuestos en la Tabla 4.2, la Figura 4.6 muestra la reportabilidad económica considerando los 17 indicadores propuestos de la Tabla 4.3 y finalmente, la Figura 4.7 muestra la reportabilidad de gobernanza considerando los 8 indicadores de la Tabla 4.4.

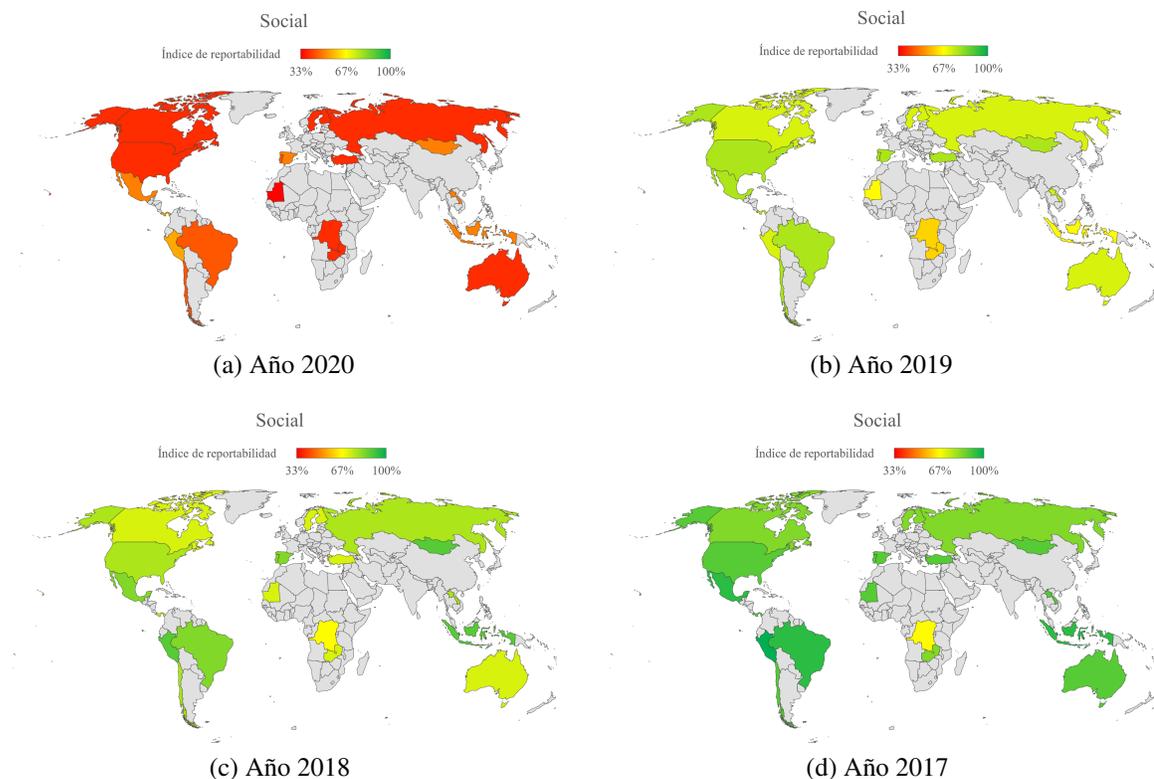


Figura 4.5: Índice de reportabilidad social por país

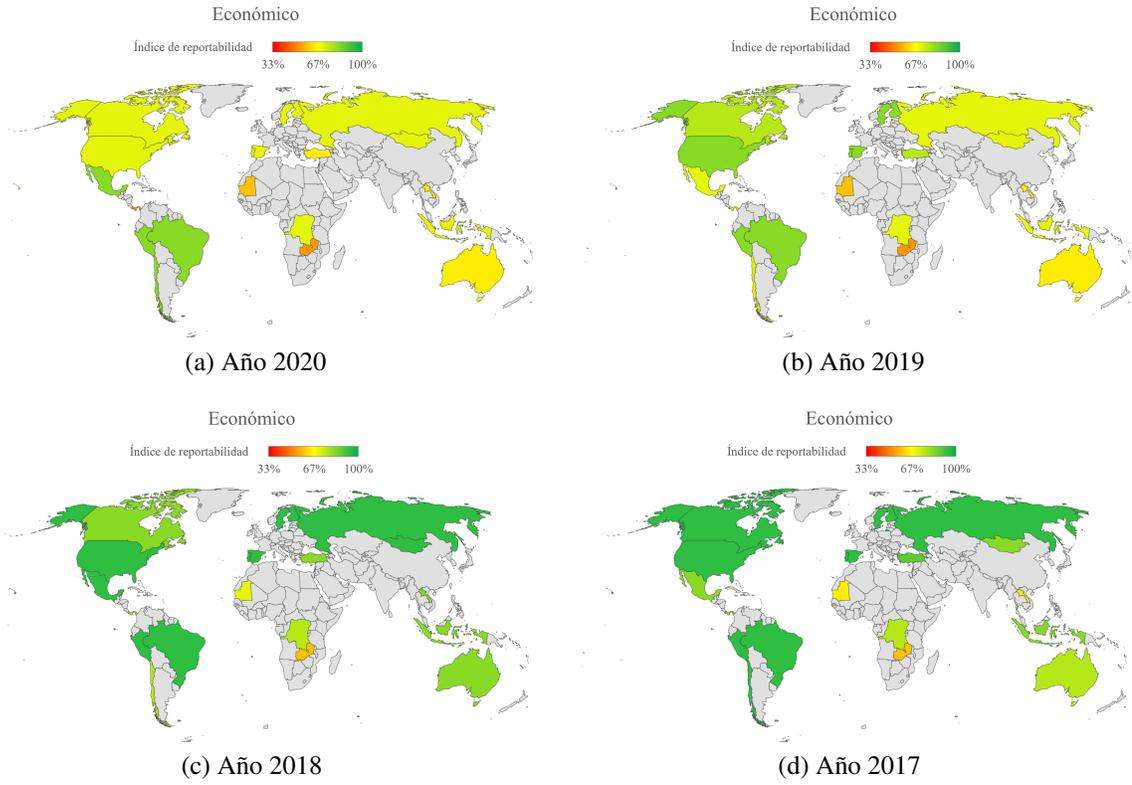


Figura 4.6: Índice de reportabilidad económico por país

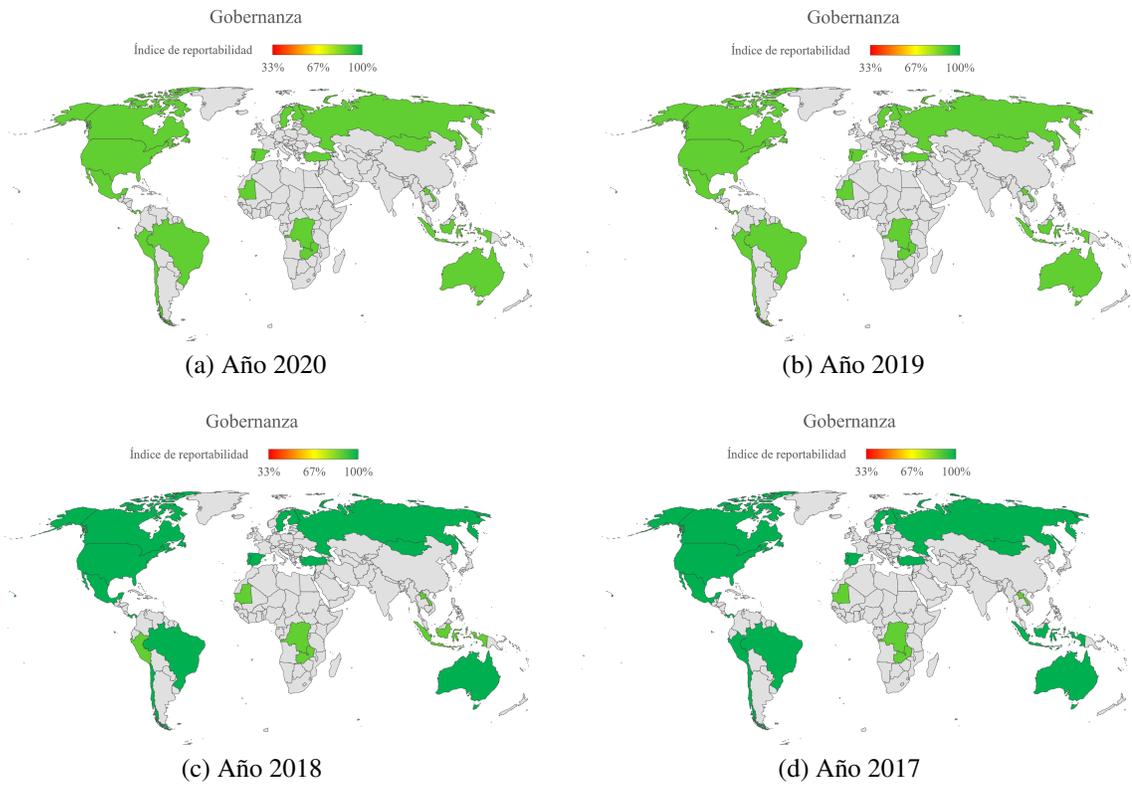


Figura 4.7: Índice de reportabilidad de gobernanza por país

Las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7 siguen una tendencia similar a la Figura 4.4, es decir, que a medida que se retrocede del 2020 al 2017 se observa que el índice de reportabilidad tiende a aumentar, lo cual se ve reflejado en las tonalidades más verdes, sin embargo existe una diferencia entre la categoría social, económica y de gobernanza. En la Figura 4.7 que representa el índice de reportabilidad de los indicadores de gobernanza en los 4 años, contiene principalmente tonalidades verdes, con un mínimo del 88 % y un máximo del 100 %. Esto se debe principalmente a que los indicadores de gobernanza propuestos son estimados por instituciones externas que evalúan cada año a todos los países, además estos indicadores por cómo están contruidos, no es necesario que el país evaluado provea directamente la información o los datos para su posterior estimación. Caso contrario, con los indicadores sociales y económicos, donde en algunos casos son modelados por instituciones, pero en su mayoría dependen de la información que mantenga disponible el país o encuestas para que sean recopilados posteriormente por instituciones como UNESCO, FAO, ILO, entre otros.

Los indicadores sociales son los que presentan una mayor capacidad de mejora, dado que tienen un promedio de 71 % de reportabilidad de información en los 4 años (2017-2020), seguido de los indicadores económicos con un 78 % y los indicadores de gobernanza con un 92 %, esto se puede ver reflejado en la distribución de colores, donde socialmente existen más tonalidades rojizas-anaranjados especialmente en los años 2019-2020, mientras que los indicadores económicos se acercan más al color amarillo (valores medios) y tonalidades verdes para los periodos 2017-2018 y finalmente, los indicadores de gobernanza con una inclinación por índices de reportabilidad sobre el 88 % (tonalidades verdes), en el que el rasgo común entre las 3 categorías son los países del continente africano que se sitúan frecuentemente en los valores mínimos del índice de reportabilidad.

4.2.3. Agrupamiento de indicadores

Consecuencia de los resultados anteriores y dada la disponibilidad de información que presentan cada uno de los indicadores y países. Los indicadores ambientales se agrupan en un nivel local mientras que los indicadores económicos, sociales y de gobernanza tienen un carácter nacional. La Figura 4.8 muestran un resumen de la distribución de los indicadores.

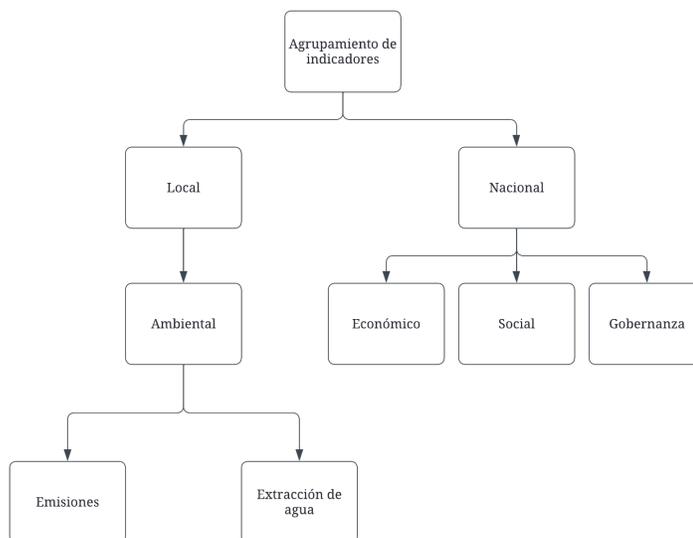


Figura 4.8: Agrupamiento de indicadores

Los ponderadores se dividen en un 50% entre el plano local y nacional y dentro de cada una de las categorías de forma equitativa entre estas, quedando de la siguiente forma.

- Local → 50%.
 - Ambiental (extracción de agua) → 25%.
 - Ambiental (emisiones CO_2 eq) → 25%.
- Nacional → 50%.
 - Social → 16.6%.
 - Económico → 16.6%.
 - Gobernanza → 16.6%.

4.3. Estudio de caso de la minería del cobre a nivel mundial

Los principales resultados de la intensidad de emisiones y de extracción de agua se incluyen en la Tabla 4.6, que considera las 23 empresas mineras de la Tabla 4.1 y sus correspondientes faenas mineras. Las estadísticas descriptivas incluyen la media, desviación estándar, el valor mínimo y máximo (percentil 95), la media y desviación estándar se presentan sin ponderar y ponderadas según la producción de cobre de cada faena. Cabe destacar que los valores máximos no corresponden al valor máximo entre el total de faenas mineras consideradas, sino al dato entorno al percentil 95, el cual delimita los valores fuera de rango ⁵. A su vez, la intensidad de extracción de agua incluye dos casos: el primer caso incorpora tanto el agua continental como el agua de mar, mientras que el segundo caso solo el agua continental.

Tabla 4.6: Resumen estadísticas básicas de los indicadores emisiones y extracción de agua

Indicador	Intensidad emisiones (ton CO_2 eq/ton Cu)				Intensidad extracción de agua (continental + agua de mar) (m^3 /ton Cu)				Intensidad extracción de agua (continental) (m^3 /ton Cu)			
	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017
Periodos	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017
Media	3.90	4.20	3.82	3.70	175.45	152.58	151.10	163.25	169.31	146.13	144.03	157.20
Media (Ponderada)	3.35	3.40	3.26	3.34	139.22	130.08	134.25	137.22	116.76	114.55	119.24	126.01
Desviación estándar	2.36	2.91	2.09	1.88	136.63	101.30	101.62	115.49	140.71	105.34	105.31	119.51
Desviación estándar (Ponderada)	1.70	2.11	1.54	1.39	91.28	80.42	85.44	96.28	100.36	86.96	92.00	101.86
Mínimo	0.66	1.05	0.76	0.64	13.63	8.53	16.79	20.11	2.57	2.52	3.03	2.53
Percentil 95	12.19	15.72	11.46	12.13	552.41	372.11	359.12	427.27	552.41	372.11	359.12	427.27

Comparando los valores de la Tabla 4.6 con el trabajo de Northey et al. (2013), que estimó la energía, huella hídrica y las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción de cobre primario en países como Australia, Chile, Perú, Estados Unidos, Canadá, etc, se encuentran diferencias en las intensidades. Respecto a la intensidad de emisiones, Northey et al. (2013) indica que el promedio es 2.6 (ton CO_2 eq/ton Cu), mientras que en la Tabla 4.6 el rango del promedio ponderado es de 3.26-3.4 (ton CO_2 eq/ton Cu). En el caso de la extracción de agua, se indica que en promedio son 70.4 (m^3 /ton Cu) y en la Tabla 4.6 el rango del promedio ponderado es 114.55-139.22 (m^3 /ton Cu). Estas diferencias se pueden deber al nivel de representatividad de las muestras,

⁵ La intensidad de emisiones para el año 2017 considera un valor mayor al percentil 95 para mantener la consistencia de los datos, dado que los valores que rondaban este percentil estaban en el salto de intensidad entre el valor 6 (ton CO_2 eq/ton Cu) a 12 (ton CO_2 eq/ton Cu).

en el trabajo de Northey et al. (2013) la suma de las producción de cobre dan aproximadamente un 36 % de la producción de cobre a nivel mundial del año 2010, en tanto en las 23 empresas mineras consideradas en el presente estudio se llega aproximadamente a un 57 % de la producción mundial de cobre del periodo 2020, teniendo esta última un mayor porcentaje de representatividad.

4.3.1. Intensidad de emisiones

La Figura 4.9 ilustra la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero en ton CO_2 eq/ton Cu de cada faena con la producción de cobre (ancho de la columna) de cada una de estas, en el que todas las faenas mineras de un país se representan con el mismo color. El valor que presenta la mayor intensidad corresponde al percentil 95 de la Tabla 4.6 y la recta horizontal que corta cada uno de los gráficos es el promedio ponderado de cada uno de los años.

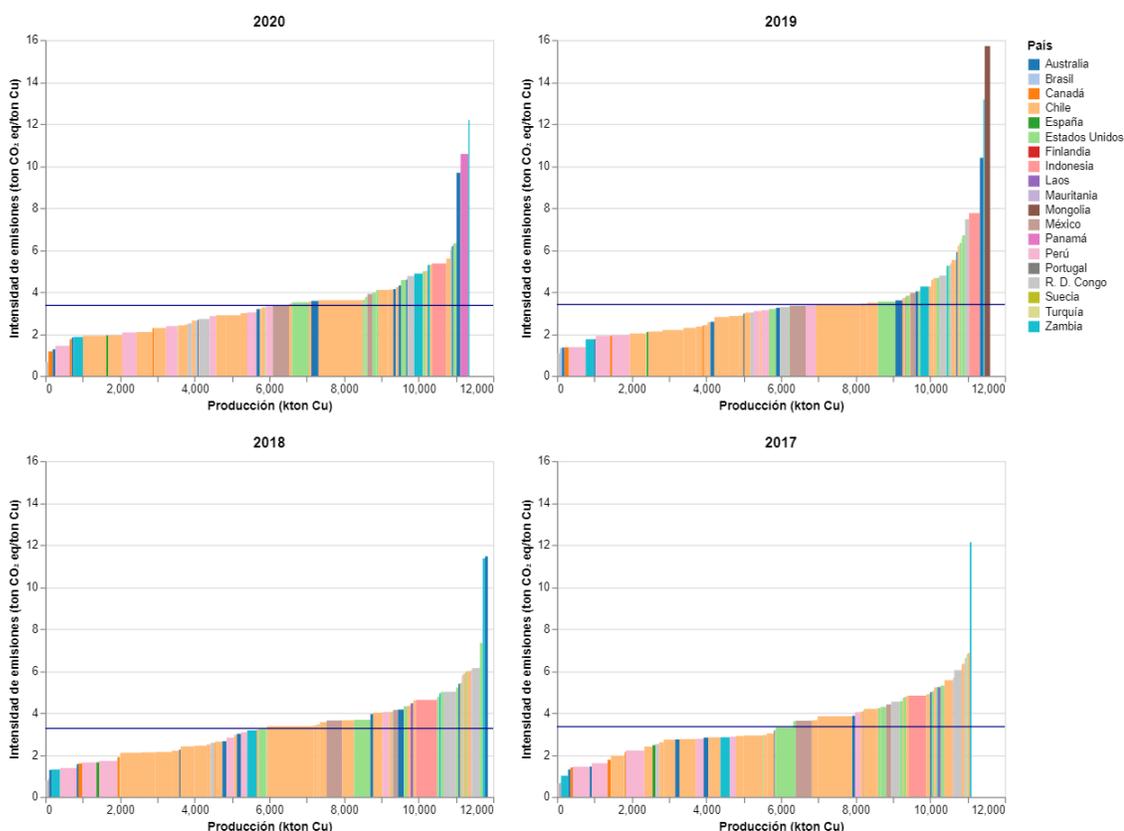


Figura 4.9: Intensidad de emisiones según producción de cobre para los años 2017-2020

Mientras más alto sea el valor de intensidad de emisiones significa que la faena es menos sustentable o eficiente en su proceso productivo, dado que genera una mayor cantidad de gases de efecto invernadero por tonelada de cobre producido. En la Figura 4.9 no se observa una tendencia en los 4 periodos analizados que el poseer una mayor o menor producción de cobre signifique ser más o menos sustentable/eficiente. Además, en los valores de la Tabla 4.6 se tiene que la media ponderada se mantiene dentro de rangos aproximadamente constantes, esto implica que las faenas mineras no presentan cambios significativos de un año a otro.

