



Balance biofísico de las relaciones comerciales bilaterales de Chile

Jorge Mendoza Ramírez

Profesor Guía: Eugenio Figueroa B.
Facultad de Economía y Negocios
Universidad de Chile

Santiago de Chile, 2018

Índice de contenidos

	Página
Resumen.....	2
CAPÍTULO I	
Introducción.....	3
CAPÍTULO II	
Marco Teórico.....	6
CAPÍTULO III	
Metodología.....	16
3.1 Contabilidad y Análisis de Flujos de Materiales (MFA).....	16
3.1.1 Indicadores de MFA.....	20
3.1.2 Principales aplicaciones del MFA.....	21
3.1.3 Limitaciones del MFA.....	22
3.2 Análisis Insumo-Producto (OIA).....	23
3.3 Modelo Multi-Regional Input-Output (MRIO).....	26
3.4 Fuente de datos.....	27
3.5 Implementación técnica de los cálculos del modelo.....	29
CAPÍTULO IV	
Resultados.....	34
CAPÍTULO V	
Conclusiones y discusión.....	47
Referencias.....	50
Anexos.....	55

Resumen

El comercio internacional es una de las principales actividades económicas de los países; genera mayor crecimiento y oportunidades a través de la apertura comercial, pero también puede generar impactos secundarios negativos sobre el medioambiente, en especial en aquellos países que basan su producción en la extracción o uso de recursos naturales. Este estudio analiza, desde el punto de vista biofísico, los efectos del intercambio comercial internacional en Chile respecto a sus cinco principales socios comerciales: China, Japón, Estados Unidos, Corea del Sur, y Brasil. Utilizando el modelo Multi-Regional Input-Output (MRIO) se determina la cantidad de recursos materiales domésticos necesarios para satisfacer las demandas por las importaciones y exportaciones de cada relación comercial bilateral chilena para el año 2011. Ello permite calcular la Balanza Comercial Física Bilateral (BCFB) para cada relación y realizar un análisis de los efectos de las relaciones comerciales bilaterales sobre el medioambiente, bajo la hipótesis de que Chile se ve afectado negativamente desde el punto de vista biofísico respecto a las demás naciones dentro del análisis. También se testea una segunda hipótesis que plantea que estas balanzas comerciales se hacen más negativas en el tiempo, tomando como base el año 2005. Los resultados hallados sostienen esta hipótesis, lo que parece estar determinado principalmente por la importancia del sector minero en los intercambios comerciales analizados, y, en menor medida, por la importancia de los sectores forestal y agrícola.

CAPÍTULO I

Introducción

Chile ha exhibido un crecimiento y desarrollo económico notable durante los últimos treinta años. Durante la década de los 1990s, el país creció en torno a 6,4% real anual, y en la primera decena del nuevo milenio lo hizo a un promedio anual de 3,7%, afectado en parte por la crisis subprime¹. Si bien en los últimos años este ritmo de crecimiento ha disminuido, Chile sigue consolidándose como una de las economías más exitosas de Latinoamérica y gran parte de este éxito se debe a la diversificación de la producción y al comercio internacional, en especial la exportación de cobre.

Este rápido crecimiento de las exportaciones, basadas en recursos naturales, ha generado una mayor preocupación por la sustentabilidad ambiental del país (Figuroa et al. 1996; López y Figuroa 2016). En general, las actividades de los sectores primarios (como minería, agricultura, pesca, silvicultura, etc.) son las más intensivas en recursos por unidad de output económico (Mani y Wheeler, 1998); es decir, por unidad de valor agregado generados, en estos sectores primarios se extrae cantidades significativamente mayores de materias primas que en los sectores secundarios o terciarios. Asimismo, grandes cantidades de desechos y emisiones se generan en el proceso de extracción y refinamiento sin que esto sea debidamente considerado dentro de los costos de transacción de los mismos (Giljum, 2004).

De lo anterior surge la preocupación respecto de la sustentabilidad del crecimiento económico de la economía chilena, en el sentido de si las generaciones futuras de chilenos verán amenazadas las posibilidades de satisfacer sus necesidades debido a los impactos sobre los recursos naturales y el medio ambiente provocados por los actuales ritmos de crecimiento de la economía, tal como lo definió el llamado Informe Brundtland (WCED, 1987). Este problema se relaciona directamente con cómo las sociedades humanas utilizan sus recursos naturales y manejan los riesgos ecológicos y ambientales provocados por su explotación, una problemática que afecta a todas las economías, desde las de los países más industrializados y demandantes de recursos naturales, hasta las de las naciones en vías de desarrollo que dependen en gran medida de la exportación de materias primas y/o productos relativamente poco procesados. Así, esta investigación se enmarca dentro de la

¹ Datos del Banco Central de Chile, sitio web <http://www.bcentral.cl/>

denominada teoría del intercambio ecológicamente desigual, la cual señala la existencia de una distribución desequilibrada de los impactos ecológicos provocados por el comercio internacional, y donde los impactos negativos se concentrarían en los países menos desarrollados (e.g. Hornborg, 1998; Jorgenson y Clark, 2009).

A partir del trabajo previo de Shepard (2011), esta investigación expande y actualiza, a través de una visión macroeconómica, el análisis sobre la transferencia de costos ecológicos entre Chile y sus principales socios comerciales, utilizando el indicador de los Requerimientos de Materiales (RM) para calcular la balanza comercial física (BCF) del país con sus principales socios comerciales. La BCF corresponde a la cantidad neta de material biofísico extraído como resultado del comercio bilateral, y se calcula como el material biofísico extraído contenido en las importaciones desde el país socio comercial menos la cantidad de material biofísico extraído contenido en las exportaciones hacia dicho país socio. El cálculo de las balanzas comerciales físicas con los países socios comerciales permite dilucidar si, para satisfacer las demandas de bienes y servicios resultantes de sus flujos bilaterales de exportaciones e importaciones, Chile interviene más o menos recursos biofísicos que los países socios con los cuales comercia. Es decir, se trata de determinar si las balanzas comerciales físicas de Chile con respecto a cada uno de sus socios comerciales principales son equilibradas o desbalanceadas en términos de los recursos biofísicos intervenidos para hacer posibles los flujos comerciales bilaterales de importaciones y exportaciones.

Debido a la disponibilidad de datos para estimar las BCFs, éstas se calculan para el año 2011. Los cálculos requieren primeramente estimar las cantidades de materiales biofísicos requeridos para satisfacer la demanda por las importaciones y por las exportaciones involucradas en cada Balanza Comercial Física Bilateral (BCFB) del país estudiada. Lo anterior se realiza utilizando en conjunto las metodologías de Análisis de Flujo, Análisis Insumo-Producto, y el Modelo Multiregional de Insumo-Producto. A partir de estas BCFBs se determina entonces si existen patrones de flujos de materiales desequilibrados entre Chile y cada uno de sus principales socios comerciales (China, Japón, Estados Unidos (EEUU), Corea del Sur, y Brasil). En otras palabras, se estudia el flujo de materia o material throughput², según sus tres clasificaciones (biomasa, minerales, o

² Este término se explica con mayor claridad en la sección de Marco Teórico.

combustibles fósiles), que participa en la producción bienes primarios y manufacturados incluidos en las exportaciones chilenas, comparando si esta cantidad de flujo, reflejada en los RM, es mayor que aquella que utilizan los socios comerciales en aquellos productos destinados a Chile. De esta manera se testea empíricamente la hipótesis planteada de que, para cada una de las cinco relaciones comerciales bilaterales estudiadas, Chile exhibe una balanza comercial física negativa; es decir que, para cada una de estas cinco relaciones comerciales, la cantidad de recursos biofísicos chilenos requeridos para satisfacer la demanda extranjera (del país socio comercial en cuestión) por productos chilenos es mayor que la cantidad de recursos biofísicos del país socio comercial requeridos para satisfacer la demanda chilena por productos importados desde el mismo socio comercial. Las BCFBs así calculadas permiten determinar si en el año 2011 el comercio bilateral de Chile con cada uno de los cinco socios comerciales analizados era balanceado o desbalanceado y, en este último caso, en qué dirección. Finalmente, se contrasta estos resultados con los de Shepard (2011) para los países en estudio, lo que permite analizar los cambios experimentados, entre el año 2005 y el año 2011, por las BCFBs de Chile con China, Japón, EE.UU., y Brasil. Lo anterior da lugar a una segunda hipótesis, la cual es que las BCFBs se hicieron más negativas desde el año 2005 al 2011.

El resto de este reporte sobre la investigación realizada se organiza de la siguiente forma. En el Capítulo II se presenta el marco teórico, se analiza las relaciones relevantes entre el comercio internacional y el medioambiente, así como también los impactos generados entre ellos. El Capítulo III expone la metodología que se utilizó para el cálculo de las balanzas comerciales físicas de Chile con cada uno de sus cinco socios comerciales analizados, detallando las técnicas de Análisis de Flujos y el Análisis Insumo-Producto, como también el modelo Multi-regional utilizado para realizar los cálculos. El Capítulo IV entrega los resultados finales y los explica concisamente, estableciendo las características que exhiben los intercambios comerciales de Chile con cada uno de sus principales socios extranjeros. Finalmente, el Capítulo V entrega las conclusiones e implicancias de políticas extraídas de la investigación, realzando la importancia de una correcta armonía entre el medioambiente y la economía, como también el uso responsable de los recursos naturales.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

La humanidad, en la actualidad, se enfrenta al gran problema de la crisis ambiental caracterizada principalmente por los graves problemas del cambio climático y la creciente huella ecológica humana (Hansen et al., 2017; Huntingford et al., 2012; IPCC, 2014; Wackernagel et al., 2002). El calentamiento global, la disminución de la biodiversidad de la flora y fauna, y la contaminación en todas sus formas, entre otros fenómenos, han causado estragos en el planeta. Debido a esto, el cuidado del medioambiente, el uso responsable de los recursos naturales, y la búsqueda de fuentes renovables y limpias de energía se han convertido en una preocupación central de los gobiernos, reflejada en el Acuerdo de París de diciembre de 2015 para combatir el cambio climático, así como en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), adoptados en septiembre del mismo año, por la Asamblea General de Naciones Unidas con el propósito de definir la agenda de desarrollo mundial para los próximos 15 años.

Las interconexiones entre el comercio internacional, el desarrollo sostenible y el cambio climático han sido ampliamente estudiadas en la literatura y son un tema de mucho interés para los hacedores de políticas y tomadores de decisión durante los últimos años (Dellink et al., 2017; Chen and Woodland, 2013; Weber and Peters, 2009; UNEP/WTO, 2009; WB, 2007). Debido al fenómeno de la globalización, que ha impulsado la gran expansión del comercio internacional en los últimos 50 años y que se está convirtiendo en un motor de desarrollo económico cada vez más importante, las implicancias ambientales de la globalización y la liberalización del comercio internacional constituye un tema central de discusión entre muchas instituciones internacionales (Banco Mundial, 2001). Un reciente análisis de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) proyecta que la tendencia de la integración económica y el comercio mundial

intensificado continuarán en el futuro, aunque a un menor ritmo que en las últimas décadas (Chateau et al., 2014).

El cuidado del medioambiente se ha constituido en una preocupación prioritaria de los gobiernos del mundo y ha sido motivo de diversos acuerdos internacionales que buscan reducir los impactos negativos de la actividad humana sobre el medioambiente y el clima planetario. Un avance importante fue la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) suscrita en 1992 en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro. Dentro de los acuerdos está el Principio 12 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que menciona: “Los Estados deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional favorable y abierto que llevara al crecimiento económico y el desarrollo sostenible de todos los países, a fin de abordar en mejor forma los problemas de la degradación ambiental” (Naciones Unidas, 1992). Dentro de la CMNUCC también se encuentra el Protocolo de Kioto el cual es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), y los otros tres son gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va de 2008 a 2012, en comparación a las emisiones a 1990 (Naciones Unidas, 1998). Un acuerdo histórico con el objetivo de combatir el cambio climático fue el Acuerdo de París de 2015, firmado por más de 175 líderes mundiales, y que tiene como principal objetivo reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a $1,5^\circ\text{C}$.

Por su propia naturaleza, el crecimiento económico plantea un desafío fundamental para el desarrollo sostenible. Mientras el crecimiento continuo en la producción económica implique un aumento sostenido en los insumos materiales utilizados y en los desechos generados por la economía, hay pocas esperanzas de limitar los impactos de la actividad humana en el medio ambiente natural. A menos que el crecimiento económico se pueda

desacoplar dramáticamente del uso de recursos y la generación de desechos, las presiones ambientales seguirán aumentando.

Es en este sentido que la noción de procesamiento material³ (o “material throughput”) cobra relevancia. Toda actividad económica, sea ella de producción, distribución, información, consumo, descarte o reciclaje, implica necesariamente un procesamiento material, constituido por los materiales físicos utilizados y consumidos, la energía gastada y disipada, y los ecosistemas degradados por ella. Una población global en expansión y los crecientes niveles de consumo resultantes, significan que la cantidad total de procesamiento material sigue aumentando, a pesar del aumento de la eficiencia en algunas áreas. La actividad económica y el procesamiento material están inextricablemente vinculados, y uno puede servir como un proxy para el otro. A su vez, muchos flujos de materiales peligrosos o potencialmente peligrosos están aumentando, especialmente cuando ocurren durante la extracción del material (por ejemplo, en la minería) o durante el uso y la eliminación del producto, en lugar de en las etapas de procesamiento y fabricación, por lo que cabe hacer la pregunta de hasta qué punto las economías industriales están rompiendo el vínculo entre el crecimiento económico y el procesamiento material. Matthews et al. (2000) muestran que, aunque el aumento de la riqueza, los avances tecnológicos y la reestructuración económica en los países industrializados han contribuido a una importante disociación entre las tasas de crecimiento económico y el procesamiento material, no han logrado ninguna reducción general en el uso de recursos o los volúmenes de desechos. Lo anterior implica que se necesitarán políticas específicas para acelerar la tendencia hacia la desmaterialización y para alentar la sustitución de materiales benignos para aquellos que son dañinos para el medio ambiente.