Con relación al análisis entre faenas mineras se visualiza una diferenciación entre estos, con valores mínimos de 0.6 (ton CO_2 eq/ton Cu) a valores máximos de 15.7 (ton CO_2 eq/ton Cu), además si por

ejemplo en el mercado se fijara el promedio ponderado (recta horizontal) como límite para definir o clasificar si una faena minera es sustentable, provocaría que todas las faenas que estén sobre este valor van a perder competitividad en el mercado, mientras que la que estén bajo esta, van a ganar un elemento diferenciador sobre el resto de las faenas mineras, es decir, existiría una diferenciación del cobre según la intensidad de emisiones al comparar distintas faenas.

Dado que Chile y Perú representan alrededor del 40 % de la producción mundial de cobre y más del 50 % en la muestra de los 20 países, un análisis más detallado para estos dos países se representa en la Figura 4.10.

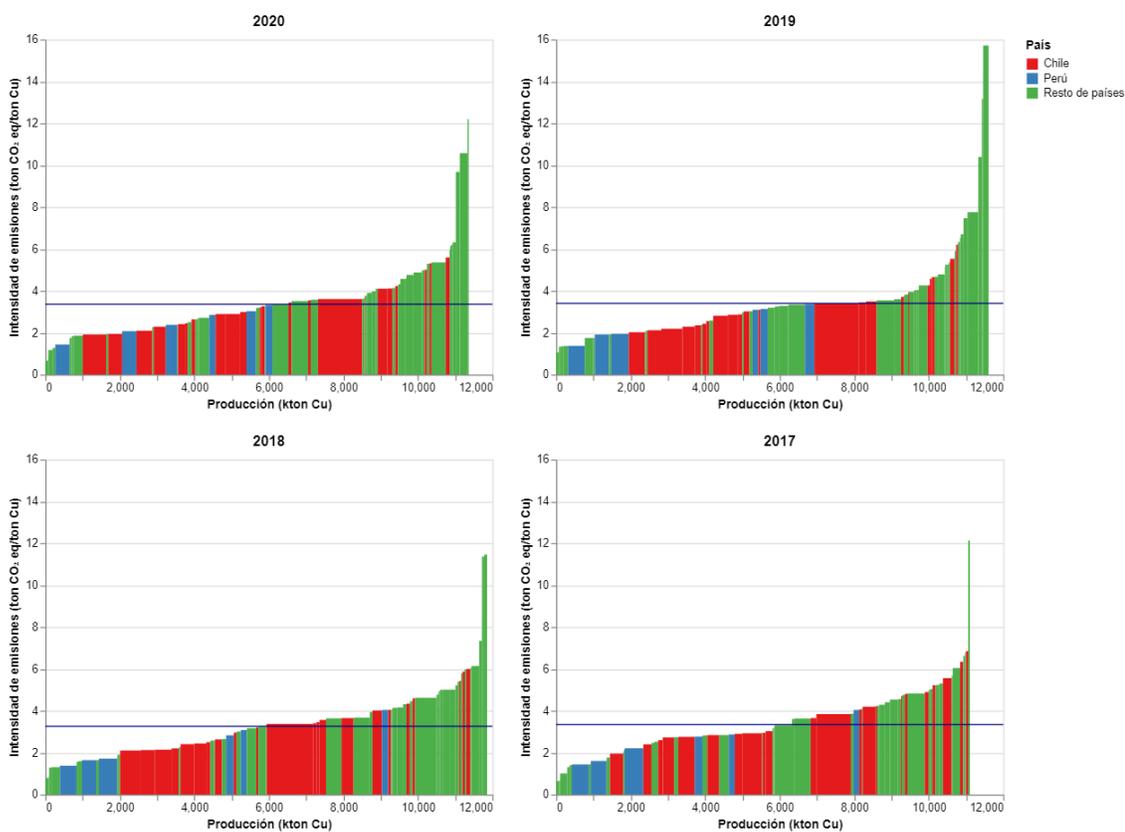


Figura 4.10: Intensidad de emisiones para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020

Al igual que la Figura 4.9, tomando como supuesto que el promedio ponderado consiste en el límite para definir la diferencia entre una faena que se clasifica como sustentable/no sustentable, en el caso de Chile la mayoría de las faenas que están en el límite o por debajo del promedio ponderado son las faenas mineras que presentan un mayor producción de cobre lo cual se puede evidenciar en el mayor ancho de columna de cada faena, en especial en los años 2020, 2019 y 2018. Por otro lado, todas las faenas mineras de Perú se encuentran por debajo del promedio ponderado, es decir, ganan competitividad en el mercado con un elemento diferenciador basado en la intensidad de emisiones, con excepción de los años 2017 y 2018 donde solo una faena se encuentra por sobre el promedio ponderado. Esto significa que estos países que representan una gran parte de la producción mundial de cobre poseen una competitividad en diferenciarse por medio de la intensidad de emisiones.

Dado que las emisiones se diferencian en dos tipos (alcance 1 y 2), la proporción que representan

las emisiones de alcance 2 respecto a las emisiones totales (alcance 1 + alcance 2) para cada una de las faenas se observa en al Figura 4.11

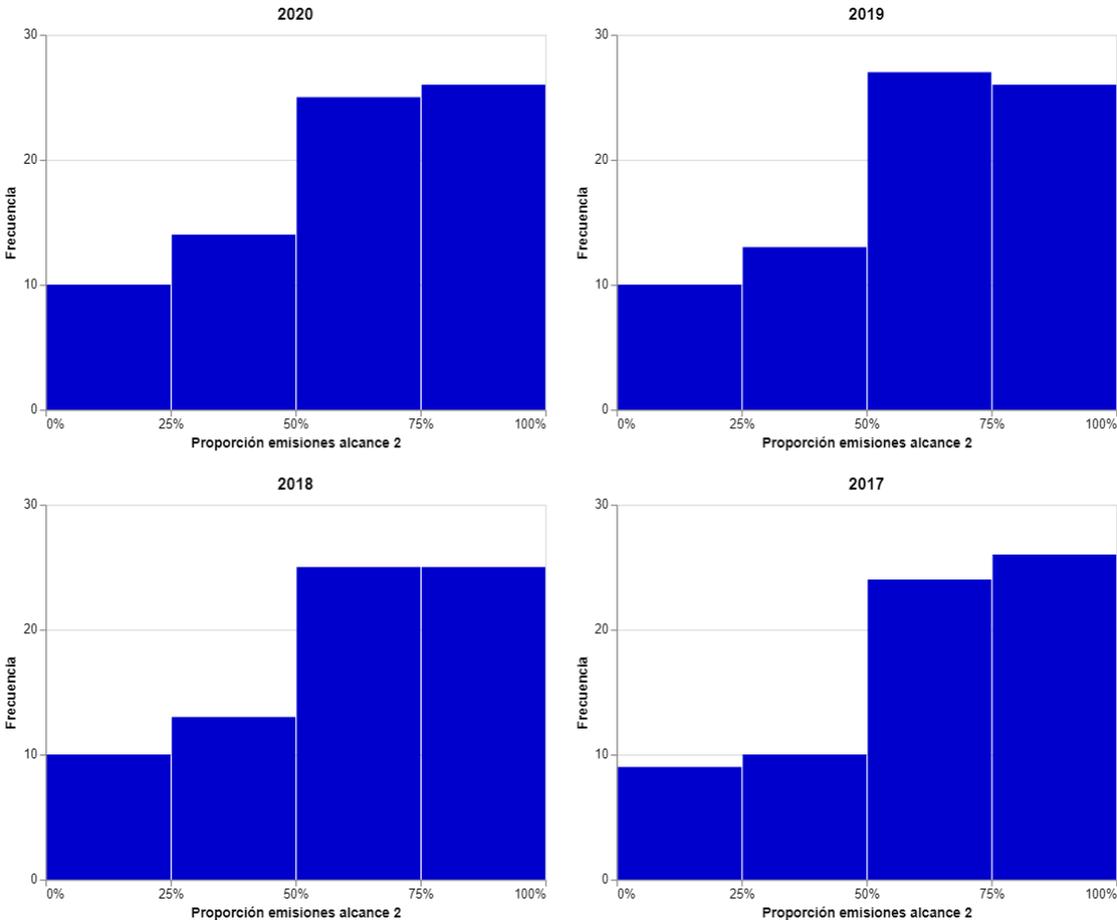


Figura 4.11: Proporción de emisiones de alcance 2 respecto a las emisiones totales

Para cada uno de los 4 años analizados la mayor parte de las emisiones totales son por alcance 2, que se ve representado por el mayor índice de frecuencia en los rangos 50%-75% y 75%-100%, siendo en muchos casos más del doble en frecuencia respecto al rango 0%-25%. Esto indica que el potencial de mejora en las faenas mineras para reducir la intensidad de emisiones recae principalmente en las emisiones de alcance 2, es decir, a las emisiones indirectas que son generadas en las centrales de producción de electricidad.

Normalizando las faenas mineras según el mínimo y percentil 95 de la Tabla 4.6 y agrupándolas en torno a sus respectivos países, según la producción de cobre de cada faena para el año respectivo. La Figura 4.12 muestra ordenados de menor a mayor los países según su indicador de emisiones normalizado en base a una normalización cero-uno. Al estar normalizados mientras más alto sea su valor, es decir, cercano a la unidad significa que mayor es su nivel de sustentabilidad, por otra parte, acercándose al valor cero el país es menos sustentable.

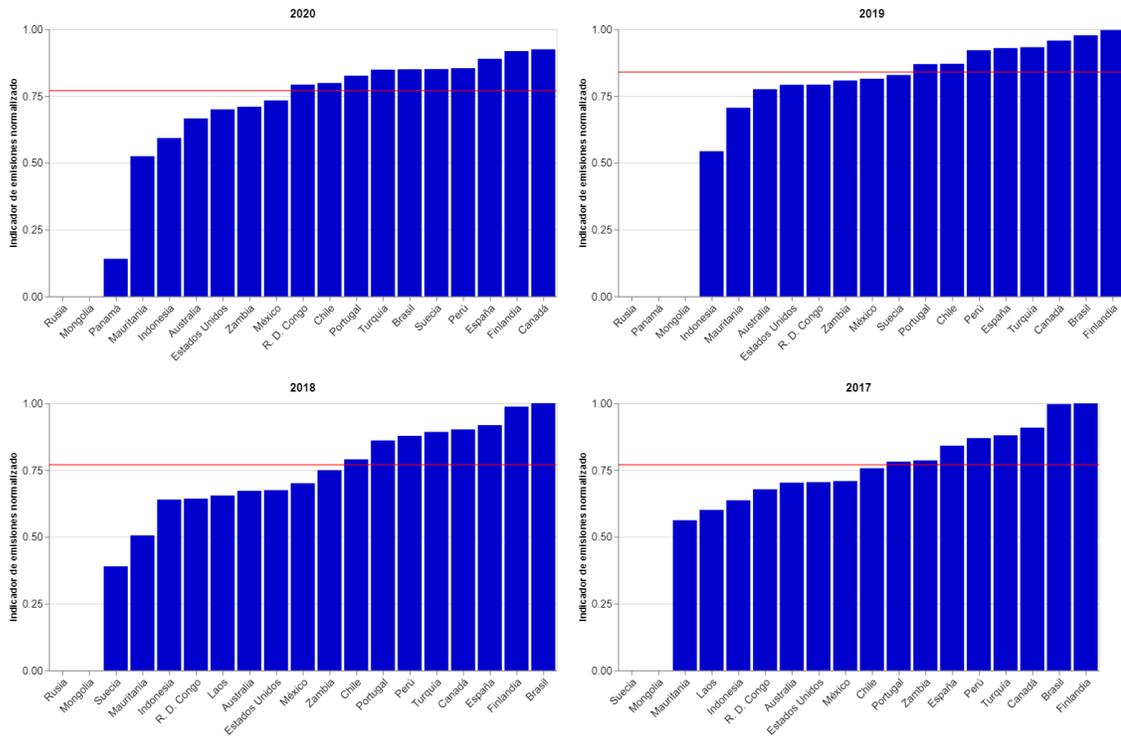


Figura 4.12: Indicador de emisiones normalizado para los años 2017-2020

El promedio ponderado de la Figura 4.12 es el promedio ponderado de la Tabla 4.6 normalizado y se mueve entre los valores 0.77 y 0.84 (recta de color rojo). Por otro lado, si se excluyen los países con un indicador de emisiones normalizado igual o cercano al valor cero, el rango del indicador se mueve entre los valores 0.4 o 0.5 hasta un máximo próximo a la unidad, esto significa que existe una diferencia entre los países en relación con el indicador de emisiones normalizado. Un ejemplo de esto es Mauritania, que posee un indicador de emisiones normalizado alrededor de 0.5 en 3 periodos, mientras que Canadá tiene valores de 0.9 o sobre este, es decir, Canadá es más sustentable que Mauritania respecto a las emisiones de CO_2 eq por tonelada de cobre producido.

Respecto al caso específico de Chile, este se ubica para los 4 periodos analizados aproximadamente en el promedio ponderado, donde cabe destacar que en el año 2017 se encuentra ligeramente por debajo. Por consiguiente, al igual que los casos anteriormente descritos, si se estima que el promedio ponderado es un límite para diferenciar un país de otro, Chile estaría en la frontera de la ventaja competitiva. Países como Canadá y Perú presentarían un alto valor competitivo respecto a los demás y caso contrario con Mongolia o Mauritania estarían en una desventaja en el mercado por su intensidad de emisiones, lo que se complementa con el potencial en reducir las emisiones de alcance 2 (Figura 4.11) por medio de contratos de suministro eléctrico con fuentes renovables, regulaciones o leyes que pueda tomar un país en particular, lo que generaría una mayor diferenciación en países o empresas mineras que puedan adoptar estas medidas. Esto implica que es posible diferenciar los países según su intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero, dado que hay un grupo de estos que se podrían considerar como sustentables y/o eficientes mientras que otros son el caso totalmente contrario.

4.3.2. Intensidad de extracción de agua

La intensidad de extracción de agua se dividió en dos casos: el primer caso la intensidad de extracción de agua considera tanto el agua continental como el agua de mar. Este tipo de intensidad si bien entrega la sustentabilidad de la empresa en términos de la extracción de agua, también incluye una mirada de la eficiencia del proceso. Mientras que el segundo caso, no incluye la extracción de agua de mar, por lo que se espera que tenga un menor nivel de competencia por el uso del recurso.

Las empresas a las cuales se les descontó el agua de mar fueron las que en su reporte de sostenibilidad mencionan el uso de este tipo de agua en sus faenas mineras y que explicitan además el valor de agua de mar usada en esta.

4.3.2.1. Intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar)

La Figura 4.13 ilustra la intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar) en $m^3/\text{ton Cu}$ de cada faena con la producción de cobre (ancho de columna) de cada una de estas, en el que todas las faenas mineras de un país se representan con el mismo color. El valor con la intensidad más alta corresponde al percentil 95 de la Tabla 4.6 y al igual que la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero, la recta horizontal que corta el gráfico representa el promedio ponderado de cada uno de los años.

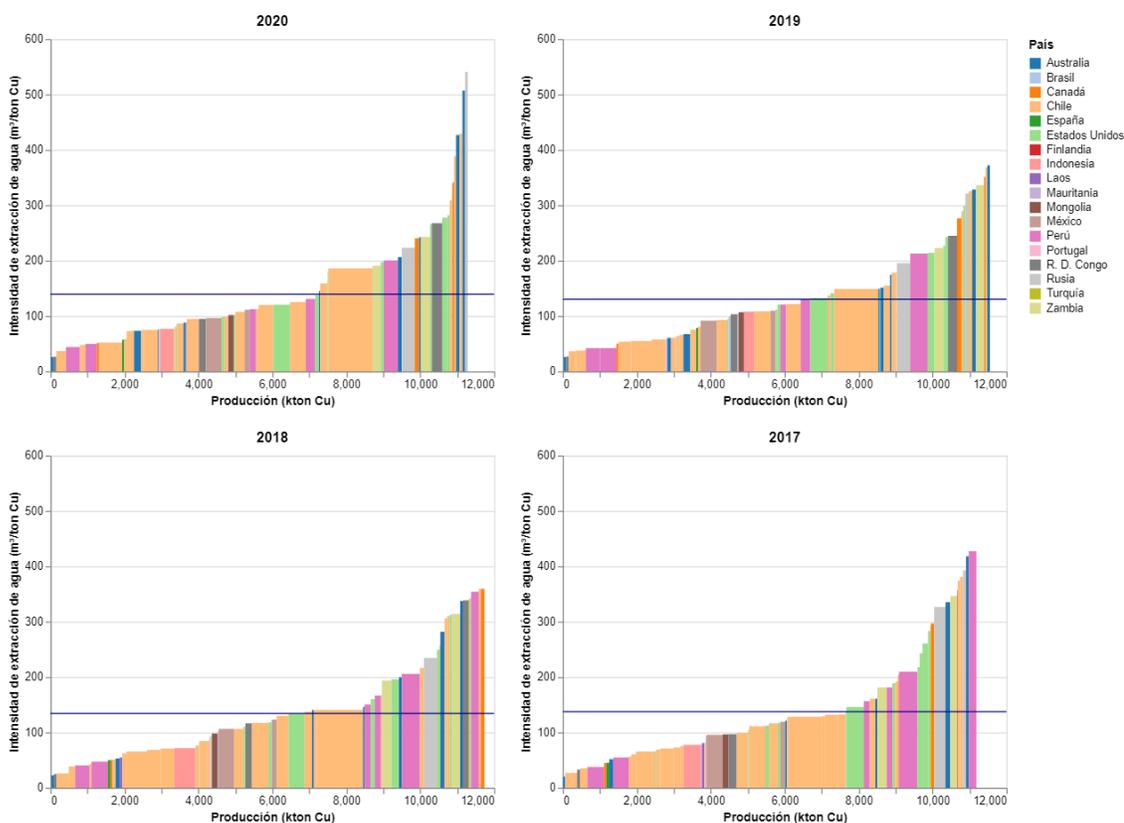


Figura 4.13: Intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar) según producción de cobre para los años 2017-2020

Mientras más alto sea el valor en intensidad significa que la faena está consumiendo más agua en su proceso productivo por tonelada de cobre producida, por lo que es menos sustentable respecto a las faenas en los valores mínimos de intensidad. En la Figura 4.13 se observa del mismo modo

que la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero que no se aprecia una relación entre la producción de cobre de una faena y su valor de intensidad, como también que el promedio ponderado de la Tabla 4.6 se mantiene dentro de rangos constantes para cada uno de los años.

En relación al análisis entre las distintas faenas mineras existe una diferenciación entre estos, con valores mínimos en el año 2020 de $13.63 \text{ m}^3/\text{ton Cu}$ a $552.41 \text{ m}^3/\text{ton Cu}$, además si se establece el promedio ponderado como el límite para definir una faena minera como sustentable, es posible a raíz de la Figura 4.13 clasificar las faenas bajo la recta como sustentables, lo que les permite obtener un elementos diferenciador respecto a las faenas que se encuentren por sobre la recta, las que pierden competitividad en el mercado como resultado de su intensidad de extracción de agua.

Dado que Chile y Perú representan más del 50% de la producción de cobre de la muestra, la Figura 4.14 muestra la distribución de las faenas de estos dos países al medir su intensidad de extracción de agua.

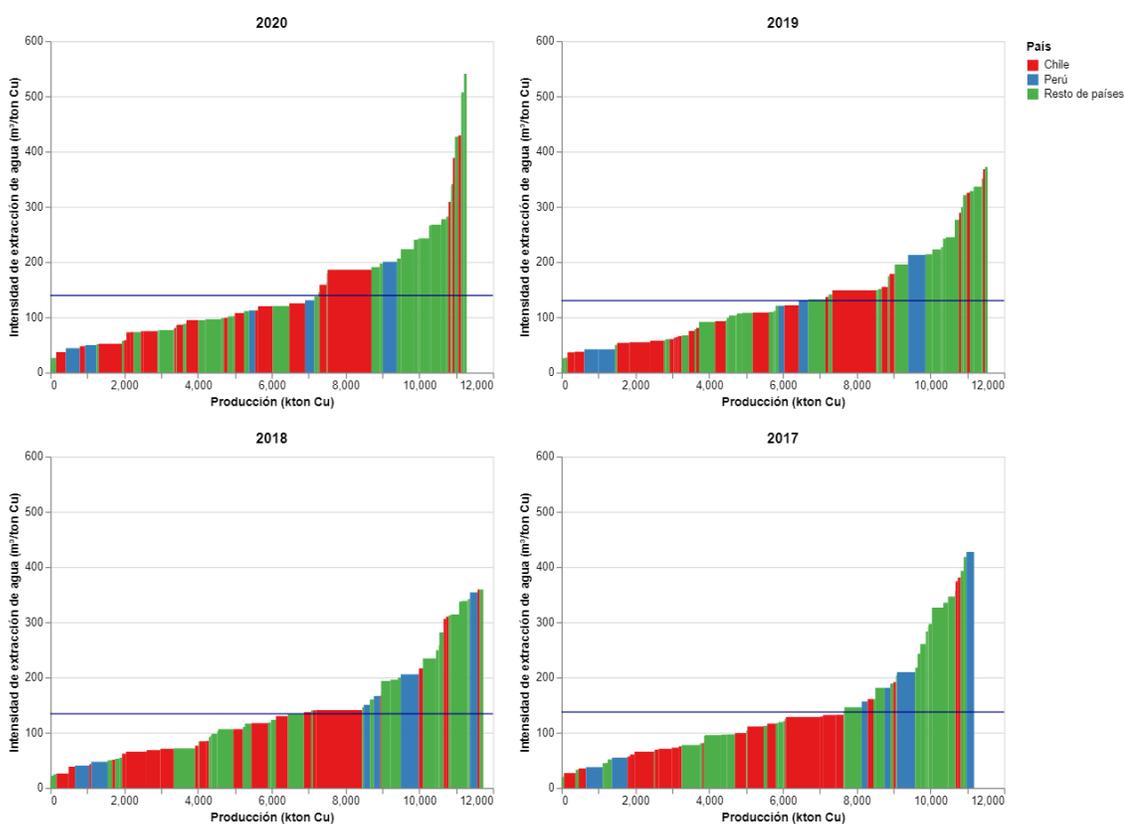


Figura 4.14: Intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar) para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020

Tanto Chile como Perú presentan faenas que se encuentra sobre y bajo el promedio ponderado, que implica que se puedan clasificar como sustentables o no, en el caso específico de Chile la cantidad de producción que se encuentra bajo el promedio ponderado es variable dado que está cerca de una discontinuidad en la distribución, por la producción de cobre de 1,100 kton Cu aproximadamente que presenta una faena en Chile en particular (Producción acumulada del eje de las abscisas en torno a los 8,000 para los 3 años más recientes y 7,000 en el año 2017). Además es posible observar una tendencia que las faenas en Chile que se encuentran sobre el promedio ponderado poseen una

menor producción de cobre (representado por su menor ancho de columna) comparado con las que se encuentra debajo de la recta del promedio ponderado. En el caso de Perú comparado con la Figura 4.10 en todos los años hay faenas mineras sobre el promedio ponderado y por lo tanto pierden competitividad en el mercado. Dado los resultados anteriores de Chile, Perú y el resto de los países, es posible aseverar que incluyendo un indicador ambiental como lo es la intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar), existe un potencial de diferenciar los productos mineros de cobre según este indicador.

Normalizando las faenas minera según el mínimo y percentil 95 de la Tabla 4.6 y agrupándolas en torno a sus respectivos países, según la producción de cobre de cada faena para el año respectivo. La Figura 4.15 muestra ordenados de menor a mayor los países según su indicador de extracción de agua normalizado en base a una normalización cero-uno. Al igual que para el caso de emisiones, al estar normalizados mientras más alto sea su valor, es decir, cercano a la unidad significa que mayor es su nivel de sustentabilidad, por otra parte, acercándose al valor cero el país es menos sustentable.

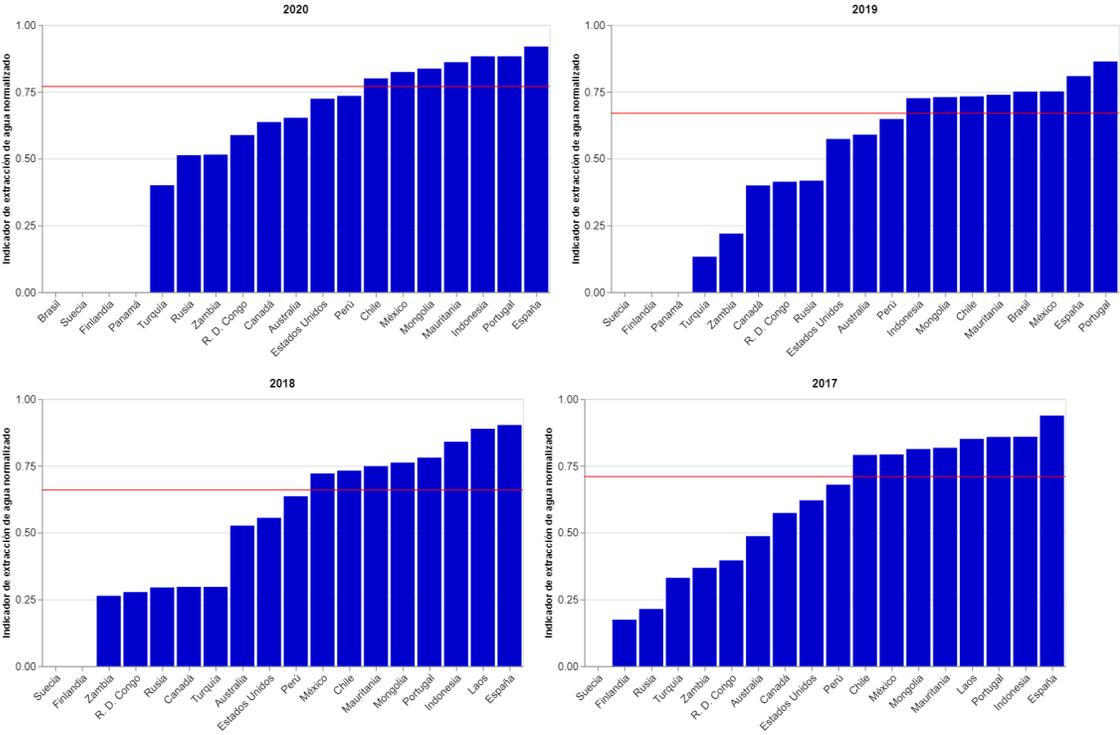


Figura 4.15: Indicador de extracción de agua (continental + agua de mar) normalizado para los años 2017-2020

El promedio ponderado de la Figura 4.15 es el promedio ponderado de la Tabla 4.6 normalizado y presenta valores entre 0.66 y 0.77 (recta de color rojo). Comparado con la Figura 4.12 que incluye el indicador de emisiones normalizado, en el caso del indicador de extracción de agua normalizado existen países que presenta valores más bajos en su intensidad (0.1 a 0.3), mientras que en emisiones es de 0.4 a 0.5, descartando en ambos casos los países con un indicador normalizado igual a cero. A priori, esto puede indicar que existe una mayor diferenciación entre los países o que el rango es mucho más amplio entre estos. En el caso particular de Chile, este se encuentra por sobre el valor del promedio ponderado, es decir, tiene una ventaja competitiva en cuanto a la diferenciación en su intensidad de extracción de agua. Países como España, Portugal en los 4 años, Laos en los años 2017 y 2018, son países que se pueden considerar como sustentables por presentar valores sobre

0.8 y cercano a 0.9 en algunos periodos, mientras que países como R. D. Congo, Rusia y Panamá se encuentran entre las posiciones más bajas. Panamá es un caso particular, puesto que presenta una minería del cobre muy temprana (año 2019) por lo que se halla en pleno proceso de aumento de producción de cobre.

De este modo, a nivel de país también es posible diferenciarse utilizando el indicador de extracción de agua (continental + agua de mar). A continuación se describe este mismo indicador, pero sin considerar el uso de agua de mar en los procesos de producción de cada faena minera.

4.3.2.2. Intensidad de extracción de agua (continental)

La Figura 4.16 ilustra la intensidad de extracción de agua descontando el agua de mar, incluyendo la producción de cobre de cada faena (ancho de columna), en el que las faenas de un país se representan con el mismo color. El valor con la intensidad más alta es el percentil 95 que proviene de la Tabla 4.6 y la recta horizontal representa el promedio ponderado de cada uno de los años.

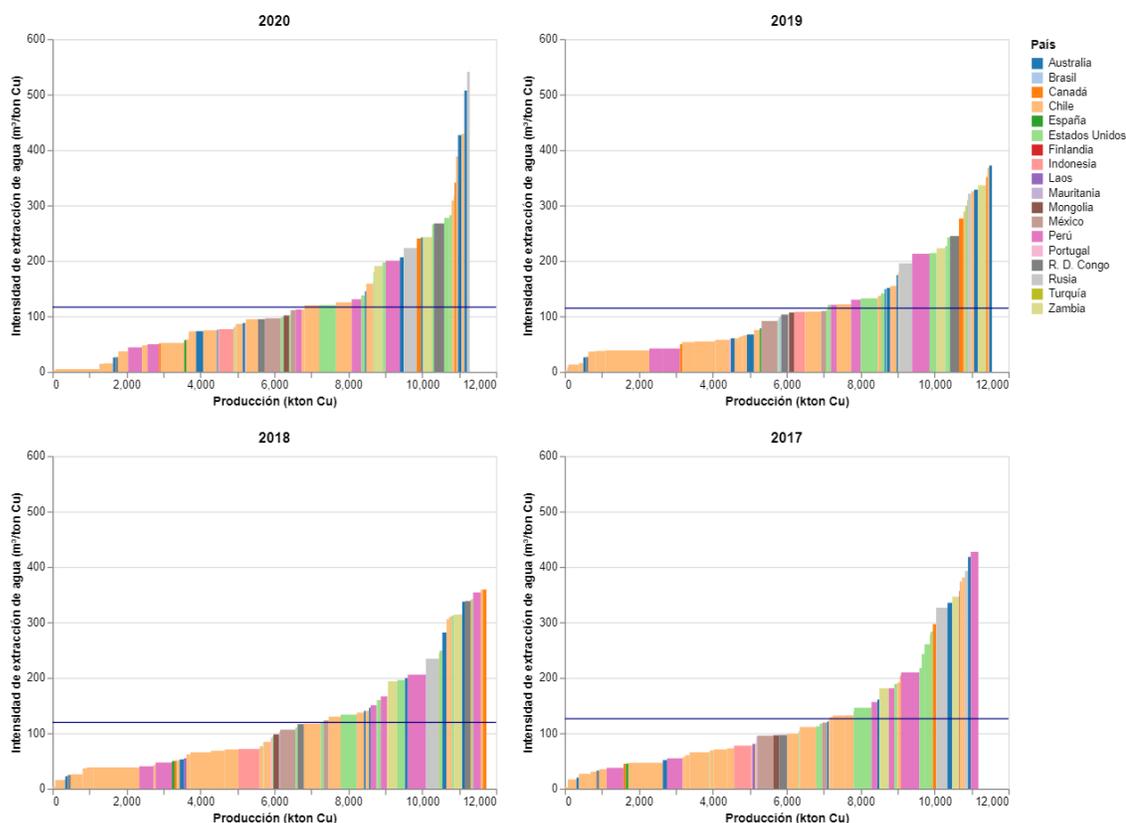


Figura 4.16: Intensidad de extracción de agua continental según producción de cobre para los años 2017-2020

La principal diferencia respecto a la intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar, Figura 4.13) son los valores mínimos en intensidad debido a la resta del uso de agua de mar. El valor más bajo en intensidad de extracción de agua continental en la Tabla 4.6 corresponde a 2.52 ($m^3/ton Cu$) en el año 2019, mientras que para el caso que considera agua continental + agua de mar es 8.53 ($m^3/ton Cu$) en el mismo año, es decir, es 3.4 veces más bajo aproximadamente. Respecto a los valores máximos estos se mantienen comparado con la intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar) y el promedio ponderado es más bajo dado que las faenas mineras

que utilizan agua de mar en sus operaciones disminuyen su consumo de agua continental y por ende se reduce su intensidad.

La tendencia es similar a la extracción de agua (continental + agua de mar), esto es, diferencia entre las distintas faenas y si se establece el promedio ponderado como el límite para clasificar la sustentabilidad de las faenas mineras, se genera una diferencia que es visible dada la distribución que tienen en intensidad estas mismas. El caso que más destaca es el de Chile, el que se ve representado con mayor detalle en la Figura 4.17.

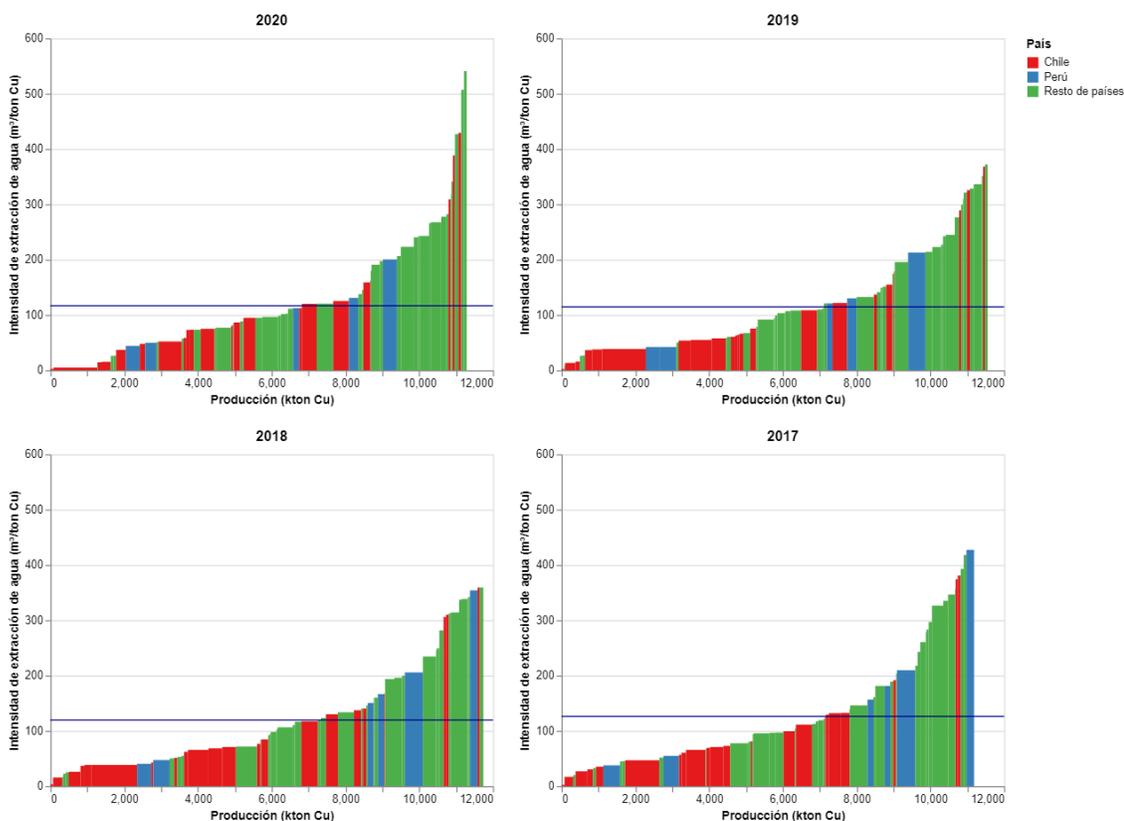


Figura 4.17: Intensidad de extracción de agua continental para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020

La Figura 4.17 muestra que las faenas de Chile son las que presentan los menores valores de intensidad de agua, es decir, Chile tiene una alta ventaja competitiva en el caso que se defina por ejemplo el promedio ponderado como clasificador para nombrar una faena como sustentable. Además, la faena de Chile que generaba la discontinuidad en la distribución (Figura 4.14), en este caso se encuentra entre los valores más bajos comparado con el resto de las faenas. Esto significa que considerando el agua (continental + agua de mar), dicha faena se encuentra dentro del promedio ponderado, pero con la utilización solo de agua continental se localiza dentro de las faenas más sustentables, es decir, es posible generar diferencias tanto a nivel entre faenas como en la faena misma, según el tipo de intensidad de extracción de agua que se esté considerando. De este modo, el indicador de intensidad de agua continental también permite lograr una diferenciación a nivel de faena minera, con diferencias entre las más y menos sustentables.