La reducción del procesamiento material tiene dos aspectos clave que se pueden resumir como “desmaterialización”⁴: la reducción de los insumos de materia prima y la reducción de la producción de residuos. Estos dos aspectos están directamente

³ El procesamiento material se refiere a la cantidad total de materia y energía involucrada en todas y cada una de las etapas del ciclo económico: extracción, producción, uso y eliminación. Corresponde al material throughput en inglés, y a veces se traduce también como “caudal” material o flujo material. Ver <http://www.sustainablescale.org/ConceptualFramework/UnderstandingScale/BasicConcepts/MaterialThroughput.aspx>

relacionados, ya que las salidas de desechos surgen de los insumos de materia prima y energía. Al mismo tiempo, la prevención, el reciclaje y la reutilización de desechos pueden reducir considerablemente la necesidad de materiales vírgenes, el procesamiento de materiales y la fabricación de productos, así como reducir los impactos ambientales asociados. Las reducciones absolutas en el procesamiento material implican una disminución absoluta en los insumos de materias primas y en los desperdicios a lo largo del tiempo (Van Ewijk y Stegemann, 2016). Para garantizar que el procesamiento material se mantenga dentro de los límites aceptables, los objetivos de gestión de residuos pueden relacionarse directamente con objetivos de desmaterialización de nivel superior con la ayuda del análisis de flujo de material.

Las ventajas comparativas en la producción de bienes y servicios, las preferencias de los consumidores y los acuerdos comerciales determinan crucialmente el comercio global. Los productos en los que los países se especializan están determinados por la disponibilidad de los inputs usados en las manufacturas de diferentes productos y por el acceso a diferentes tecnologías. La especialización está fuertemente impulsada por la distribución desigual de los recursos naturales en todo el mundo. El cambio climático afectará algunos de estos elementos, cambiando así los patrones de comercio y especialización a través de distintos mecanismos. Algunos impactos climáticos, como la mayor frecuencia de eventos extremos o el aumento del nivel del mar, tendrán un impacto directo en el comercio ya que afectarán las cadenas de transporte y distribución. Además, los cambios en los factores de producción de las economías (i.e. tierra, trabajo y capital) afectarán la estructura de producción y la especialización comercial (Dellink et al., 2017). Pero el cambio climático también tendría impactos indirectos sobre el comercio, ya que todas las regiones y sectores están vinculados a través de los inputs de producción y la comercialización de bienes y servicios.

La literatura sobre la vinculación entre el comercio internacional y la calidad ambiental se ha centrado principalmente en dos cuestiones relacionadas: si el comercio internacional contribuye a una menor calidad ambiental (e.g. Anderson, 1992; Dean, 1992;

4 El concepto de desmaterialización esencialmente simplifica las complejas interacciones entre la naturaleza y la economía al vincular la degradación ambiental con el procesamiento material. La desmaterialización de la economía reduce el riesgo de perjudicar la capacidad de carga de la naturaleza (Bartelmus, 2003).

Rauscher, 1992); y si la liberalización del comercio es deseable, tanto en términos de eficiencia global como de interés de los países individuales, cuando las emisiones ambientales no se internalizan (e.g. Pearce, 1992). También existe debate, tanto desde el punto de vista académico como del político, respecto de que la relación entre políticas de comercio y medioambiente es débil y que las políticas comerciales son instrumentos ineficaces para la protección medioambiental (Perroni y Wigle, 1994). Pareciera incidir también el cómo se establecen estas relaciones, ya que como señalan Abrego et al. (2001), la complementariedad entre las políticas comerciales y medioambientales, derivada de una estructura asimétrica en la distribución de las ganancias y pérdidas entre países de ingresos altos y bajos, también puede facilitar la sostenibilidad de la cooperación global cuando se persigue mediante negociaciones conjuntas.

Los efectos del crecimiento y la liberalización del comercio sobre la calidad ambiental son ambiguos. En general, no existe consenso aún sobre si una mayor apertura comercial implica también un mayor efecto negativo sobre el medioambiente. Esto no es sorprendente en vista de lo complejo del asunto, dado el gran número de factores ambientales que se puede considerar, y la variedad de mecanismos en que interactúan tanto la economía como el medioambiente. Sin embargo, Low (1992) hace hincapié sobre que, en aquellos lugares donde las políticas ambientales apropiadas están en su lugar, donde el crecimiento está asociado con cambios tecnológicos amigables con el medioambiente, o donde la liberalización comercial reduce las distorsiones económicas destructivas del medioambiente o aumenta la eficiencia productiva, los efectos de un mayor crecimiento probablemente sean positivos en el ambiente⁵.

López (1994), por ejemplo, sugiere que en el análisis del impacto del crecimiento y políticas comerciales sobre el ambiente hay dos importantes distinciones que hay que tener presente que pueden alterar significativamente los efectos. Primero, es necesario distinguir si el recurso natural tiene o no efectos productivos de retroalimentación. Esto es, si los cambios en el stock del factor ambiental juegan un papel en la producción (e.g. calidad del

⁵ De hecho, Low (1992) pone como ejemplo a Chile para afirmar que economías de rápido crecimiento con políticas comerciales liberales han experimentado un crecimiento menos intensivo en contaminación que economías más cerradas como Bolivia o El Salvador, aunque depende también de la composición de cada economía.

suelo agrícola, pureza del mineral, stock pesquero). Una segunda distinción esencial es si los productores y los consumidores internalizan las externalidades temporales e intertemporales a través de la propiedad privada. Un aporte bien pensado y analítico es el de Birdsall y Wheeler (1993) quienes, utilizando a Chile como caso de estudio, concluyen que economías proteccionistas o cerradas favorecen más la contaminación industrial, mientras que la apertura fomenta una industria más limpia a través de la importación de estándares de contaminación de países desarrollados y mejores tecnologías.

La literatura que relaciona la liberalización comercial y el medioambiente es creciente, pero pocos estudios han tratado de cuantificar los efectos de un acuerdo comercial específico, y los escasos estudios econométricos que testean esta relación apertura-ambiente muestran resultados muchas veces contra intuitivos. Aquellos que lo han hecho (e.g. Beghin y Potier, 1997; Grossman y Krueger, 1993; y Beghin et al., 1995) tienden a concentrarse en el impacto de tres mecanismos asociados con la liberalización del comercio: el efecto escala, el efecto composición, y el efecto tecnológico. El efecto escala señala que una mayor actividad económica aumenta la demanda de todos los inputs (expansión de la escala de producción debido a la apertura), lo que incrementa las emisiones. El efecto composición se refiere al hecho de que es probable que la liberalización comercial modifique la composición de la industria a medida que los países se especializan en mayor medida en aquellos sectores en los que gozan de una ventaja comparativa. Este cambio puede tener un impacto positivo o negativo en el medio ambiente. Finalmente, junto a la liberalización del comercio, una nación puede tener un mayor acceso a métodos de producción eficientes en el uso de los recursos, mientras que al mismo tiempo las personas pueden comenzar a exigir un medio ambiente más limpio a medida que experimentan ingresos crecientes. Esto impulsa a las firmas a volcarse a un sistema de producción más limpio, reduciendo las emisiones y beneficiando al medioambiente, lo que se conoce como efecto tecnológico.

Ahora bien, dentro del marco de intercambio internacional parecieran existir patrones estructurales o roles propios para cada nación, determinadas por el tamaño de su economía o por su matriz de producción. Es dentro de esta perspectiva que se sitúa la

hipótesis del intercambio ecológicamente desigual (Bunker, 1985; Hornborg, 1998; Rice, 2007), la cual sostiene que la utilización cada vez más desproporcionada de bienes y servicios ecológicos y la externalización de costos ambientales por parte de los países desarrollados *transfiere* estos costos a los países menos desarrollados. Esta teoría argumenta que aquellos países ventajosamente situados dentro de las redes estructuradas del intercambio global, debido a su mayor riqueza y poderío militar o político, tienen más probabilidades de obtener términos de intercambio favorables, lo que facilita a su vez el acceso a recursos naturales y sistemas ecológicos mundiales. Por otro lado, esto facilita la externalización o imposición de consecuencias ambientales negativas desde países industrializados hacia aquellos países menos favorecidos dentro de la economía global (Rice, 2007). De esta forma la división del trabajo internacional, en la cual las actividades primarias se concentran cada vez más en las zonas menos desarrolladas, está llevando a una distribución desigual de costos ecológicos, tales como la acumulación de residuos y emisiones en los países especializados en minería y procesamiento de metales (Muradian y Martínez-Alier, 2001b).

Esta hipótesis ha llevado a ciertos investigadores (Daly, 1993; Muradian y Martínez-Alier, 2001a) a argumentar que el comercio internacional no es un juego de suma positiva donde todos los participantes resultan ganadores, sino que es un juego de suma cero, donde hay beneficiados y perjudicados en los aspectos ecológicos. Así, el comercio internacional jugaría un rol importante como factor medioambiental que distribuye en forma asimétrica los costos ecológicos entre los países que comercian, donde aquellos que poseen abundancia de recursos naturales resultan perdedores (Rice, 2007). Es decir, cuando un país tiene ventajas comparativas en la producción de productos intensivos en capital natural, la especialización del país en su producción conlleva mayores costos ecológicos puesto que los recursos exportados no incluyen en los precios de exportación la pérdida ni la depreciación del patrimonio ambiental (Pérez-Rincón, 2007). Las consecuencias ambientales y ecológicas de la estructura del comercio internacional son más pronunciadas para las naciones que dependen en gran medida de la exportación de materiales en bruto y/o apenas procesados, así como aquellos estados con legados coloniales (e.g. Clark y Foster 2009; Roberts y Parks 2007). Las industrias extractivas son típicamente las más

destructivas del medio ambiente, generando enormes cantidades de contaminación al tiempo que destruyen ecosistemas completos.

Lo mencionado anteriormente parece establecer ciertas dudas sobre lo justo del sistema de intercambio internacional y los verdaderos precios y costos asociados en las transacciones para cada nación. Debido a los costos ecológicos y la subsecuente infravaloración de productos primarios, generados por este mayor control de los socios más industrializados, las relaciones de comercio, a simple vista equilibradas en términos monetarios, ocultarían un patrón de intercambio desequilibrado biofísicamente para el socio comercial menos desarrollado. Esto ha llevado al nacimiento de ciertas corrientes de pensamiento económico que critican la visión ortodoxa del crecimiento. Daly (1999), por ejemplo, defiende la perspectiva del “crecimiento no-económico”, según la cual el paradigma del crecimiento económico ilimitado provoca una disminución del bienestar social debido al costo que se genera a través de los “sacrificios sociales y ambientales que son necesarios debido a la creciente presión sobre los ecosistemas del mundo” (Daly y Farley, 2004). Esto conlleva que ciertos países deban subsistir con una capacidad de carga ecológica más allá de sus fronteras.

Cabe tener presente, sin embargo, que esta situación de *intercambio desigual* desde el plano ecológico se da bajo las condiciones de que ciertos países tienen ventajas comparativas respecto a otros. Aquellos países ricos en recursos naturales tienen menores costos de oportunidad por unidad producida que aquellos países con menor abundancia de los mismos, los cuales son generalmente países con mayor grado de desarrollo, y es mucho más probable que resulten exportadores de materias primas que éstos últimos. Esto hace necesario implementar técnicas de extracción y producción cada vez más limpias y responsables con el medioambiente para cada uno de los variados productos extraídos de los recursos naturales.

De esto se preocupa en parte la *economía ecológica* que se caracteriza por su visión transdisciplinaria dirigida al estudio de las relaciones entre los ecosistemas naturales y el sistema económico (Foladori, 2001). Estas relaciones están presentes en muchos de los serios problemas que enfrenta el mundo en la actualidad (i.e sustentabilidad, lluvia ácida, calentamiento global, especies en extinción, distribución de la riqueza, etc.). La economía

ambiental y de los recursos naturales, tal como se practica actualmente, aplica la economía neoclásica a los problemas ambientales y de los recursos naturales; mientras que la economía ecológica incluye la economía ambiental neoclásica y los estudios de impacto ecológico como subconjuntos, y además fomenta nuevas formas de pensar sobre los vínculos entre los sistemas ecológicos y económicos (Costanza, Farber y Maxwell 1989).

La casi totalidad de los modelos económicos imperantes de hoy en día están basados en la suposición del crecimiento prolongado e ilimitado. Esto hace suponer que problemas intra o intergeneracionales, o problemas a largo plazo como la equidad y sustentabilidad, se solucionarán fácilmente a través de mayor crecimiento. Los límites de energía y recursos para el crecimiento, de acuerdo con estos paradigmas, serán eliminados a medida que surjan, mediante el desarrollo inteligente y el despliegue de nuevas tecnologías. Esta línea de pensamiento a menudo se llama *optimismo tecnológico*. La línea de pensamiento contraria, el *pesimismo tecnológico*, asume que la tecnología no podrá eludir las limitaciones de recursos y de energía y que, finalmente, el crecimiento económico se detendrá. Bajo este punto de vista, un ecosistema saludable es aquel que mantiene un nivel estable, y el crecimiento ilimitado es pernicioso, no saludable. La discusión ni está zanjada, ni existe consenso aún respecto a los efectos de la liberalización del comercio sobre el medio ambiente.