Normalizando las faenas mineras bajo el mismo proceso que la extracción de agua (continental +

agua de mar). La Figura 4.18 muestra ordenados de menor a mayor los países según su indicador de extracción de agua normalizado en base a una normalización cero-uno. Mientras el valor sea más cercano a la unidad es mayor su nivel de sustentabilidad, por otro lado, más cerca del valor cero el país es menos sustentable.

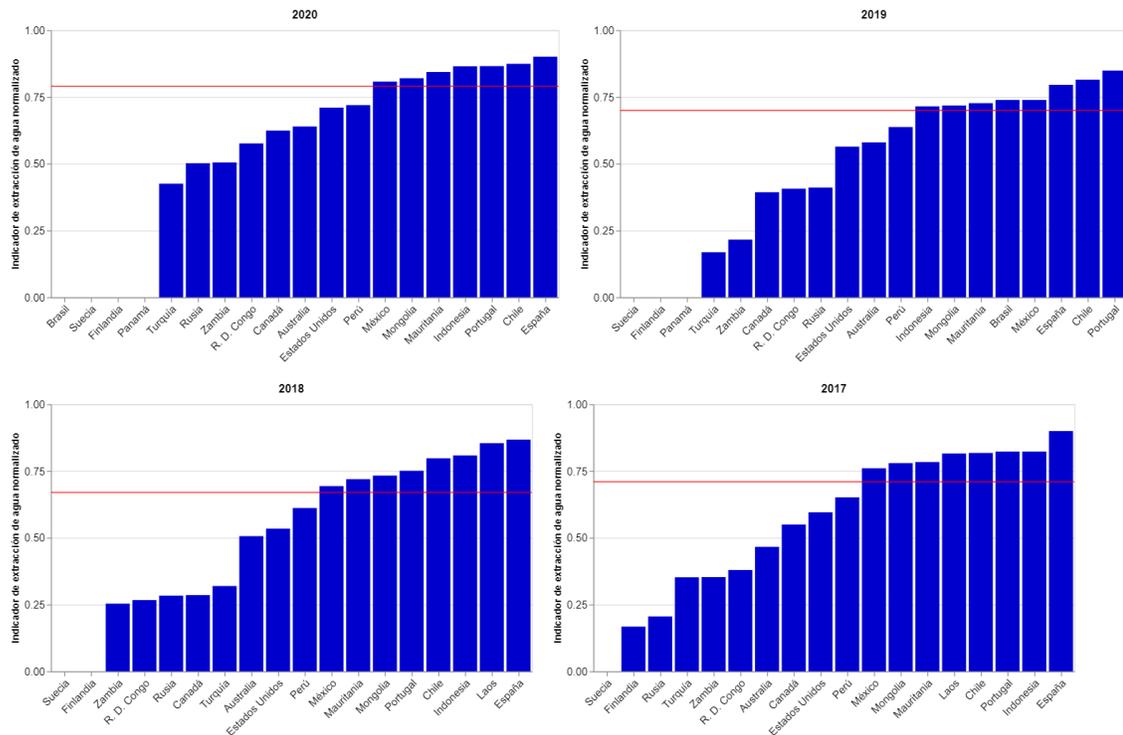


Figura 4.18: Indicador de extracción de agua continental normalizado para los años 2017-2020

Comparado con el indicador de extracción de agua (continental + agua de mar, Figura 4.15) la gran mayoría de los países vio reducido su valor en indicador normalizado entre 0.01 a 0.04, esto dado los nuevos valores mínimos que son más bajos que el agua (continental + agua de mar) y por lo tanto castigan la no utilización por parte de esa faena de agua mar. Existen excepciones como Turquía que aumento su intensidad normalizada o Chile que tuvo un aumento de 0.08 puntos en el año 2019, permitiendo posicionarse dentro de los países más sustentables en el uso de agua continental, por la inclusión del agua de mar en sus procesos mineros.

Respecto al promedio ponderado, este se incrementó en algunos de los años analizados hasta 0.03, dado que las faenas en Chile que disminuyeron su intensidad con solo el uso de agua continental tienen una mayor producción de cobre y como consecuencia poseen un mayor peso en el cálculo del promedio ponderado siendo este más bajo como se observa en la Tabla 4.6 y por lo tanto más cercano al valor de la unidad al normalizar. El resto de los resultados se mantienen similares respecto al indicador de extracción de agua (continental + agua de mar) normalizado, es decir, existe una diferencia notoria entre los países más/menos sustentables, además definiendo cualquier límite para realizar una diferenciación, es posible clasificarlos en 2 grupos.

En conclusión, el cálculo de la intensidad de extracción de agua continental aporta para la diferenciación de productos mineros del cobre, tanto a nivel de faena minera como a nivel país. A medida

que las faenas mineras incluyan en sus procesos de producción la utilización de agua de mar, el indicador de extracción de agua continental tiene un gran potencial para poder diferenciar tanto faenas mineras como países, tal como se evidencia en el caso de Chile.

4.3.3. Diferenciación entre los 3 indicadores ambientales

Dado que los 3 indicadores ambientales analizados poseen un potencial de diferenciación, la importancia recae en conocer cuál de los 3 indicadores es el que genera la mayor diferenciación. La Tabla 4.7 muestra el coeficiente de variación de los 3 indicadores ambientales para cada uno de los años estudiados.

Tabla 4.7: Coeficiente de variación de los indicadores ambientales

Coeficiente de variación	2020	2019	2018	2017
Agua (continental + agua de mar)	0.66	0.62	0.64	0.70
Agua continental	0.86	0.76	0.77	0.81
Emisiones	0.51	0.62	0.47	0.41

El coeficiente de variación entrega información sobre la dispersión de un conjunto de datos y se escribe como la razón entre la desviación estándar y el promedio, mientras más alto sea su valor, los datos se encuentran más dispersos, es decir, existe una mayor diferenciación entre los datos. Además, al tratarse de una variable adimensional permite la comparación entre variables o indicadores que no tienen en principio unidades de medida iguales. Dado lo anterior, en la Tabla 4.7 se tiene que la intensidad de extracción de agua continental es el que provee la mayor diferenciación de los datos, seguido de la intensidad de extracción de agua (continental + agua de mar) y por último la intensidad de emisiones. Como consecuencia el agua continental es el que posee un mayor potencial entre los 3 indicadores ambientales para la diferenciación en productos mineros de cobre.

Finalmente, los 3 tipos de indicadores ambientales permiten la diferenciación entre la faenas mineras, en donde estas pueden lograr una ventaja competitiva en la diferenciación. Cabe destacar que al no considerar la distribución de leyes de cobre de los yacimientos, las faenas o países que poseen intensidades de emisiones (ton CO_2 eq/ton Cu) o de extracción de agua (m^3 /ton Cu) más altas que el promedio ponderado y que posean yacimientos con leyes de cobre bajas o que producto del envejecimiento de estos, la ley de cobre disminuya gradualmente, los afecta directamente en la competitividad del mercado, dado que menores leyes provocan un aumento en el consumo de agua, diésel, entre otros, es decir, crece la intensidad de estos indicadores y genera como resultado una baja en la competitividad en el mercado.

4.3.4. Indicadores sociales, económicos y de gobernanza

Realizando un promedio de los 18 indicadores sociales, 17 económicos y 8 gobernanza en los 4 años entre 2017 al 2020 se obtienen las Figuras 4.19, 4.20 y 4.21. La normalización de estos indicadores, implica que mientras su valor sea cercano a la unidad significa que posee un mejor rendimiento social, económico o de gobernanza y cercano al valor cero un menor rendimiento. Las 3 Figuras presentan la misma escala en su leyenda de tal forma que permite comparaciones entre categorías.

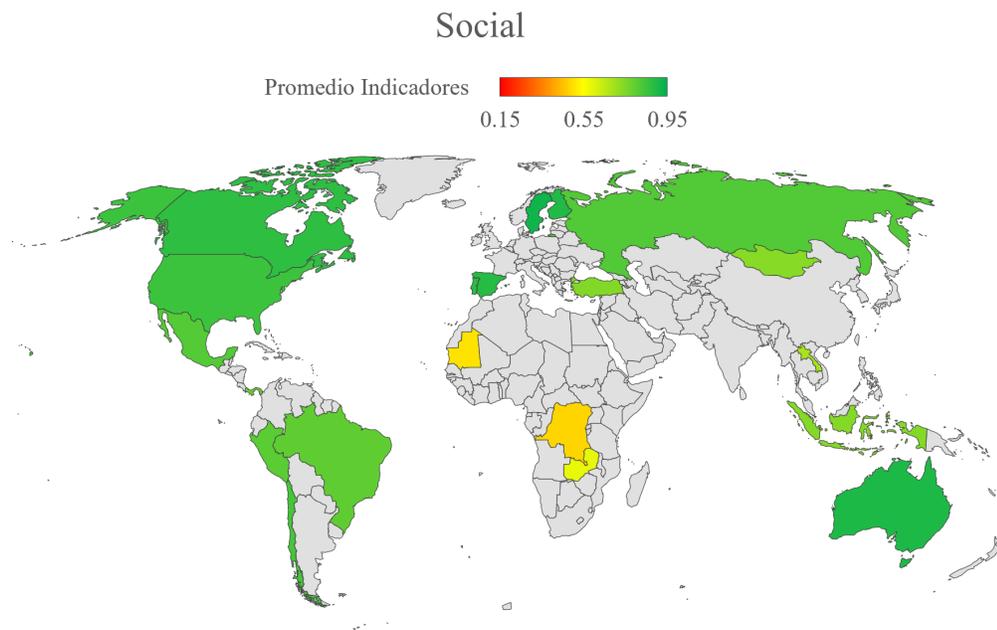


Figura 4.19: Promedio indicadores sociales por país

En el ámbito social que se presenta en la Figura 4.19, el valor máximo se encuentra en 0.93 y el valor mínimo en 0.48. Además es posible observar que no existen diferencias significativas entre la gran mayoría de los países (zonas de tonalidades más verdes). La principal diferencia se encuentra en los países del continente africano que mantiene una tonalidad más anaranjada, diferenciándose del resto.

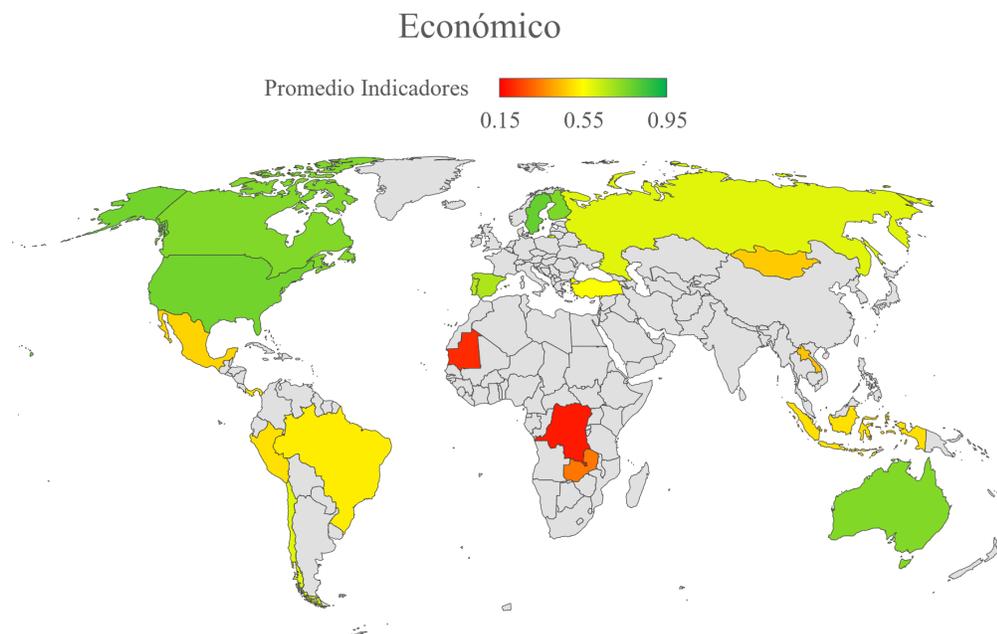


Figura 4.20: Promedio indicadores económicos por país

En el caso de los indicadores económicos (Figura 4.20) el valor máximo se encuentra en 0.79 y el valor mínimo en 0.19, es decir, existe una brecha mucho mayor comparado con los indicadores sociales, que se condice con el mayor cambio de tonalidades que tienen los diferentes países, que permite proponer una diferenciación entre estos. Los países con los valores más altos lo componen:

Suecia, Estados Unidos, Finlandia, Canadá y Australia. Por otro lado, en el extremo inferior se encuentra la República Democrática del Congo, Mauritania y Zambia.

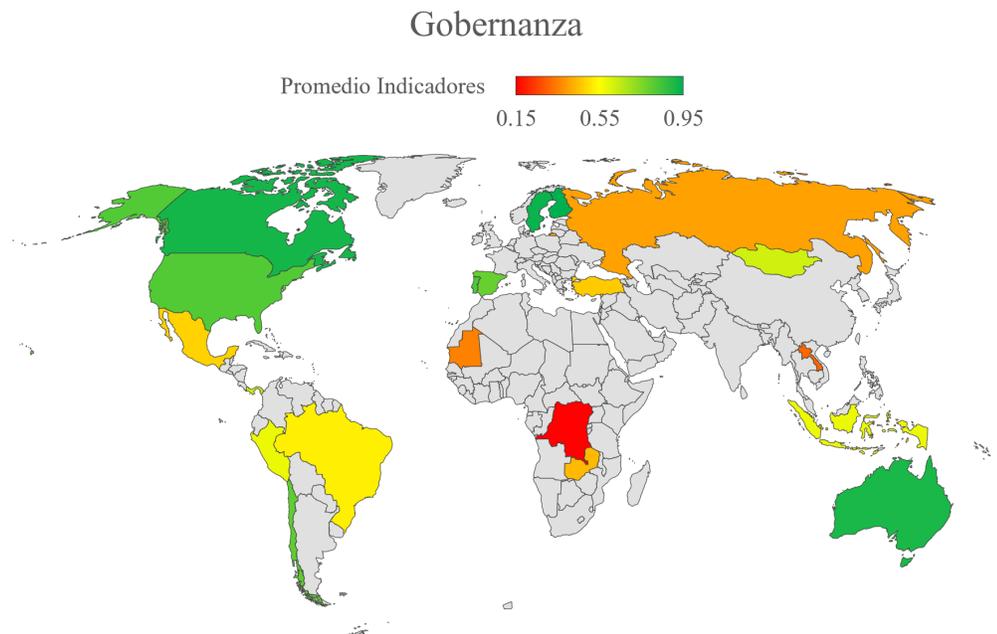


Figura 4.21: Promedio indicadores de gobernanza por país

Finalmente, la Figura 4.21 presenta el promedio de los indicadores de gobernanza para cada uno de los países. La categoría de gobernanza es el que presenta la mayor diferencia entre los países, con un valor máximo de 0.95 y valor mínimo de 0.15, lo cual se apoya en el mayor cambio en tonalidades de color entre estos.

Los países con los valores más bajos corresponden a la República Democrática del Congo, Laos y Mauritania, mientras que Finlandia, Suecia, Canadá y Australia poseen valores sobre el 0.9. Es así que solo con un promedio general entre los indicadores para cada una de las categorías es posible diferenciar los países estudiados tanto económicamente como en gobernanza, en el ámbito social es probable que sea más complicado realizar una diferenciación dada la cercanía o la poca variación entre sus valores, al menos en un plano más general, dado que al tratarse de indicadores a nivel de país se pierde la heterogeneidad que pueda existir en una región o en análisis más locales. En *Anexos D* se encuentra un análisis más focalizado, agrupando los países por continente y los indicadores por ODS para cada una de las tres categorías, con el fin de observar los ODS en los que se diferencian los países.

Al igual que la *Sección 4.3.3* la Figura 4.22 detalla el coeficiente de variación de los indicadores sociales, económicos y de gobernanza, pero comparándolos con los indicadores ambientales.

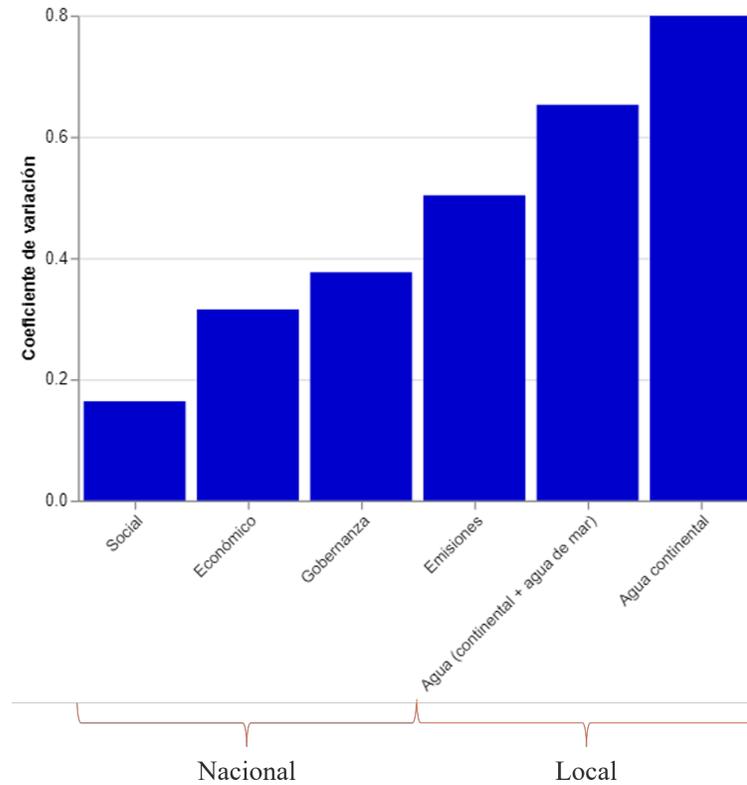


Figura 4.22: Coeficiente de variación entre indicadores

Mientras más alto sea el valor del coeficiente de variación significa que existe una mayor dispersión de los datos y por lo tanto una mayor diferenciación. Se observa en la Figura 4.22 que el indicador que genera la mayor diferenciación es el agua continental mientras que el más bajo son los indicadores sociales. Por otro lado, los indicadores locales se agrupan en las 3 posiciones más altas mientras que los nacionales en las 3 más bajas, esto se puede deber a que los indicadores locales proveen una mayor heterogeneidad de los datos comparado con el nivel país donde se pierde la diversidad de cada una de las regiones.

En el caso de los indicadores nacionales el que provoca una mayor diferenciación es en el plano de gobernanza, seguido de los indicadores económicos y finalmente los sociales, lo cual reafirma la variedad de los colores presentes en las Figuras 4.20 y 4.21, es decir, el potencial de diferenciación en un nivel de país se encuentra en los indicadores de gobernanza y económico, donde los países que adopten medidas para mejorar sus indicadores obtendrían este elemento diferenciador como ventaja competitiva.

4.3.5. Indicador global

El indicador global normalizado se calcula en base a los ponderadores asignados en la *Sección 4.2.3*, con el fin de determinar si al considerar todas las categorías ambientales, económicas, sociales y de gobernanza, estos se siguen diferenciando o existen compensaciones que provoquen que las faenas mineras se nivelen no existiendo una diferenciación muy marcada.