Es necesario para un país contar con una apropiada medición de los impactos ambientales de las actividades económicas para así alcanzar el desarrollo sustentable. Durante la Cumbre de Río, la importancia de crear indicadores para evaluar el progreso hacia el desarrollo sustentable fue un tema importante. La Agenda 21 menciona en su capítulo 40: “Es necesario crear indicadores del desarrollo sustentable a fin de aportar bases sólidas al proceso de la toma de decisiones en todos los niveles y contribuir a una sustentabilidad auto-reglamentada de los sistemas que integran el medio ambiente y el desarrollo” (United Nations, 2013).

Es sabido que las mediciones cuantitativas del desempeño económico, como el valor de la producción y el consumo, pueden llevar a una imagen distorsionada del bienestar humano. Esto ha llevado al esfuerzo de desarrollar indicadores compuestos, como el “bienestar económico” (Nordhaus y Tobin, 1972), el “progreso genuino” (Cobb et al.,

1995), entre otros. Sin embargo, muchas medidas cuantitativas adoptan un enfoque disciplinario que conlleva una apreciación errónea de equidad, y por eso, algunos autores (e.g. Hubacek y Mauerhofer, 2008) argumentan que no se puede evaluar la sustentabilidad de una economía con uno sólo indicador sino que se requiere de una pluralidad de indicadores desde una aproximación integradora. Los indicadores económicos estándar deben medir las dimensiones físicas de las economías nacionales, no solo sus dimensiones financieras. Los buenos indicadores facilitarían la medición precisa de los flujos físicos y su comparación con los flujos económicos.

En este contexto, se ha propuesto desde la economía ecológica una aproximación *biofísica*, basada en el principio del equilibrio de masa y las leyes de la termodinámica. La aproximación biofísica adopta la noción del metabolismo socioeconómico y considera que un sistema económico debería tener una escala óptima relativa a los ecosistemas totales, mezclando la biología con los principios y métodos de la física, como la transformación de la materia. Además, considera que las presiones ecológicas y los flujos físicos de materiales y energía son variables importantes en la estimación de la sustentabilidad. Dentro del marco teórico de esta área, recientemente ha aumentado el interés académico en el intercambio de materiales físicos entre la economía y el medio ambiente dado la creciente demanda por energía y recursos naturales y sus consecuencias socio-ecológicas (De Bruyn y Opschoor, 1997). Por eso, en los últimos años, el metabolismo socioeconómico se ha convertido en un enfoque importante para investigar conflictos socio-ecológicos y temas relacionados con las implicancias ambientales del comercio internacional, tal como el intercambio ecológicamente desigual (Martínez-Alier, 2003).

Finalmente, Shepard (2011), empleando datos de la OCDE del año 2005 y utilizando un modelo de insumo-producto multi-regional, calcula para Chile, y para 8 de sus principales socios comerciales (Japón, China, Estados Unidos, Italia, Francia, México, Argentina y Brasil), la cantidad de recursos biofísicos domésticos requeridos para satisfacer la demanda por las importaciones y exportaciones de cada relación comercial bilateral chilena, permitiendo determinar la balanza comercial física bilateral (BCFB) para cada relación comercial bajo estudio. Se concluye que para 7 de estas 8 relaciones con sus socios comerciales, siendo la excepción Argentina, Chile exhibe una balanza comercial física

negativa, apoyando la hipótesis del intercambio ecológicamente desigual. La presente investigación analiza lo ocurrido en el sexenio 2005-2011 con el intercambio ecológico subyacente a las BCFBs de Chile, para lo cual no sólo se actualiza el trabajo de Shepard al año 2011, estimando las BCFBs para cinco de los principales países socios comerciales de Chile (China, Japón, EEUU, Corea del Sur y Brasil) para los que existen los datos oficiales disponibles requeridos para estimar este tipo de balanzas comerciales físicas, sino que se vuelve a testear la hipótesis de que Chile exhibe un intercambio ecológicamente desigual con sus principales socios comerciales; y, adicionalmente, se analiza por primera vez la evolución temporal de las BCFBs de Chile, lo que permite testear, por primera vez también, la hipótesis de que las BCFBs del país con sus principales socios comerciales se están haciendo cada vez más negativas.

CAPÍTULO III

Metodología

Con el objetivo de calcular las BCFB entre Chile y cada uno de sus socios comerciales en estudio (China, Japón, EEUU, Corea del Sur y Brasil) se cuantifica los requerimientos de materiales biofísicos (RM) que ingresan como insumos a la producción de cada sector económico nacional para determinar qué proporciones de éstos se asocian a las exportaciones hacia los países ya mencionados. A su vez, se cuantifica los RM de la producción doméstica de cada uno de los socios comerciales, para determinar qué proporciones de esos RM se asocian a sus exportaciones hacia Chile (las importaciones de Chile desde cada uno de estos socios).

A continuación se expone y explica en detalle la metodología utilizada para realizar las estimaciones señaladas.

3.1 Contabilidad y Análisis de Flujos de Materiales (MFA)⁶

La Contabilidad y Análisis de Flujos de Materiales, MFA (por su sigla en inglés, Material Flow Analysis and accounting), es una evaluación sistemática de los flujos y existencias de materiales dentro de un sistema definido en el espacio y el tiempo (Brunner y

⁶ Esta sección se basa en el trabajo de Hinterberger, Giljum y Hammer (2003)

Rechberger, 2004). En el contexto de este trabajo, esta metodología se usa con el propósito de contabilizar tanto aquellos flujos de materia y energía que la economía chilena extrae del medio ambiente nacional, como los que importa desde otros países.