Dado que el indicador ambiental de consumo de agua utilizando solo agua continental en su proceso, es el indicador que posee una mayor diferenciación, la ponderación del 25% que se asigna al indicador de extracción de agua es solo con el uso de agua continental, en el *Anexo E* se encuentra el indicador global con extracción de agua (continental + agua de mar) y en el *Anexo F* una comparación del indicador global por país según si se utiliza solo agua continental o agua continental + agua de mar.

La Figura 4.23 ilustra el indicador global normalizado de cada faena con la producción de cobre (ancho de columna) de cada una de estas, donde cada faena minera de un país en particular se representa con el mismo color. Esta normalización permite que los valores cercanos a la unidad impliquen un mejor rendimiento, caso contrario con los valores cercanos al cero. La recta horizontal que corta cada uno de los gráficos es el promedio ponderado de cada uno de los años.

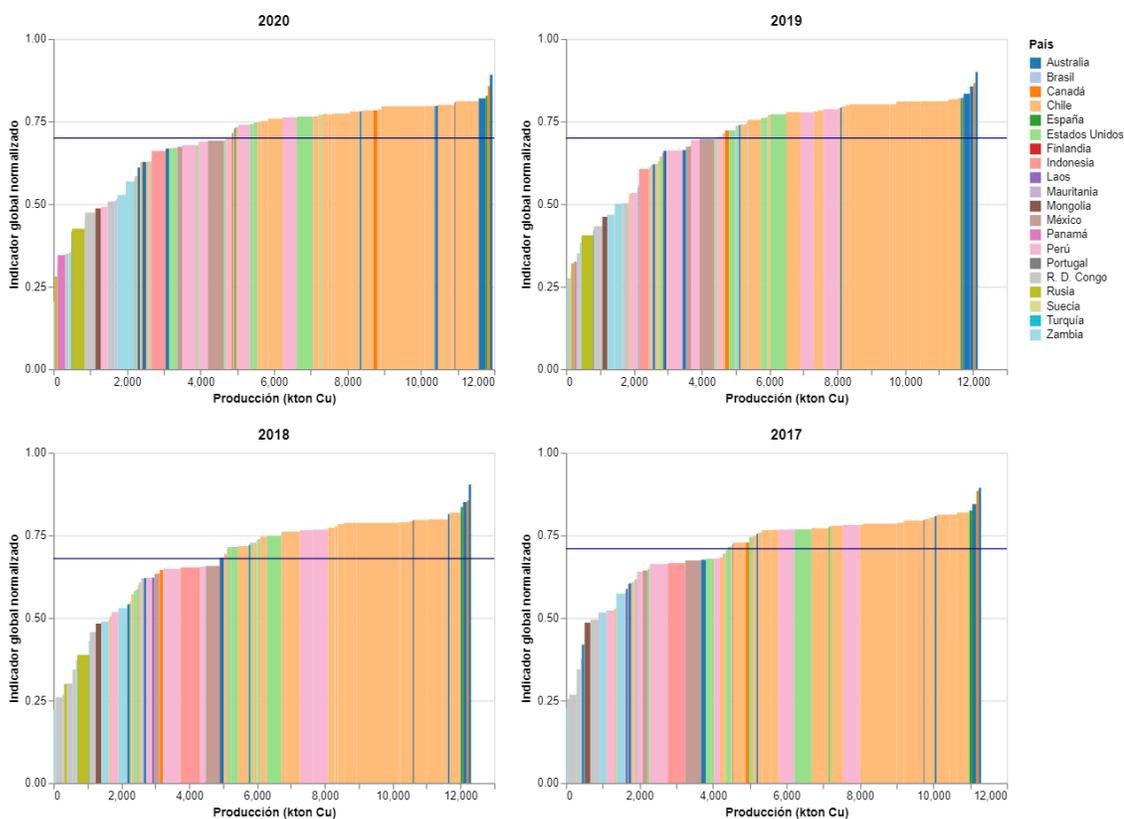


Figura 4.23: Indicador global normalizado según producción de cobre para los años 2017-2020

El valor mínimo en los 4 años es 0.2 (2020) y el máximo 0.9 (2018 y 2019), además no se observa al igual que los indicadores ambientales que una mayor producción de cobre implique tener un mejor o peor rendimiento respecto al resto de las faenas mineras. La inclusión de indicadores

económicos, sociales y de gobernanza al cálculo de un indicador global no limitó la diferenciación entre las faenas mineras de los distintos países estudiados, sino más bien sigue la tendencia de “escalera” que permite establecer cualquier parámetro (promedio ponderado) como límite para definir la competitividad de una empresa en el mercado. En particular el caso específico de Chile y Perú se representan con detalle en la Figura 4.24.

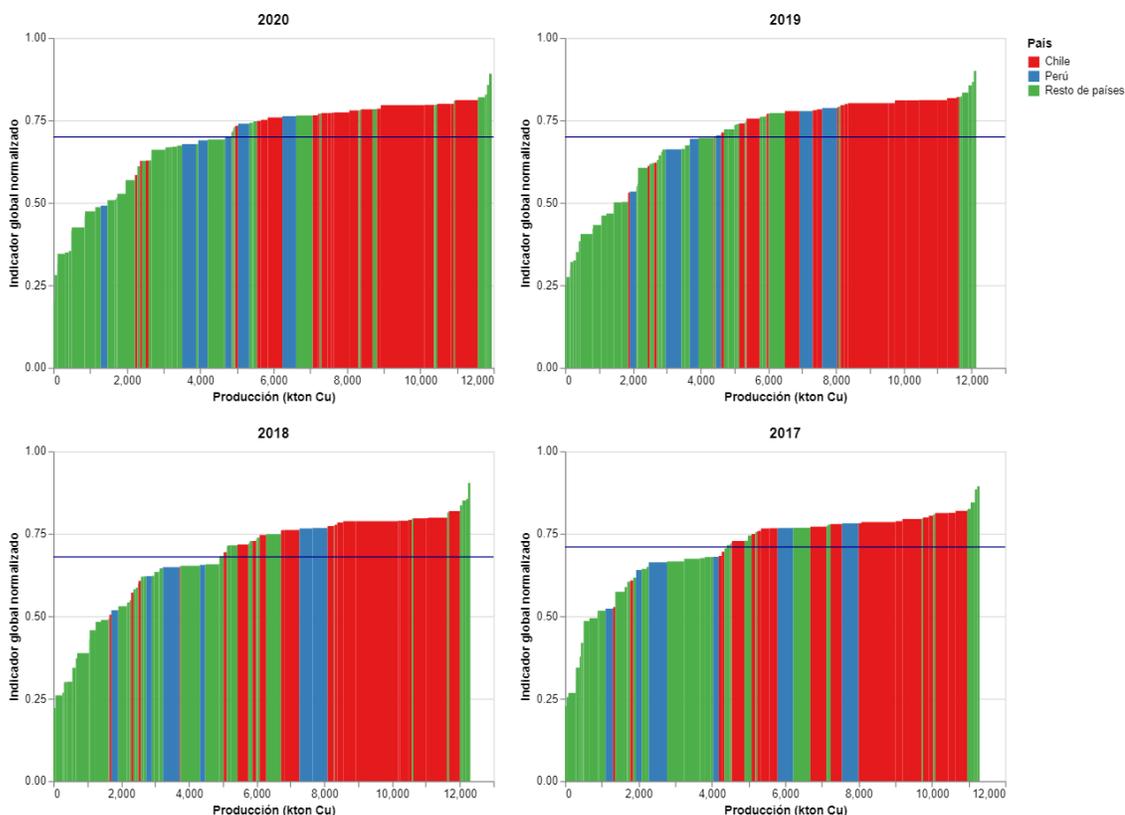


Figura 4.24: Indicador global normalizado para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020

Se observa en la Figura 4.24 que al establecer el promedio ponderado como limitante entre las distintas faenas, es posible clasificarlas en grupos con mejor o peor rendimiento si están por sobre o bajo la recta del promedio ponderado. En el caso de Chile se tiene que la mayoría de sus faenas se encuentran por sobre el promedio ponderado, es decir, presentarían una ventaja competitiva en el mercado con la utilización de un indicador global que agrupe una serie de indicadores. Las faenas de Chile que se encuentran por debajo del promedio ponderado son parte de las faenas que presentan la menor producción de cobre en Chile que se ve representado por su ancho de columna en la Figura 4.24 comparado con el resto de faenas de Chile. Por otro lado, Perú aproximadamente dos de sus faenas mineras se posicionan por sobre el promedio ponderado ganando un elemento diferenciador respecto al resto.

En resumen, si existe una capacidad de diferenciación en productos mineros de cobre en base a un indicador global que está compuesto por indicadores ambientales, sociales, económicos y de gobernanza. En particular, las faenas mineras de Chile presentan un potencial de diferenciación al utilizar el promedio ponderado como elemento diferenciador por ubicarse por sobre este, obteniendo una ventaja competitiva en el mercado frente a los demás países.

Capítulo 5

Conclusiones

Dado los resultados y discusiones obtenidos del capítulo anterior, es posible concluir lo siguiente.

Una de las principales brechas para un potencial diferenciación en productos mineros de cobre es la disponibilidad y calidad de la información reportada. A través del levantamiento de antecedentes de los reportes de sostenibilidad de las empresas mineras en temáticas ambientales como las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 eq) y la extracción de agua, existe una baja disponibilidad de información hasta el año 2017, donde a partir de ese año la disponibilidad se encuentra en su punto máximo (100% de reportabilidad), es decir, las empresas mineras con el paso del tiempo han aumentado el nivel de información disponible públicamente. Por otro lado, en cuanto a cómo se representa la información (nivel empresa o faena minera), sigue existiendo un potencial de mejora de estos datos en algunas empresas productoras de cobre. Dado que disponer de información en un plano de empresa permite en principio realizar comparaciones más generales pero no en un nivel de detalle mayor, como lo es en este caso en particular para la diferenciación en productos mineros de cobre. Puesto que una gran cantidad de estas empresas mineras son multinacionales con producción en distintos países y con commodities distintos, por lo que es necesario un detalle mucho mayor para lograr una diferenciación de los commodities.

En el ámbito de los indicadores sociales, económicos y de gobernanza la reportabilidad de estos depende de instituciones externas que midan esta información o que los países en cuestión mantengan la información disponible para que posteriormente sean recopilados por instituciones como UNESCO, FAO, World Bank, entre otros. Es así como los indicadores de gobernanza son los que poseen la mayor reportabilidad (sobre 90%) dado que son estimados en su mayoría por instituciones externas y son reportados anualmente.

Entre los 3 indicadores ambientales: intensidad de emisiones (ton CO_2 eq/ton Cu), intensidad de extracción de agua (m^3 /ton Cu) con utilización de agua continental y agua de mar y sin agua de mar, el que genera la mayor dispersión de los datos, es decir, un mayor potencial de diferenciación es la intensidad de extracción de agua continental con un valor mínimo de coeficiente de variación de 0.76 y un máximo de 0.86 en los 4 periodos analizados. Esta mayor diferenciación se puede deber a que las faenas que utilizan agua de mar en sus procesos reducen sus extracciones de agua continental generando una mayor brecha en la intensidad con respecto a las faenas que solo utilizan agua continental en sus procesos mineros. Por otro lado, el indicador ambiental que obtuvo la menor diferenciación es la intensidad de emisiones con un coeficiente de variación mínimo de 0.41 y un máximo de 0.62.

Dado que es altamente probable que en un futuro, por ejemplo la Bolsa de Metales de Londres (LME) asigne algún valor o medidas para comercializar el cobre o que los procesos de certificación/estandarización de los metales incluyan parámetros para certificar la producción de cobre. Asumir como caso hipotético que se defina este límite como el promedio ponderado en los indicadores ambientales, se tiene que se producen diferencias a nivel de faenas mineras como entre países, permitiendo clasificarlos como sustentables o con una ventaja competitiva en el mercado en el caso que se diferencien según este tipo de indicadores. En el caso de Chile, existe un potencial de poder diferenciarse con la utilización de un indicador de extracción de agua continental, por el empleo de agua de mar en los procesos que poseen algunas empresas mineras permitiendo la reducción en la extracción de agua continental.

En relación con los indicadores sociales, económicos y gobernanza, los países del continente africano siempre se posicionaron dentro de los países con el promedio de indicadores más bajos y por lo tanto menos sustentables, que se refleja por los colores más rojizos-anaranjados de las Figuras 4.19, 4.20 y 4.21. Entre las 3 categorías (social, económico y gobernanza) el que genera la mayor diferenciación son los indicadores de gobernanza con un coeficiente de variación de 0.38 mientras los indicadores sociales presentan la menor diferenciación. De esta forma los indicadores ambientales (locales) se ubican en las 3 posiciones con mayor diferenciación, mientras que los indicadores nacionales (social, económico y gobernanza) en las 3 últimas, puesto que los indicadores ambientales al tener un detalle local captan la heterogeneidad de los datos, el cual se pierde en los indicadores nacionales.

Al agrupar las categorías ambientales, sociales, económicas y de gobernanza en un indicador global para cada una de las faenas estudiadas. Existe un potencial de diferenciación de las faenas mineras a través de este indicador y también con la utilización de una métrica como lo puede ser el promedio ponderado, permitiendo clasificar faenas con mejor o peor rendimiento. En el caso de Chile, este posee un potencial de diferenciación con la utilización del indicador global al posicionarse por sobre el promedio ponderado, obteniendo una ventaja competitiva en el mercado.

Finalmente, existe un potencial de diferenciación en productos mineros de cobre en base a indicadores como la intensidad de emisiones, intensidad de extracción de agua, económicos, sociales y de gobernanza. Esta diferenciación puede ser como estrategia económica de una empresa, por ejemplo en productos de mayor elasticidad precio de la demanda se generan espacios del 10% en ventas, que es esperable que esto constituya una cota superior para minerales con demandas altamente inelásticas, pero también se puede deber a procesos regulatorios que obliguen a las empresas mineras a cumplir ciertos estándares establecidos para comercializar sus productos.

Como recomendaciones a trabajos futuros está la incorporación de la distribución de leyes de cobre de los yacimientos como variable a analizar en los impactos en la diferenciación. Esto dado que, las faenas o países que según el promedio ponderado se clasificarían como no sustentables/eficientes si poseen además yacimientos con baja ley o que dado el envejecimiento de estos, la ley del commodity disminuya, trae como consecuencia mayores tasas de extracción y por ende mayor consumos de agua, diésel, etc, afectando en la competitividad que puedan tener estas empresas en el mercado de la diferenciación. También la inclusión de indicadores sociales, económicos y de gobernanza en un plano local para estudiar el potencial real que tienen estos indicadores en la diferenciación en productos mineros de cobre.

Bibliografía

- Acosta, N. (2011). *Sustainably Sourced Luxuries: a Road for the Mining and Metals Industry. Differentiating Metal Commodities through Sustainability* (IIIEE Master thesis). Descargado de <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/2202443>
- Andrén-Sandberg, F. (2018a). Commodities Next in Line for Decommoditisation. En *Commodities pricing and the bulk trap* (pp. 95–104). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-72468-3_7
- Andrén-Sandberg, F. (2018b). Parallel Decommoditisation Trends in Non-energy Markets. En *Commodities pricing and the bulk trap* (pp. 67–93). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-72468-3_6
- Andrews, E. S., Barthel, L., Beck, T., Benoît, C., Ciroth, A., Cucuzzella, C., ... Weidema, B. (2009). *Guidelines for social life cycle assessment of products: social and socio-economic LCA guidelines complementing environmental LCA and Life Cycle Costing, contributing to the full assessment of goods and services within the context of sustainable development* (C. Benoît y B. Mazijn, Eds.). UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, United Nations Environment Programme.
- Awuah-Offei, K., y Adekpedjou, A. (2011). Application of life cycle assessment in the mining industry. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(1), 82–89. doi: 10.1007/s11367-010-0246-6
- Ayuk, E., Pedro, A., y Ekins, P. (2020). *Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing extractive industries towards sustainable development*. International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Azapagic, A. (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 12(6), 639–662. doi: 10.1016/S0959-6526(03)00075-1
- Azapagic, A., y Perdan, S. (2000). Indicators of Sustainable Development for Industry: A General Framework. *Process Safety and Environmental Protection*, 78(4), 243–261. doi: 10.1205/095758200530763
- Bazilian, M. D. (2018). The mineral foundation of the energy transition. *The Extractive Industries and Society*, 5(1), 93–97. doi: 10.1016/j.exis.2017.12.002
- BHP. (2021). *BHP y Southwire colaboran en la primera entrega de cátodos de cobre con neutralidad de carbono*. Descargado 2021-12-06, de <https://www.bhp.com/news/media-centre/releases/2021/10/bhp-y-southwire-colaboran-en-la-primera-entrega-de-catodos-de-cobre-con-neutralidad-de-carbono>
- Cattani, G., Dunbar, R. L., y Shapira, Z. (2017). How Commitment to Craftsmanship Leads to Unique Value: Steinway & Sons' Differentiation Strategy. *Strategy Science*, 2(1), 13–38.

doi: 10.1287/stsc.2017.0024

- Church, C., y Crawford, A. (2020). Minerals and the metals for the energy transition: Exploring the conflict implications for mineral-rich, fragile states. En M. Hafner y S. Tagliapietra (Eds.), *The geopolitics of the global energy transition* (Vol. 73, pp. 279–304). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-39066-2_12
- Cochilco. (2017). *Informe de actualización de emisiones de gases de efecto invernadero directos e indirectos en la minería del cobre al año 2016* (Inf. Téc.). Descargado de <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20GEI%20dir%20e%20ind%202016%20vf.pdf>
- Cochilco. (2019). *Indicadores de sustentabilidad en la minería del cobre en Chile* (Inf. Téc.). Descargado de <https://www.cochilco.cl/Presentaciones/PPT%20UC%20Sustentabilidad.pdf>
- DCCEEW. (s.f.). *National Greenhouse Accounts Factors*. Descargado 2022-09-17, de <https://www.dcceew.gov.au/climate-change/publications/national-greenhouse-accounts-factors>
- Di Noi, C., Cirotto, A., Mancini, L., Eynard, U., Pennington, D., y Blengini, G. A. (2020). Can S-LCA methodology support responsible sourcing of raw materials in EU policy context? *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(2), 332–349. doi: 10.1007/s11367-019-01678-8
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (s.f.). *Faktor Emisi Pembangkit Listrik*. Descargado 2022-09-17, de https://gatrik.esdm.go.id/frontend/download_index/?kode_category=emisi_pl
- Energía Abierta. (s.f.). *Factores de Emisión*. Descargado 2022-09-17, de <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/>
- Environment Canada. (s.f.). *National inventory report : greenhouse gas sources and sinks in Canada*. Descargado 2022-09-17, de <https://publications.gc.ca/site/eng/9.506002/publication.html>
- Farjana, S. H., Huda, N., Mahmud, M. P., y Saidur, R. (2019). A review on the impact of mining and mineral processing industries through life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1200–1217. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.05.264
- Fisher, E., y Childs, J. (2014). An ethical turn in African mining: Voluntary regulation through fair trade. En D. F. Bryceson, E. Fisher, J. Bosse Jønsson, y R. Mwaipopo (Eds.), *Mining and social transformation in africa: mineralizing and democratizing trends in artisanal production* (pp. 130–147). Routledge.
- Fonseca, A., McAllister, M. L., y Fitzpatrick, P. (2014). Sustainability reporting among mining corporations: a constructive critique of the GRI approach. *Journal of Cleaner Production*, 84, 70–83. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.11.050
- Fuentes, M., Negrete, M., Herrera-León, S., y Kraslawski, A. (2021). Classification of indicators measuring environmental sustainability of mining and processing of copper. *Minerals Engineering*, 170, 107033. doi: 10.1016/J.MINENG.2021.107033
- Gedam, V. V., Raut, R. D., de Sousa Jabbour, A. B. L., y Agrawal, N. (2021). Moving the circular economy forward in the mining industry: Challenges to closed-loop in an emerging economy. *Resources Policy*, 74, 102279. doi: 10.1016/J.RESOURPOL.2021.102279