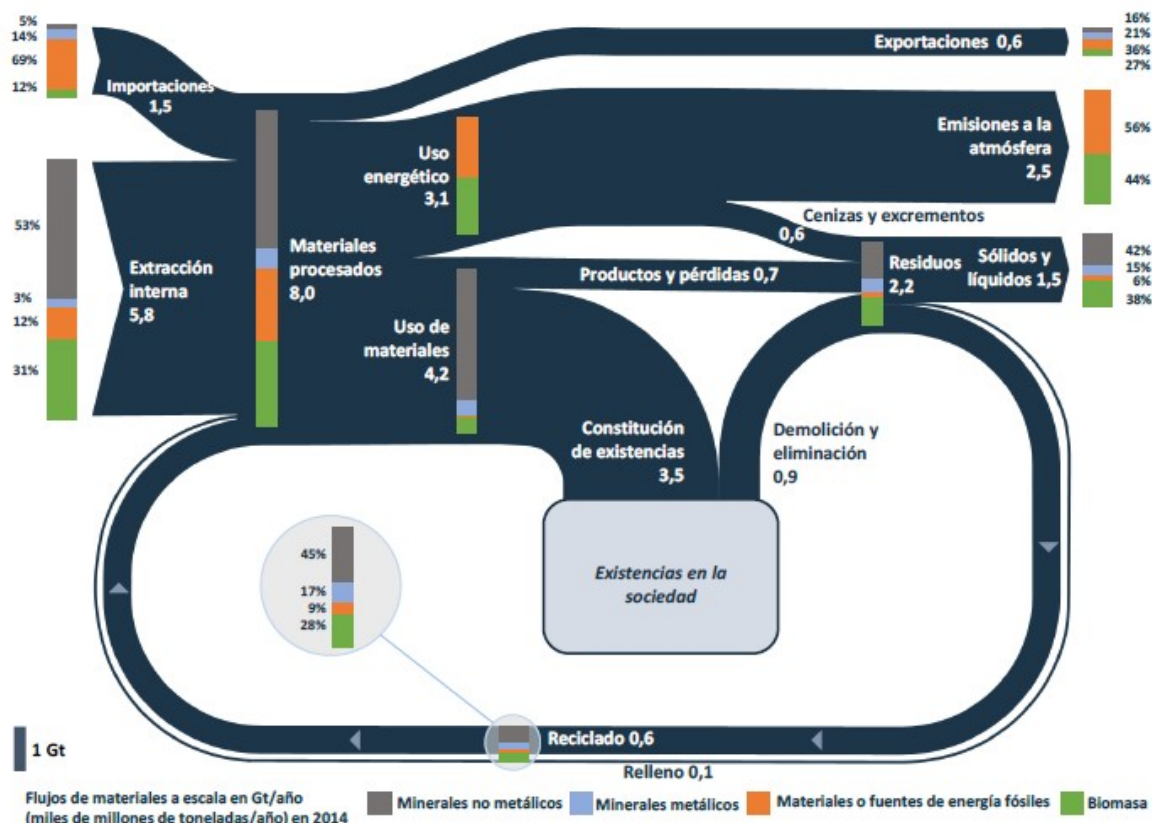
El MFA es una herramienta importante para estudiar los aspectos biofísicos de la actividad humana en diferentes escalas espaciales y temporales. Se considera un método central de ecología industrial o de metabolismo *antropogénico*, urbano, social e industrial y se utiliza para estudiar flujos de materiales, sustancias o productos a través de diferentes sectores industriales o dentro de los ecosistemas. El método permite identificar problemas y cuantificar el impacto de medidas potenciales en la recuperación de recursos y la contaminación ambiental. El principio de MFA está basado en la ley de conservación de la materia; los flujos son expresados en kg/año o en kg/cápita/año. Cuando se combina con una evaluación de los costos asociados con los flujos de materiales, esta aplicación de MFA orientada al negocio se denomina “contabilidad de costos de flujo de materiales”. MFA es una herramienta importante para estudiar la economía circular y para diseñar la gestión del flujo de materiales. La Figura 1 ilustra la visión de conjunto que esta metodología permite producir de los flujos de materiales de la economía de la Unión Europea (UE) en el 2014.

El MFA y los saldos de la economía en general y los indicadores derivados de ellos son herramientas descriptivas que apuntan a proporcionar información sobre el material y la energía que entra y sale de una economía. El principio que subyace a este enfoque se basa en un modelo simple de medioambiente-economía, en el cual esta última está integrada en el primero y depende de un aporte constante de materiales y energía. Desde principios de los años 1990s, el MFA ha sido un campo de interés científico en rápido crecimiento y se han realizado importantes esfuerzos para armonizar los diferentes enfoques metodológicos desarrollados por diferentes equipos de investigación.

Para una compilación consistente de los flujos de materiales, es necesario definir de manera precisa los límites entre el sistema económico y el ambiental, ya que sólo recursos que traspasan esta frontera son contabilizados. Así, para el MFA a nivel nacional, se puede definir dos límites principales para los flujos de recursos. El primero es el límite entre la economía y el entorno natural nacional, de donde se extraen los recursos (materiales, agua,

aire). El segundo es la frontera hacia otras economías con importaciones y exportaciones como flujos contabilizados.

Figura 1
Unión Europea: Flujos materiales de la economía en el año 2014.



Fuente: Comisión Europea (CE, 2018)

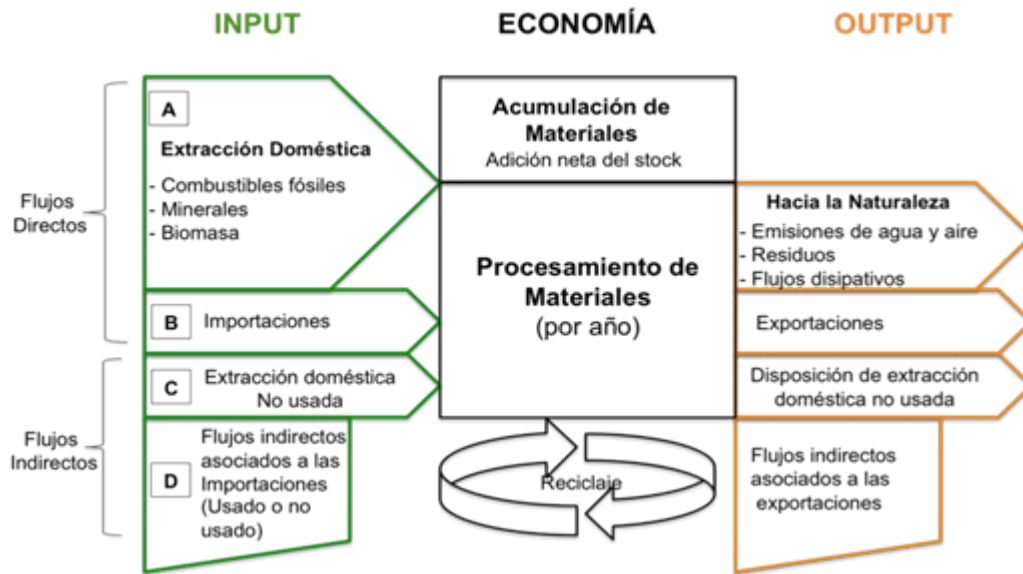
En general, los flujos de materiales son desagregados en distintas categorías, siendo éstas: biomasa, combustibles fósiles, y minerales. Los flujos de materiales también se pueden clasificar según la metodología EUROSTAT (2001). Según el origen y /o destino de los flujos éstos se pueden clasificar en domésticos o del resto del mundo. La *extracción doméstica* comprende aquellos materiales biofísicos extraídos o descartados durante un proceso productivo, y es una variable importante para la estimación de los impactos ambientales locales de los procesos productivos (e.g. destrucción de hábitat, erosión del suelo). También se puede distinguir entre flujos directos o indirectos, por un lado, y entre

flujos usados y no usados, por otro. Los flujos directos se refieren al peso real de los productos y, por lo tanto, no tienen en cuenta la dimensión del ciclo de vida de las cadenas de producción. Los flujos indirectos, por otro lado, indican todos los materiales intermedios que se han requerido para la fabricación (requerimientos de recursos río arriba) y comprenden tanto materiales usados como no utilizados. La categoría de materiales usados se define como la cantidad de recursos extraídos, que ingresa al sistema económico para su posterior procesamiento o consumo directo. Todos los materiales usados se transforman dentro del sistema económico. La extracción no utilizada se refiere a materiales que nunca entran en el sistema económico y, por lo tanto, pueden describirse como externalidades del mercado físico (Hinterberger et al., 1999). Esta categoría comprende los materiales de sobrecarga y separación procedentes de la extracción minera, la captura secundaria y la cosecha de madera a partir de la extracción de biomasa y la excavación del suelo, así como los materiales dragados de las actividades de construcción. En esta investigación, debido a la composición de la economía extractiva chilena, se incluyen datos sobre materiales usados y no usados.

La suma de la extracción doméstica usada y las importaciones comprende los flujos *directos* de la economía, es decir, todos los materiales que tienen valor económico y que se usan directamente en la producción; los flujos indirectos se componen de aquella extracción doméstica no utilizada y de flujos indirectos provenientes de las importaciones (ver Figura 2).

Los insumos materiales son (a) acumulados dentro del sistema socioeconómico (adición neta a stocks, como infraestructura y bienes de consumo duradero), (b) consumidos internamente dentro del período contable (en la mayoría de los casos un año) y cruzando así el límite del sistema como residuos y emisiones a la naturaleza, o (c) exportados a otras economías.

Figura 2: Esquema de balance de materiales la economía (excluyendo los flujos de aire y agua)



Fuente: Adaptado de Eurostat (2001)

3.1.1 Indicadores de MFA

Un gran número de indicadores sobre el uso de recursos puede ser derivado de la contabilidad de flujos de materiales, proveyendo una descripción más clara del metabolismo biofísico de las sociedades. Estos indicadores se agrupan en indicadores de (i) input, (ii) output, y (iii) consumo. Cabe mencionar que los indicadores del MFA no miden los impactos ambientales específicos. Por ejemplo, una tonelada de dióxido de carbono tiene un impacto ambiental distinto a una tonelada de celulosa. Sin embargo, si se asume que el impacto ambiental específico de una tonelada de material se mantiene constante en el tiempo, se puede deducir que un flujo de material incrementado en el tiempo es indicador de una presión ambiental aumentada.

Cuadro 1: Indicadores de MFA

Indicadores de Input	
Input directo de material (IDM)	Comprende todos los materiales que tienen valores económicos y se usan directamente en las actividades de producción y consumo. El IDM es igual a la suma de la extracción doméstica más importaciones.
Input de material total (IMT)	Es el IDM más la extracción doméstica no utilizada.

Requerimiento de material total (RMT)	Incluye, además de IMT, los flujos indirectos (usados y no utilizados) asociados a las importaciones de una economía. Así, RMT es el indicador más completo de los indicadores de input.
Indicadores de Output	
Output doméstico procesado (ODP)	Igual a los flujos de “outputs al medio ambiente” (emisiones al aire o al agua, residuos depositados en rellenos sanitarios etc.), y comprende todos los flujos de salida de materiales usados, de origen doméstico o extranjero.
Output de material total (OMT)	Incluye, además de los ODP, toda la extracción doméstica no usada.
Indicadores de Consumo	
Consumo de material doméstico (CMD)	Mide la cantidad total de materiales usados dentro de un sistema económico, excluyendo los flujos indirectos. Así, el CMD es el equivalente más cercano al ingreso agregado en el sistema convencional de cuentas nacionales. El CMD se calcula restando las exportaciones de IDM.
Consumo de material total (CMT)	Incluye, además del CMD, los flujos indirectos asociados con las importaciones y exportaciones. CMT es igual a los RMT menos las exportaciones y sus flujos indirectos.
Indicadores de Comercio Internacional	
Balanza comercial física (BCF)	Una BCF expresa si las importaciones de recursos del exterior exceden las exportaciones de recursos de un país o región, y en qué medida el consumo material nacional se basa en la extracción de recursos nacionales o en las importaciones del exterior. Indica la diferencia entre las importaciones físicas y las exportaciones físicas. $BCF = \text{Requerimientos de Materiales (RM) de las importaciones} - \text{RM de las exportaciones}$.

Fuente: Adaptado de Hinterberger, Giljum y Hammer (2003)

3.1.2 Principales aplicaciones del MFA

El objetivo principal del MFA a nivel de toda la economía es proporcionar información general acumulada sobre la composición y los cambios de la estructura física de los sistemas socioeconómicos. El MFA representa un marco metodológico muy útil para analizar las relaciones entre economía y medio ambiente y derivar indicadores ambientales y socioeconómicos integrados. Los indicadores basados en el flujo de materiales se pueden

agregar desde el nivel micro al macro. Permiten comparaciones con indicadores económicos o sociales agregados, como el PIB y las tasas de desempleo, proporcionando así a los hacedores de política la información que utilizan para manejarlos, y pueden ayudar a cambiar el enfoque de las políticas de análisis puramente monetario a integrar aspectos biofísicos (Kleijn, 2001).

Las aplicaciones ambientales del MFA son múltiples. Primero, permite derivar indicadores agregados del uso y productividad de los recursos naturales. Segundo, al relacionar los indicadores agregados del uso de recursos naturales con el PIB u otros indicadores sociales y económicos, posibilita determinar la eco-eficiencia de determinados procesos de producción. Adicionalmente, el MFA proporciona indicadores de la “intensidad de la presión ambiental” de determinados estilos de vida al relacionar indicadores de uso de recursos naturales con indicadores demográficos, como la población o el consumo per cápita, como también permite usos analíticos, incluida la estimación de los flujos de materiales y el uso de la tierra inducido por las importaciones y exportaciones, así como los análisis de descomposición que separan los cambios tecnológicos, estructurales y de la demanda final (Eurostat, 2001).

3.1.3 Limitaciones del MFA

Se puede identificar varias deficiencias y límites importantes del método MFA estándar. Las dos deficiencias principales son la agregación de diferentes calidades de flujos materiales para derivar indicadores agregados y los vínculos débiles entre los indicadores MFA y los impactos ambientales.

Los grandes flujos de materiales dominan todos los indicadores y sesgan interpretaciones de los resultados agregados. Los indicadores agregados de MFA pueden, en gran medida, estar dominados por una sola categoría de material, lo que puede conducir a interpretaciones erróneas de los resultados, ya que la información detallada sobre desarrollos de otros grupos materiales o sectores económicos se diluye u oscurece (por ejemplo, en el caso chileno, domina la categoría de materiales). Por lo tanto, la recopilación e interpretación de los datos de MFA debe siempre llevarse a cabo a un nivel que desagregue sectores económicos y/o grupos materiales.

Otra limitación es que, en muchos casos, los impactos ambientales son determinados por la calidad de los flujos de inputs u outputs de materiales y no pueden ser descritos adecuadamente sólo por su cantidad, lo cual también es un punto relevante, ya que pequeños flujos de materiales, muchas veces descuidados en indicadores agregados, pueden tener grandes impactos medioambientales. Por lo tanto, monitorear los cambios en la composición de indicadores agregados debido a la sustitución entre diferentes materiales o entre diferentes tecnologías es de crucial importancia para el adecuado manejo ambiental de una economía. Los impactos ambientales negativos en muchos casos están determinados por las características cualitativas de los diferentes flujos de entrada o salida de materiales y no se pueden representar adecuadamente de manera cuantitativa. Sugerencias sobre cómo ponderar las salidas de material de acuerdo con su diferente potencial de daño ambiental han sido presentadas, por ejemplo, por Fröhlich et al. (2000) and Matthews et al. (2000).