- Gorman, M. R., y Dzombak, D. A. (2019). An Assessment of the Environmental Sustainability and Circularity of Future Scenarios of the Copper Life Cycle in the U.S. *Sustainability*, 11(20), 5624. doi: 10.3390/SU11205624
- Grant, J. A., y Taylor, I. (2004). Global governance and conflict diamonds: the Kimberley Process and the quest for clean gems. *The Round Table*, 93(375), 385–401. doi: 10.1080/0035853042000249979
- Haque, N., y Norgate, T. (2014). The greenhouse gas footprint of in-situ leaching of uranium, gold and copper in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 84, 382–390. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.09.033
- Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., y Olsen, S. I. (Eds.). (2018). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice* (1.^a ed.). Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-56475-3
- Hemmelskamp, J., y Brockmann, K. L. (1997). Environmental labels—the German ‘Blue Angel’. *Futures*, 29(1), 67–76. doi: 10.1016/S0016-3287(96)00066-3
- Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T. P., Laing, T., y Drexhage, J. (2020). *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition* (Inf. Téc.). World Bank Group. Descargado de <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>
- ICMM. (2018). *Social Progress in Mining-Dependent Countries: Analysis through the Lens of the SDGs* (Inf. Téc.). Descargado de https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/social-performance/2018/research_social-progress-1.pdf
- ICMM. (2021). *Social Progress in Mining-Dependent Countries: Analysing the role of resource governance in delivering the UN Sustainable Development Goals (SDGs)* (Inf. Téc.). Descargado de https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/social-performance/2021/research_social-progress_resource-governance.pdf
- IEA. (2021). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions* (Inf. Téc.). Descargado de <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- Innovation Norway. (s.f.). *Conversion Guidelines-Greenhouse gas emissions* (Inf. Téc.). Descargado de <https://www.eeagrants.gov.pt/media/2776/conversion-guidelines.pdf>
- Institute for Global Environmental Strategies. (2022). *List of Grid Emission Factors*. Descargado de <https://www.iges.or.jp/en/pub/list-grid-emission-factor/en> doi: 10.57405/IGES-1215
- IRMA. (2018). *Estándar para la minería responsable de IRMA* (Inf. Téc.). Descargado de <https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2021/08/IRMA-STANDARD-v.1.0-Final-ES.pdf>
- Khan, S. N., y Mohsin, M. (2017). The power of emotional value: Exploring the effects of values on green product consumer choice behavior. *Journal of Cleaner Production*, 150, 65–74. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.187
- Kim, Y., y Choi, S. M. (2005). Antecedents of Green Purchase Behavior: an Examination of Collectivism, Environmental Concern, and Pce. En G. Menon y A. R. Rao (Eds.), *Advances in consumer research* (Vol. 32, pp. 592–599).

- Kirchherr, J., Reike, D., y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. doi: 10.1016/J.RESCONREC.2017.09.005
- Lagos, G., Peters, D., Videla, A., y Jara, J. J. (2018). The effect of mine aging on the evolution of environmental footprint indicators in the Chilean copper mining industry 2001–2015. *Journal of Cleaner Production*, 174, 389–400. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2017.10.290
- Le Billon, P. (2006). Fatal Transactions: Conflict Diamonds and the (Anti)Terrorist Consumer. *Antipode*, 38(4), 778–801. doi: 10.1111/j.1467-8330.2006.00476.x
- Lèbre, É., Stringer, M., Svobodova, K., Owen, J. R., Kemp, D., Côte, C., ... Valenta, R. K. (2020). The social and environmental complexities of extracting energy transition metals. *Nature Communications*, 11(1), 1–8. doi: 10.1038/s41467-020-18661-9
- LME. (2019). *Overview of LME responsible sourcing* (Inf. Téc.). Descargado de <https://www.lme.com/-/media/Files/Company/Responsibility/Responsible-sourcing/Overview-of-LME-responsible-sourcing-2.pdf>
- Marnika, E., Christodoulou, E., y Xenidis, A. (2015). Sustainable development indicators for mining sites in protected areas: tool development, ranking and scoring of potential environmental impacts and assessment of management scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 101, 59–70. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.03.098
- Memary, R., Giurco, D., Mudd, G., y Mason, L. (2012). Life cycle assessment: a time-series analysis of copper. *Journal of Cleaner Production*, 33, 97–108. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2012.04.025
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Nota técnica para el uso del precio social del carbono en la evaluación social de proyectos de inversión* (Inf. Téc.). Ministerio de Economía y Finanzas. Descargado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo3_RD006_2021EF6301.pdf
- Ministerio de Energía. (s.f.). *Indicadores Ambientales - Factor de emisiones GEI del Sistema Eléctrico Nacional*. Descargado 2022-09-17, de <https://energia.gob.cl/indicadores-ambientales-factor-de-emisiones-gei-del-sistema-electrico-nacional>
- Ministerio de Minería. (2020). *Insumos para Política Nacional Minera 2050* (Inf. Téc.). Descargado de <https://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2020/06/Insumos-para-la-PNM-2050.pdf>
- Mohamed, M. B., Ndinya, A., y Ogada, M. (2019). Influence of cost leadership strategy on performance of medium scale miners in Taita Taveta County, Kenya. *International Journal of Development and Management Review*, 14(1), 151–163.
- Northey, S., Haque, N., y Mudd, G. (2013). Using sustainability reporting to assess the environmental footprint of copper mining. *Journal of Cleaner Production*, 40, 118–128. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2012.09.027
- Parrish, E. (2010). Retailers' use of niche marketing in product development. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 14(4), 546–561. doi: 10.1108/13612021011081733
- Perdeli Demirkan, C., Smith, N. M., Duzgun, H. S., y Waclawski, A. (2021). A Data-Driven Approach to Evaluation of Sustainability Reporting Practices in Extractive Industries. *Sustainability*, 13(16), 8716. doi: 10.3390/SU13168716

- Perera, P., y Vlosky, R. P. (2006). *A History of Forest Certification*. Louisiana Forest Products Development Center, School of Renewable Natural Resources, LSU AgCenter.
- Porter, M. E. (1997). Competitive Strategy. *Measuring Business Excellence*, 1(2), 12–17. doi: 10.1108/eb025476
- Porter, M. E. (1998). Generic Competitive Strategies. En *Competitive strategy : techniques for analyzing industries and competitors: with a new introduction* (pp. 34–46). New York: Free Press.
- Potts, T., y Haward, M. (2007). International trade, eco-labelling, and sustainable fisheries—recent issues, concepts and practices. *Environment, Development and Sustainability*, 9(1), 91–106. doi: 10.1007/s10668-005-9006-3
- Poveda, C. A. (2014). A Methodology For Pre-selecting Sustainable Development Indicators (SDIs) With Application To Surface Mining Operations. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 181, 519–530. doi: 10.2495/EID140441
- Rokka, J., y Uusitalo, L. (2008). Preference for green packaging in consumer product choices-Do consumers care? *International Journal of Consumer Studies*, 32(5), 516–525. doi: 10.1111/j.1470-6431.2008.00710.x
- Schroeder, R. A. (2010). Tanzanite as conflict gem: Certifying a secure commodity chain in Tanzania. *Geoforum*, 41(1), 56–65. doi: 10.1016/j.geoforum.2009.02.005
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s.f.). *Registro Nacional de Emisiones RENE*. Descargado 2022-09-17, de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>
- Segura-Salazar, J., Lima, F. M., y Tavares, L. M. (2019). Life Cycle Assessment in the minerals industry: Current practice, harmonization efforts, and potential improvement through the integration with process simulation. *Journal of Cleaner Production*, 232, 174–192. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.318
- Sheth, J. N., Newman, B. I., y Gross, B. L. (1991). Why we buy what we buy: A theory of consumption values. *Journal of Business Research*, 22(2), 159–170. doi: 10.1016/0148-2963(91)90050-8
- Sweeney, J. C., y Soutar, G. N. (2001). Consumer perceived value: The development of a multiple item scale. *Journal of Retailing*, 77(2), 203–220. doi: 10.1016/S0022-4359(01)00041-0
- The Copper Mark. (2021). *El Proceso de aseguramiento Copper Mark* (Inf. Téc.). Descargado de https://coppermark.org/wp-content/uploads/2021/06/CopperMarkAssuranceProcess_1MAY2021_rev_SPA.pdf
- Tilton, J. E., y Guzmán, J. I. (2016). *Mineral Economics and Policy*. Routledge. doi: 10.4324/9781315733708
- Torres, J. C. (2022). Sustainability Branding and Market Access for Copper Products. En Instituto de Ingenieros de Minas de Chile (IIMCH) (Ed.), *Copper 2022: Economics, markets and applications* (Vol. 1, pp. 73–83). Santiago, Chile.
- Torries, T. F. (1988). Competitive cost analysis in the mineral industries: The example of nickel. *Resources Policy*, 14(3), 193–204. doi: 10.1016/0301-4207(88)90005-0
- UNFCCC. (s.f.). *Standardized baseline - Grid emission factor for the Southern African power pool*. Descargado 2022-10-26, de https://cdm.unfccc.int/methodologies/standard_base/

- US EPA. (s.f.). *GHG Emission Factors Hub*. Descargado 2022-09-17, de <https://www.epa.gov/climateleadership/ghg-emission-factors-hub>
- Vanclay, J. K., Shortiss, J., Aulsebrook, S., Gillespie, A. M., Howell, B. C., Johanni, R., . . . Yates, J. (2011). Customer Response to Carbon Labelling of Groceries. *Journal of Consumer Policy*, 34(1), 153–160. doi: 10.1007/s10603-010-9140-7
- Wright, C. (2004). Tackling conflict diamonds: the Kimberley process certification scheme. *International Peacekeeping*, 11(4), 697–708. doi: 10.1080/1353331042000248731
- Zhang, Q., Mi, J., y Shen, H. (2019). Green Labeling and Sustainable Development. En W. Leal Filho (Ed.), *Encyclopedia of sustainability in higher education* (pp. 1–7). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-63951-2_51-1

Anexos

Anexo A. Valores máximos y mínimos a nivel mundial de los indicadores sociales, económicos y de gobernanza

Tabla A.1: Valores máximo y mínimos Indicador 1.1 al Indicador 4.3

#	Año	Max	Min	#	Año	Max	Min
Indicador 1.1	2020	10.3	0.0	Indicador 3.5	2020	84.6	53.7
Indicador 1.1	2019	73.5	0.0	Indicador 3.5	2019	84.4	53.3
Indicador 1.1	2018	49.9	0.0	Indicador 3.5	2018	84.2	52.8
Indicador 1.1	2017	68.6	0.0	Indicador 3.5	2017	84.1	52.2
Indicador 2.1	2020	-	-	Indicador 3.6	2020	650.0	0.0
Indicador 2.1	2019	59.5	2.5	Indicador 3.6	2019	654.0	0.0
Indicador 2.1	2018	57.4	2.5	Indicador 3.6	2018	918.0	0.0
Indicador 2.1	2017	58.7	2.5	Indicador 3.6	2017	738.0	0.0
Indicador 3.1	2020	44.3	0.8	Indicador 3.7	2020	5.3	0.0
Indicador 3.1	2019	44.8	0.8	Indicador 3.7	2019	6.0	0.0
Indicador 3.1	2018	45.1	0.9	Indicador 3.7	2018	6.8	0.0
Indicador 3.1	2017	45.2	0.9	Indicador 3.7	2017	8.6	0.0
Indicador 3.2	2020	114.6	1.8	Indicador 4.1	2020	33.0	0.1
Indicador 3.2	2019	118.3	1.8	Indicador 4.1	2019	41.0	0.0
Indicador 3.2	2018	122.0	1.9	Indicador 4.1	2018	47.3	0.0
Indicador 3.2	2017	126.1	2.0	Indicador 4.1	2017	47.0	0.0
Indicador 3.3	2020	-	-	Indicador 4.2	2020	-	-
Indicador 3.3	2019	-	-	Indicador 4.2	2019	96.3	66.5
Indicador 3.3	2018	-	-	Indicador 4.2	2018	99.1	51.5
Indicador 3.3	2017	1,150.0	2.0	Indicador 4.2	2017	99.9	44.3
Indicador 3.4	2020	-	-	Indicador 4.3	2020	-	-
Indicador 3.4	2019	50.8	7.3	Indicador 4.3	2019	14.2	1.6
Indicador 3.4	2018	51.0	7.5	Indicador 4.3	2018	14.1	1.6
Indicador 3.4	2017	51.3	7.8	Indicador 4.3	2017	14.1	1.5

Tabla A.2: Valores máximo y mínimos Indicador 4.4 al Indicador 9.1

#	Año	Max	Min	#	Año	Max	Min
Indicador 4.4	2020	82.2	37.5	Indicador 6.2	2020	100.0	6.7
Indicador 4.4	2019	92.3	32.3	Indicador 6.2	2019	100.0	6.5
Indicador 4.4	2018	83.5	36.2	Indicador 6.2	2018	100.0	6.1
Indicador 4.4	2017	89.0	15.7	Indicador 6.2	2017	100.0	6.1
Indicador 5.1	2020	102.5	9.0	Indicador 7.1	2020	100.0	7.2
Indicador 5.1	2019	102.5	9.0	Indicador 7.1	2019	100.0	6.7
Indicador 5.1	2018	102.4	9.0	Indicador 7.1	2018	100.0	6.2
Indicador 5.1	2017	102.4	9.0	Indicador 7.1	2017	100.0	4.2
Indicador 5.2	2020	1.2	0.8	Indicador 7.2	2020	100.0	0.0
Indicador 5.2	2019	1.2	0.7	Indicador 7.2	2019	100.0	0.0
Indicador 5.2	2018	1.1	0.7	Indicador 7.2	2018	100.0	0.0
Indicador 5.2	2017	1.1	0.7	Indicador 7.2	2017	100.0	0.0
Indicador 5.3	2020	99.7	22.1	Indicador 8.1	2020	87.4	31.4
Indicador 5.3	2019	100.0	46.5	Indicador 8.1	2019	88.3	32.1
Indicador 5.3	2018	100.0	25.7	Indicador 8.1	2018	88.2	32.2
Indicador 5.3	2017	99.7	34.1	Indicador 8.1	2017	88.1	32.3
Indicador 5.4	2020	-	-	Indicador 8.2	2020	70.1	2.5
Indicador 5.4	2019	4.1	0.0	Indicador 8.2	2019	71.8	3.2
Indicador 5.4	2018	4.1	0.0	Indicador 8.2	2018	75.1	3.3
Indicador 5.4	2017	4.1	0.0	Indicador 8.2	2017	75.6	3.4
Indicador 5.5	2020	61.3	0.0	Indicador 8.3	2020	235,154.3	1,737.6
Indicador 5.5	2019	61.3	0.0	Indicador 8.3	2019	241,408.3	1,772.3
Indicador 5.5	2018	61.3	0.0	Indicador 8.3	2018	241,924.1	1,798.5
Indicador 5.5	2017	61.3	0.0	Indicador 8.3	2017	244,475.3	1,828.6
Indicador 5.6	2020	-	-	Indicador 8.4	2020	87.2	22.5
Indicador 5.6	2019	52.6	45.4	Indicador 8.4	2019	88.2	23.6
Indicador 5.6	2018	70.3	6.0	Indicador 8.4	2018	88.1	23.7
Indicador 5.6	2017	78.5	26.3	Indicador 8.4	2017	88.0	23.9
Indicador 6.1	2020	100.0	5.6	Indicador 9.1	2020	100.0	6.5
Indicador 6.1	2019	100.0	5.6	Indicador 9.1	2019	99.7	5.6
Indicador 6.1	2018	100.0	5.6	Indicador 9.1	2018	99.7	4.1
Indicador 6.1	2017	100.0	5.6	Indicador 9.1	2017	99.5	1.3

Tabla A.3: Valores máximo y mínimos Indicador 9.2 al Indicador 16.8

#	Año	Max	Min	#	Año	Max	Min
Indicador 9.2	2020	-	-	Indicador 16.1	2018	2.2	-1.8
Indicador 9.2	2019	-	-	Indicador 16.1	2017	2.2	-1.8
Indicador 9.2	2018	-	-	Indicador 16.2	2020	2.3	-2.3
Indicador 9.2	2017	99.9	8.6	Indicador 16.2	2019	2.2	-2.5
Indicador 9.3	2020	187.9	12.0	Indicador 16.2	2018	2.2	-2.4
Indicador 9.3	2019	200.6	16.6	Indicador 16.2	2017	2.2	-2.5
Indicador 9.3	2018	208.5	17.5	Indicador 16.3	2020	1.9	-2.7
Indicador 9.3	2017	209.0	15.0	Indicador 16.3	2019	1.9	-2.8
Indicador 9.4	2020	56.4	0.0	Indicador 16.3	2018	1.9	-3.0
Indicador 9.4	2019	52.6	0.0	Indicador 16.3	2017	1.9	-2.9
Indicador 9.4	2018	50.9	0.0	Indicador 16.4	2020	2.2	-2.3
Indicador 9.4	2017	56.2	0.0	Indicador 16.4	2019	2.2	-2.4
Indicador 9.5	2020	-	-	Indicador 16.4	2018	2.1	-2.4
Indicador 9.5	2019	-	-	Indicador 16.4	2017	2.1	-2.3
Indicador 9.5	2018	4.4	1.6	Indicador 16.5	2020	2.1	-2.3
Indicador 9.5	2017	-	-	Indicador 16.5	2019	2.1	-2.4
Indicador 9.6	2020	-	-	Indicador 16.5	2018	2.1	-2.3
Indicador 9.6	2019	5.1	0.0	Indicador 16.5	2017	2.1	-2.3
Indicador 9.6	2018	4.9	0.0	Indicador 16.6	2020	1.7	-2.2
Indicador 9.6	2017	4.8	0.0	Indicador 16.6	2019	1.7	-2.2
Indicador 10.1	2020	20.8	3.4	Indicador 16.6	2018	1.7	-2.2
Indicador 10.1	2019	18.6	3.4	Indicador 16.6	2017	1.7	-2.2
Indicador 10.1	2018	18.8	3.5	Indicador 16.7	2020	7.0	1.0
Indicador 10.1	2017	18.1	3.4	Indicador 16.7	2019	7.0	1.0
Indicador 10.2	2020	42,914.7	207.6	Indicador 16.7	2018	7.0	1.0
Indicador 10.2	2019	44,877.0	213.1	Indicador 16.7	2017	7.0	1.0
Indicador 10.2	2018	44,592.1	213.5	Indicador 16.8	2020	-	-
Indicador 10.2	2017	44,626.3	212.9	Indicador 16.8	2019	-	-
Indicador 16.1	2020	2.3	-1.9	Indicador 16.8	2018	52.0	0.2
Indicador 16.1	2019	2.2	-1.8	Indicador 16.8	2017	61.7	0.0

Anexo B. Indicadores positivos o negativos

La definición de indicador positivo o negativo se describe a continuación:

- **Indicador positivo:** Se refiere a un indicador que mientras más alto sea su valor es más sustentable, mejor rendimiento o positivo para la faena, región o país.
- **Indicador negativo:** Se refiere a un indicador que mientras más alto sea su valor es menos sustentable, peor rendimiento o negativo para la faena, región o país.

Tabla B.1: Clasificación de los indicadores sociales, económicos y de gobernanza en indicadores positivos o negativos

#	¿Positivo o negativo?	#	¿Positivo o negativo?
Indicador 1.1	Negativo	Indicador 7.2	Positivo
Indicador 2.1	Negativo	Indicador 8.1	Positivo
Indicador 3.1	Negativo	Indicador 8.2	Positivo
Indicador 3.2	Negativo	Indicador 8.3	Positivo
Indicador 3.3	Negativo	Indicador 8.4	Positivo
Indicador 3.4	Negativo	Indicador 9.1	Positivo
Indicador 3.5	Positivo	Indicador 9.2	Positivo
Indicador 3.6	Negativo	Indicador 9.3	Positivo
Indicador 3.7	Negativo	Indicador 9.4	Positivo
Indicador 4.1	Negativo	Indicador 9.5	Positivo
Indicador 4.2	Positivo	Indicador 9.6	Positivo
Indicador 4.3	Positivo	Indicador 10.1	Negativo
Indicador 4.4	Positivo	Indicador 10.2	Positivo
Indicador 5.1	Positivo	Indicador 16.1	Positivo
Indicador 5.2	Positivo	Indicador 16.2	Positivo
Indicador 5.3	Positivo	Indicador 16.3	Positivo
Indicador 5.4	Negativo	Indicador 16.4	Positivo
Indicador 5.5	Positivo	Indicador 16.5	Positivo
Indicador 5.6	Positivo	Indicador 16.6	Positivo
Indicador 6.1	Positivo	Indicador 16.7	Negativo
Indicador 6.2	Positivo	Indicador 16.8	Negativo
Indicador 7.1	Positivo		

Anexo C. Factores de emisión

El factor de emisión del diésel es 2.64 kg CO_2 /litro (Innovation Norway, s.f.) y en la Tabla C.1 se encuentran los factores de emisión por país en relación a la electricidad.

Tabla C.1: Factores de emisión correspondiente a la electricidad por año

Factor de emision electricidad (ton CO_2 eq/MWh)						
País	Territorio	Fuente	2017	2018	2019	2020
Australia	New South Wales	(DCCEEW, s.f.)	0.830	0.820	0.810	0.810
Australia	Queensland	(DCCEEW, s.f.)	0.790	0.800	0.810	0.810
Australia	South Australia	(DCCEEW, s.f.)	0.490	0.510	0.440	0.430
Brasil	-	(Institute for Global Environmental Strategies, 2022)	0.135	0.135	0.135	0.135
Canadá	British Columbia	(Environment Canada, s.f.)	0.010	0.013	0.019	0.008
Chile	-	(Energía Abierta, s.f.; Ministerio de Energía, s.f.)	0.450	0.419	0.406	0.383
Estados Unidos	AZNM	(US EPA, s.f.)	0.476	0.476	0.466	0.466
Estados Unidos	NWPP	(US EPA, s.f.)	0.297	0.297	0.292	0.292
Indonesia	-	(Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, s.f.)	0.680	0.690	0.560	0.560
México	-	(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, s.f.)	0.582	0.527	0.505	0.494
Mongolia	-	(Institute for Global Environmental Strategies, 2022)	0.885	0.885	0.885	0.885
Perú	-	(Ministerio de Economía y Finanzas, 2021)	0.452	0.452	0.452	0.452
R. D. Congo	-	(UNFCCC, s.f.)	0.933	0.933	0.933	0.933
Zambia	-	(Institute for Global Environmental Strategies, 2022)	0.933	0.933	0.933	0.933

Anexo D. Indicadores sociales, económicos y de gobernanza por ODS

Con el promedio de los 4 años, cada uno de los indicadores se agruparon en torno a los Objetivos de Desarrollo Sostenible tal como se enumeran en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4. Al tratarse de 11 ODS y 20 países, se asocian por continente, además dado que la categoría de gobernanza se agrupa en torno el ODS 16 (paz, justicia e instituciones sólidas), este se dividió por indicador. Los indicadores que no presentan información se presentan como un valor vacío.

D.1. América

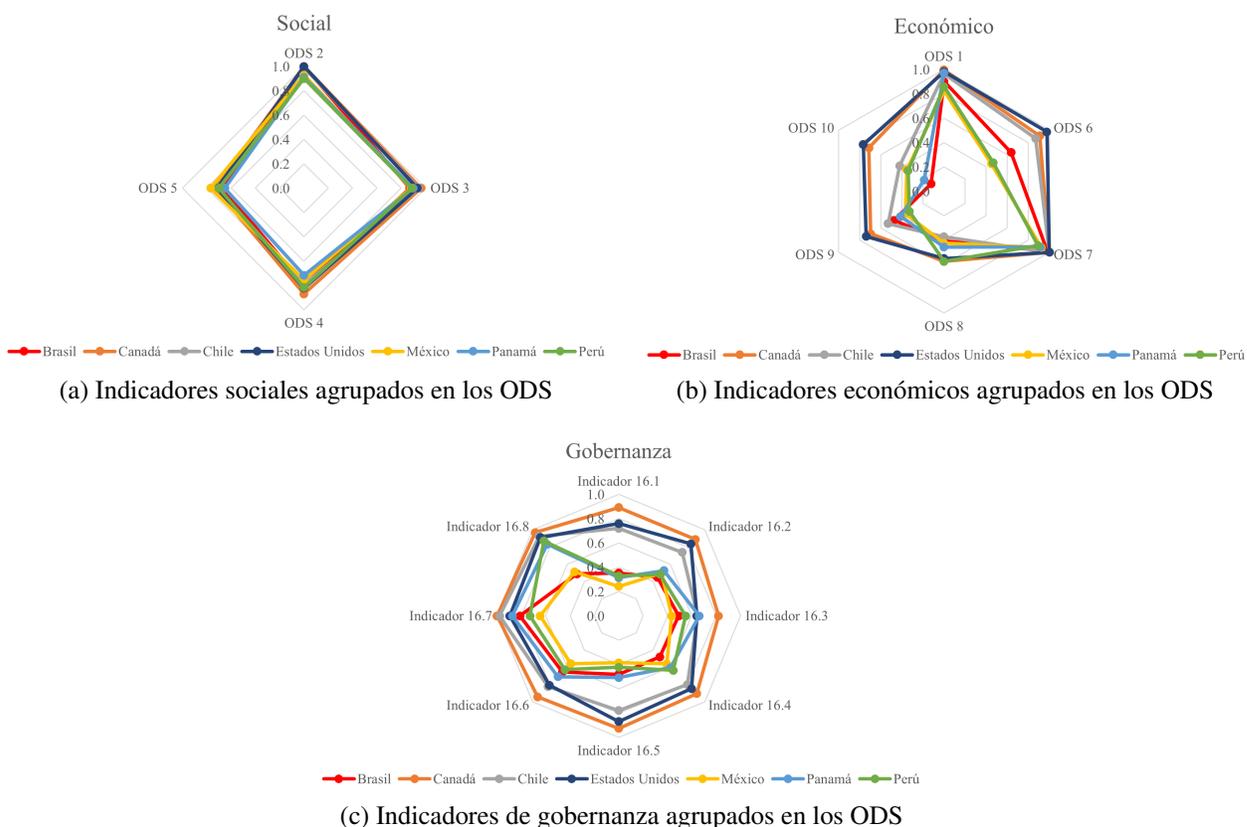


Figura D.1: Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de América

En el ámbito social de los países pertenecientes al continente de América (Figura D.1.a) se observa que no existe una diferencia notoria en torno a los ODS. En el caso de los indicadores económicos (Figura D.1.b) surgen diferencias entre los distintos países, los ODS que presentan estas diferencias son el ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 9 (industria, innovación e infraestructura) y ODS 10 (reducción de las desigualdades). El resto de los ODS no presentan diferencias notorias a excepción del ODS 8 (trabajo decente y crecimiento económico) que tiene una leve diferencia entre países pero no tan marcada como los ODS 6, 9 y 10. Finalmente, en los indicadores de gobernanza (Figura D.1.c) los países no se agrupan en torno a un valor para cada uno de los indicadores.

D.2. Europa

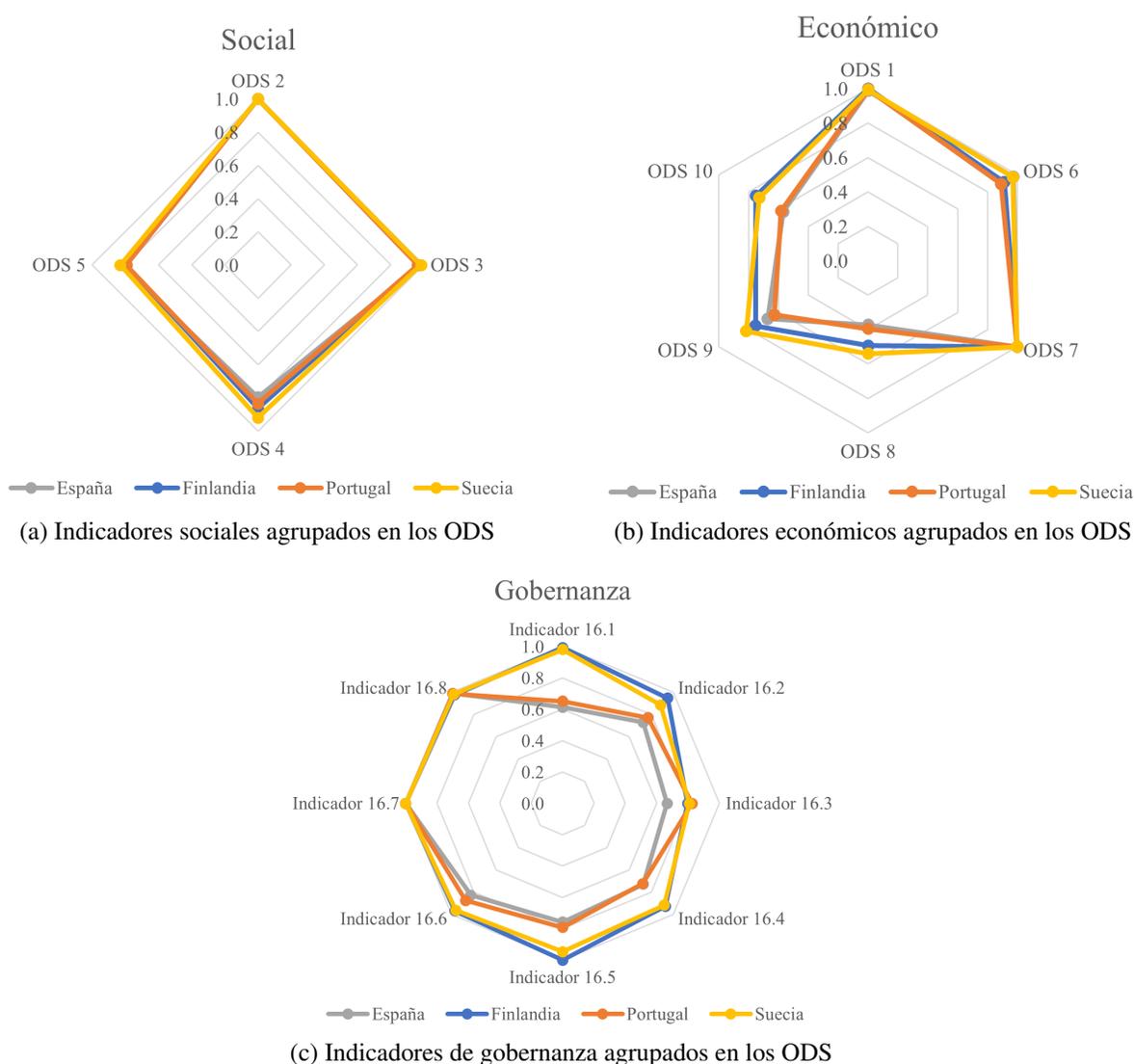


Figura D.2: Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de Europa

Los países que forman parte del continente de Europa en el ámbito social (Figura D.2.a) tiene características similares a lo que ocurre con los países de América, es decir, no existe una diferencia muy clara entre los 4 países en cada uno de los ODS. En el plano económico (Figura D.2.b) las mayores diferencias se encuentran en el ODS 8, ODS 9 y ODS 10, aunque no tan significativas como en el caso del continente americano. En el caso de los indicadores de gobernanza (Figura D.2.c) si se presentan diferencias en algunos indicadores, por ejemplo el Indicador 16.1 (índice de control de corrupción) o el Indicador 16.5 (estado de derecho), pero no es tan amplio como el caso de los países que pertenecen al continente de América (Figura D.1.c).

D.3. Asia

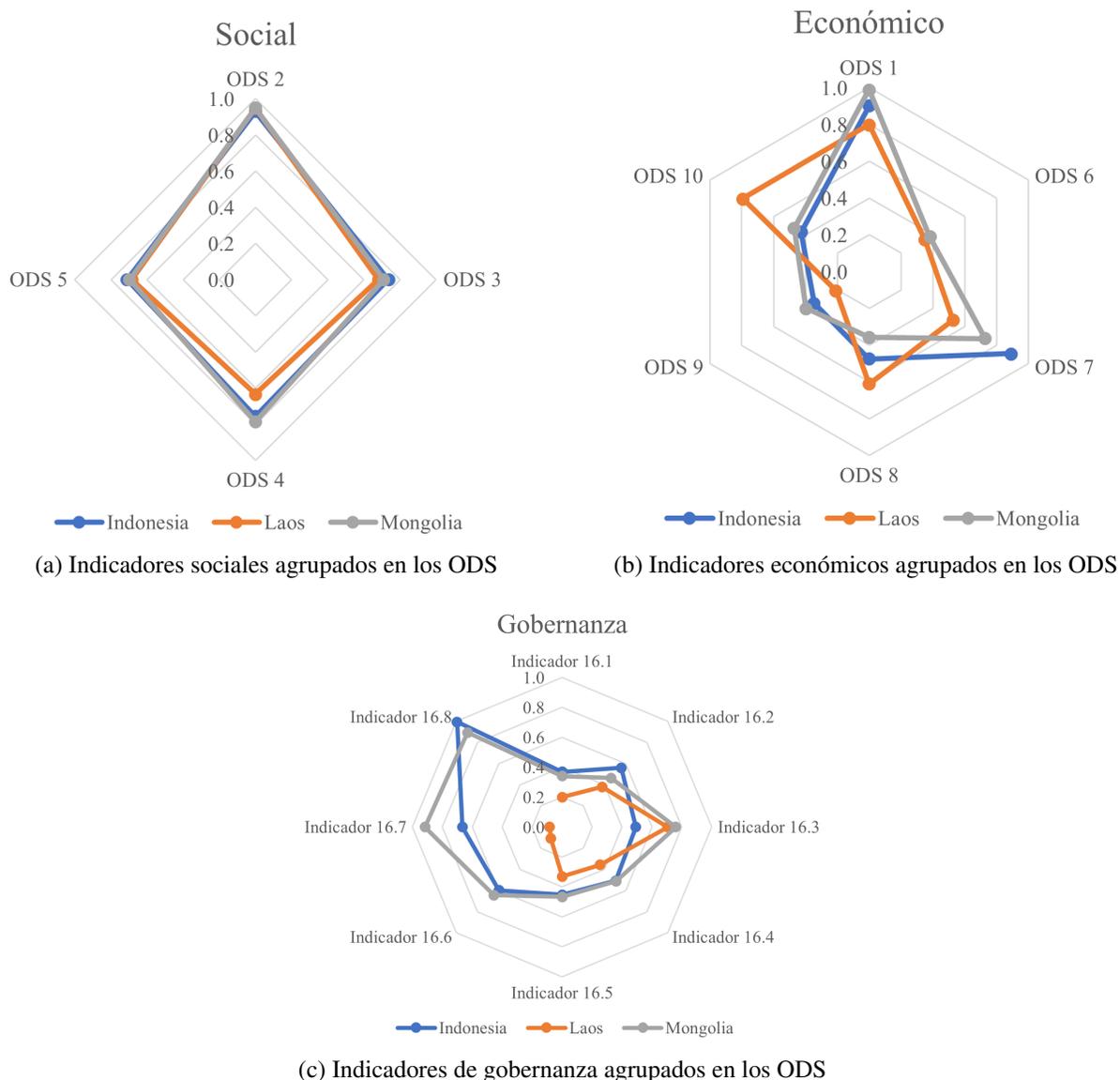


Figura D.3: Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de Asia

Al igual que los casos anteriores, socialmente (Figura D.3.a) no se presentan grandes diferencias. Respecto a la Figura D.3.b se repiten las tendencias similares, es decir, el ODS 10 presenta diferencias entre los distintos países, al igual que el ODS 8 y el ODS 7 (energía asequible y no contaminante). Finalmente, en el plano de gobernanza (Figura D.3.c), igualmente es posible encontrar diferencias entre los países por medio de los indicadores propuestos. Cabe destacar que en algunos indicadores existen valores que no están representados, debido a la falta de información disponible, dificultando la diferenciación.

D.4. África

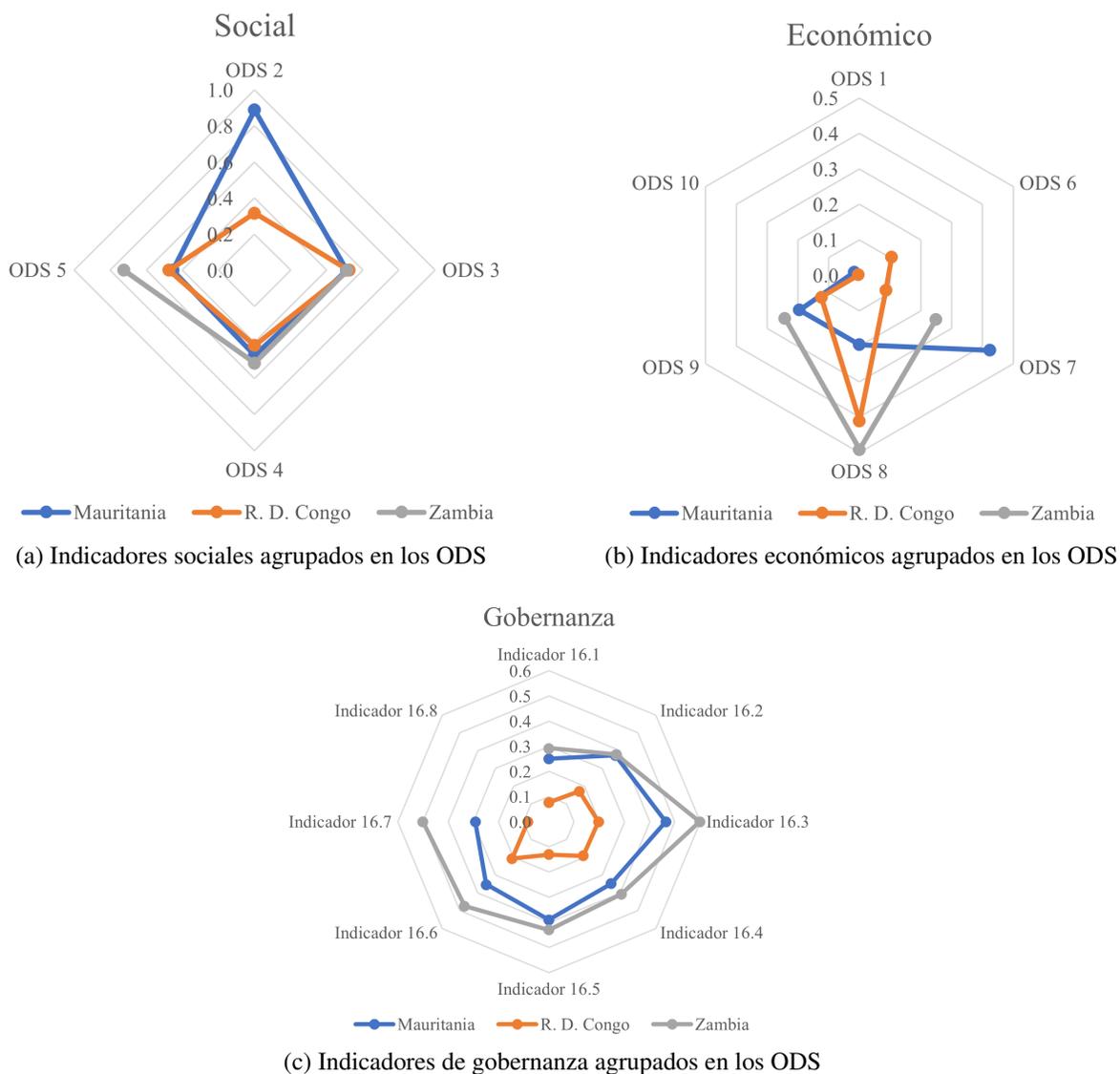


Figura D.4: Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de África

Respecto a los países del continente africano se evidencia la falta de reportabilidad de los datos mostradas en las Figuras 4.5 y 4.6. Se observa en el plano social (Figura D.4.a), económico (Figura D.4.b) y de gobernanza (Figura D.4.c) diferencias entre los distintos países y además una diferencia en el ODS 2 (hambre cero) de la categoría social.

D.5. Euroasiáticos y Oceanía

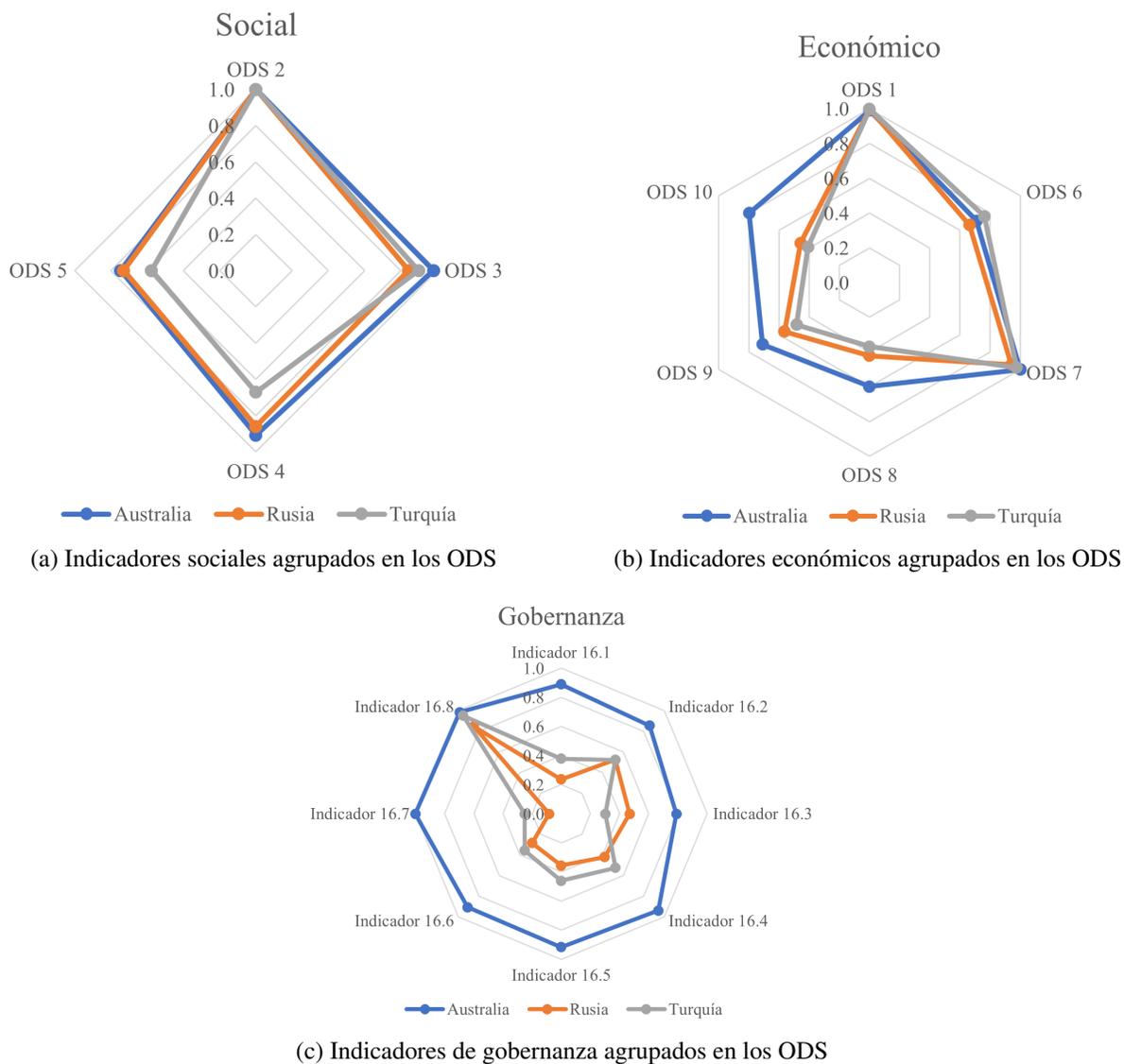


Figura D.5: Indicadores sociales, económicos y de gobernanza de los países de Oceanía y Euroasiáticos

En el caso los países Euroasiáticos (Rusia y Turquía) y Oceanía (Australia), en el ámbito social (Figura D.5.a) a pesar de que los países no pertenecen a la misma región, los ODS sociales no se diferencian en gran medida. Finalmente, en el resto de las categorías económicas (Figura D.5.b) y gobernanza (Figura D.5.c), se repiten de igual forma las diferencias en los distintos ODS e indicadores.

Anexo E. Indicador global con extracción de agua (continental + agua de mar)

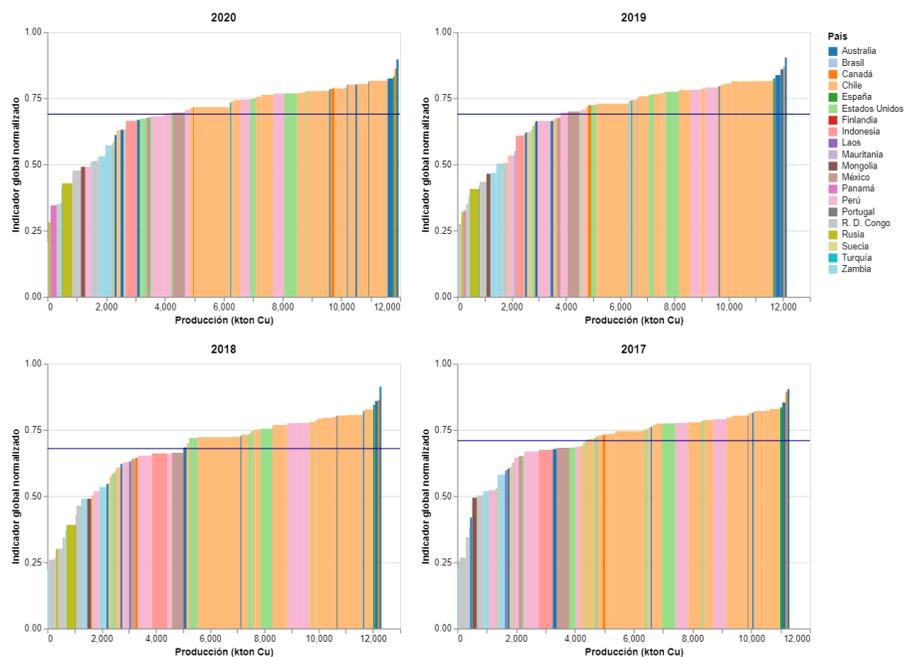


Figura E.1: Indicador global normalizado incluyendo extracción de agua (continental + agua de mar) según producción de cobre para los años 2017-2020

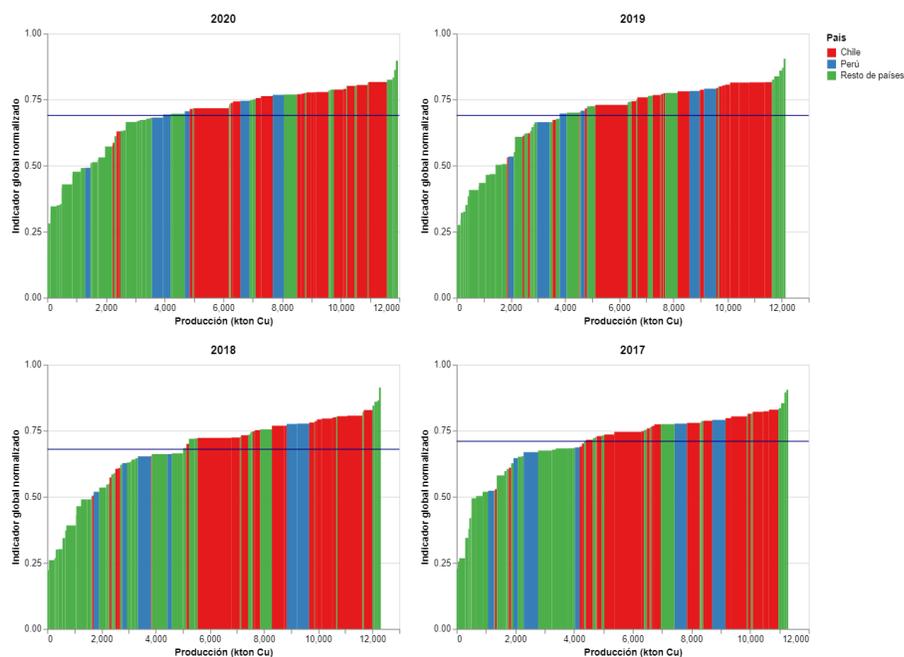
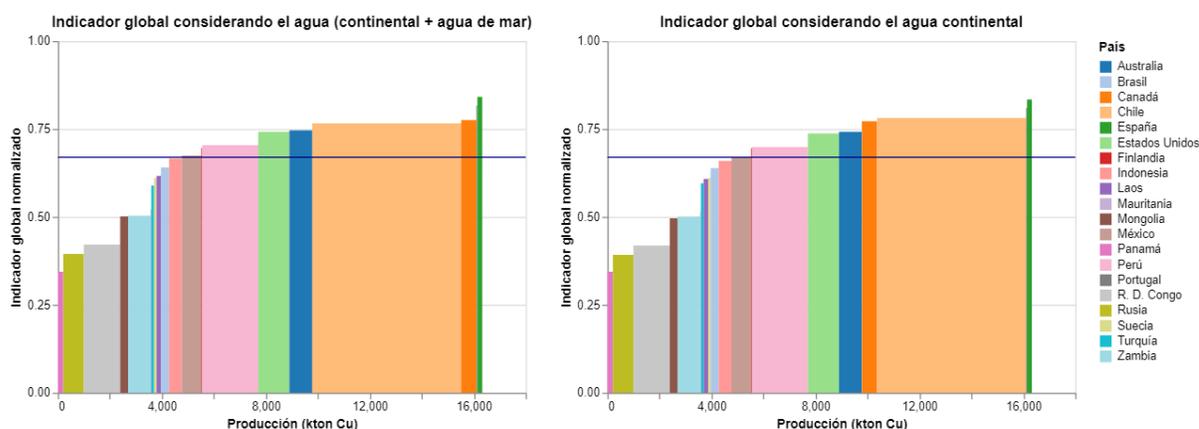


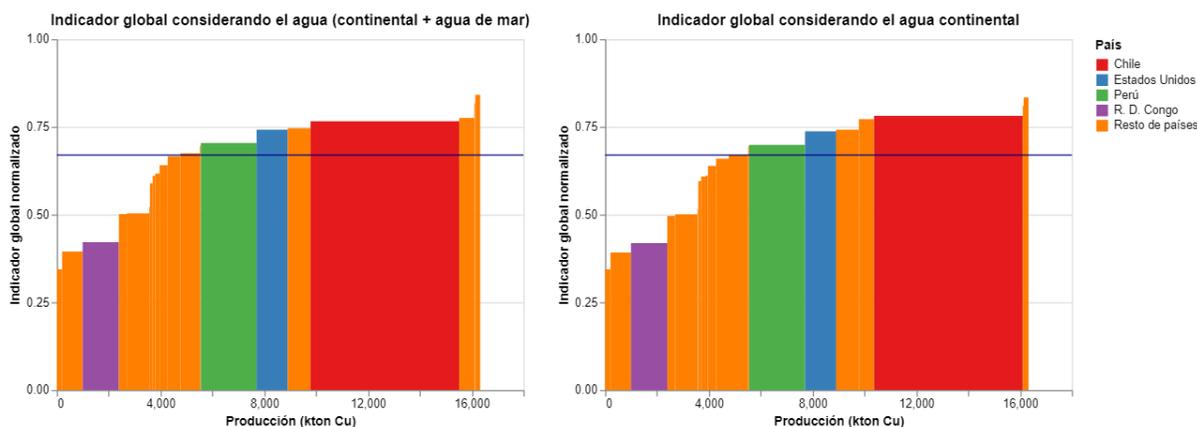
Figura E.2: Indicador global normalizado incluyendo extracción de agua (continental + agua de mar) para los países Chile y Perú según producción de cobre para los años 2017-2020

Anexo F. Indicador global por país

Dado que se analizaron dos casos de intensidad de extracción de agua, con o sin agua de mar, el indicador global presenta dos resultados, uno para cada intensidad de extracción de agua. De esta forma es posible verificar el impacto global que tiene la inclusión o no de la intensidad de extracción de agua continental como indicador. La Figura F.1 muestra el indicador global normalizado para los 20 países en los 4 años del estudio, las Figuras del lado izquierdo representan el indicador global que considera la extracción de agua (continental + agua de mar), mientras que las del lado derecho consideran el indicador de extracción de agua continental. El ancho de las columnas representa la producción de cobre del año 2020 de cada país a nivel nacional (no de la muestra considerada) y la Figura F.1.b incluye una mirada más detallada de los países Chile, Estados Unidos, Perú y R. D. Congo que representan cerca del 50% de la producción de cobre a nivel mundial y en los países considerados en el estudio aproximadamente el 64% de la producción.



(a) Indicador global de los 20 países



(b) Indicador global para los países Chile, Estados Unidos, Perú y R. D. Congo

Figura F.1: Indicador global normalizado por país según producción de cobre del año 2020

La diferencia entre los dos indicadores globales se muestra en la Tabla F.1

Tabla F.1: Diferencia entre los indicadores globales

País	Diferencia	% Variación	País	Diferencia	% Variación
Australia	-0.004	-0.5 %	México	-0.006	-0.8 %
Brasil	-0.002	-0.3 %	Mongolia	-0.006	-1.2 %
Canadá	-0.003	-0.4 %	Panamá	0.000	0.0 %
Chile	0.016	2.0 %	Perú	-0.005	-0.7 %
España	-0.007	-0.8 %	Portugal	-0.006	-0.7 %
Estados Unidos	-0.004	-0.6 %	R. D. Congo	-0.003	-0.7 %
Finlandia	-0.001	-0.1 %	Rusia	-0.002	-0.6 %
Indonesia	-0.007	-1.0 %	Suecia	0.000	0.0 %
Laos	-0.009	-1.4 %	Turquía	0.007	1.1 %
Mauritania	-0.006	-1.1 %	Zambia	-0.002	-0.5 %

En la Tabla F.1 la diferencia representa la resta entre el indicador global con solo extracción de agua continental y el indicador global con la extracción de agua (continental + agua de mar). Por lo tanto, los valores negativos representan que el país disminuyó su valor en el indicador global con la extracción de agua continental, caso contrario con los valores positivos. El país que más disminuyó su indicador global es Laos con 0.009 puntos, mientras que Chile aumentó su indicador global por la utilización de agua de mar en algunas de sus faenas en 0.016, a su vez el porcentaje de variación se mueve hasta un máximo de 2 %. En vista de lo anterior, el indicador de extracción de agua continental sigue teniendo un potencial si las empresas mineras, adquieren la utilización de agua de mar en sus procesos y además lo reportan en sus informes de sostenibilidad y entregan un nivel de detalle sobre la o las faenas que emplean este tipo de recurso. Esto provocaría que la diferencia entre el agua (continental + agua de mar) y el agua continental comience a crecer y como consecuencia impactaría en los valores del indicador global. Asimismo, generaría una diferencia evidente entre las faenas que aprovechen el agua de mar como de los que no, tal como se aprecia en la Figura 4.17, en el que Chile experimentó un cambio notable en algunas de sus faenas mineras respecto a la extracción de agua (continental + agua de mar, Figura 4.14).

El mínimo se sitúa entre los 0.3-0.4 y el máximo sobre los 0.8 en ambos casos, además con la inclusión de los ponderadores y de las categorías sociales, económicas y de gobernanza no se nivelaron los países, sino más bien sigue una tendencia de “escalera“, lo que permite establecer cualquier valor o parámetro que delimite la competitividad de una empresa. En particular, tomando el promedio ponderado como este valor en ambos indicadores globales, Chile, Estados Unidos y Perú presentan una ventaja competitiva y se diferencian respecto a la R. D. Congo (Figura F.1.b).