Finalmente, en la mayoría de los estudios de MFA realizados hasta el momento, no se establece el vínculo con los actores responsables de la activación de los flujos de materiales. En consecuencia, no se investiga qué grupos de la sociedad (consumidores, empresarios, etc.) podrían contribuir en qué medida a una estrategia de desmaterialización para el país investigado (Hinterberger et al., 1997). Muchos estudios de MFA no contribuyen lo suficiente en entregar conclusiones de políticas desde sus resultados y se enfocan solamente en asuntos metodológicos o balances materiales. Establecer una evaluación aplicada de los resultados de MFA relacionada con las políticas debería ser un tema central para un mayor desarrollo del análisis de flujo de materiales en el futuro. La presente investigación pretende contribuir en este sentido y ayudará a disminuir las brechas entre un análisis descriptivo y su aplicación para el diseño e implementación de políticas.

3.2 Análisis Insumo-Producto (AIO)

El Análisis Insumo-Producto (IOA, por su sigla en inglés Input-Output Analysis) fue introducido por Leontief (1936), y es un método que permite la contabilidad integral de los flujos de recursos directos e indirectos activados por la demanda final. Uno de los puntos más relevantes de esta metodología es que permite el cálculo total de requerimientos de insumo por unidad de demanda final. Dado esto, uno puede evaluar no solo los requisitos directos en el proceso de producción del sector analizado en sí, sino también

todos los requisitos indirectos resultantes de las entregas de productos intermedios de otros sectores (Miller y Blair, 1985). Por lo tanto, el input total (directo e indirecto) necesario para satisfacer la demanda final (por ejemplo, consumo privado, exportaciones) puede determinarse. En este trabajo se utilizará esta metodología para determinar los flujos indirectos, además de los directos, de materiales entre Chile y sus socios comerciales bajo análisis, para luego poder calcular los requerimientos de materiales de dichos flujos.

El AIO, en general, tiene por finalidad comprender las interrelaciones sectoriales de una economía. Permite describir y explicar los niveles de producción (output) de cada sector de una economía dada, en términos de la relación de sus insumos (input) con el resto de los sectores. Bajo este principio, es posible estimar no solo el uso directo de materiales que utilizan los procesos productivos en la fabricación de bienes y servicios, sino también aquella cantidad indirecta de recursos naturales “contenida” en los inputs, junto con todos aquellos materiales necesarios para elaborar esos inputs, y así sucesivamente (Muñoz y Roca, 2006).

Dentro de los enfoques para la modelación y contabilidad de flujos de materiales, los métodos de Análisis Input-Output ambiental (AIOa) juegan un rol fundamental en estudios de MFA aplicados a políticas. En particular, el AIOa provee información sobre flujos y productividad de recursos sobre ramas o productos específicos. Por lo tanto, sectores y productos ambientalmente importantes (“hot spots”) pueden ser identificados y clasificados. También permite analizar las implicaciones para el uso de los recursos naturales de los cambios estructurales de la economía, así como de los cambios en la tecnología, el comercio, las inversiones, el consumo y los estilos de vida.

Las tablas de input-output muestran la interconexión entre los diferentes sectores de producción y permiten un rastreo de la producción y el consumo en una economía. Los cálculos sobre el uso de recursos de input-output se basan en dos aproximaciones principales. Se pueden utilizar tablas de IO monetarias (MIOT, por su sigla en inglés Monetary Input-Output Table) extendidas por vectores adicionales de inputs de materiales en unidades físicas, como también se pueden basar en tablas físicas de IO (PIOT, por su sigla en inglés Physical Input-Output Table) que reflejan todas las transacciones económicas en unidades de peso físico (Giljum y Hubacek, 2009). Existe otro método que

utiliza tablas IO híbridas (HIOT, por su sigla en inglés) las cuales incorporan tanto información monetaria como física en la tabla de flujos interindustria, con los sectores más intensivos en materiales representados en unidades físicas (Weisz y Duchin, 2006; Weisz, 2006).

Las PIOT son, en principio, más adecuadas para calcular las necesidades indirectas de recursos, ya que la atribución de recursos directos e indirectos a las diferentes categorías de demanda final sigue la estructura física de la economía, que difiere sustancialmente de la estructura monetaria. Sin embargo, la disponibilidad de datos para las PIOT es bastante limitada y ha sido compilada sólo para un pequeño grupo de países. También es importante tener en cuenta que, al utilizar una MIOT como la matriz central, se pueden ilustrar las responsabilidades económicas que los agentes tienen para inducir la extracción de material. Por lo tanto, un enfoque MIOT sigue causalidades económicas, mientras que un enfoque PIOT sigue causalidades físicas (ver Rodrigues y Giljum, 2005). Adicionalmente, el modelo basado en MIOT asigna una mayor participación a aquellos sectores con altos valores de producción económica; por lo tanto, los sectores de servicios de la economía doméstica reciben más responsabilidad ambiental en el MIOT que en el modelo PIOT. Dado estos antecedentes, el presente estudio analiza un AIOa empleando MIOT (Para ver un formato tipo de una tabla MIOT ir al **Anexo 1**).

Sin embargo, aplicar el enfoque IO también implica desventajas. Estas se refieren en particular al alto nivel de agregación de sectores económicos en las tablas IO, que impiden el análisis de materiales específicos (como los metales únicos o productos agrícolas únicos) y conducen a problemas de “inhomogeneidades” dentro de sectores (teóricamente homogéneos).

En la mayoría de los estudios a nivel nacional realizados hasta ahora, las importaciones se incluyeron sólo como flujos de materiales directos (sin considerar los requisitos indirectos iniciales) o se estimaron los requerimientos de materiales indirectos aplicando el supuesto de una tecnología de producción idéntica de los productos importados y la economía doméstica (por ejemplo, Moll et al., 2004; Weisz, 2006). Sin embargo, las distorsiones de los resultados pueden ser considerables si los países muestran diferencias significativas en la estructura tecnológica y económica, que a menudo es el caso, cuando se

investigan las relaciones comerciales entre países industrializados y en desarrollo (véase Haukland, 2004). Por estas razones, se requiere un enfoque de modelo multi-regional, lo que se explica a continuación.

3.3 Modelo Multi-Regional Input-Output (MRIO)⁷

El modelo MRIO es cada vez más utilizado para analizar las implicancias ambientales del consumo, ya sea por las emisiones de gases de efecto invernadero, el uso de la tierra y el uso del agua. El objetivo principal de un modelo MRIO es estimar los *inputs* directos e indirectos de materias primas de los productos comercializados por una economía para estudiar las implicancias del comercio internacional y las implicancias ambientales del consumo (Hertwich y Peters, 2010). El modelo MRIO que se utiliza en el presente estudio fue introducido por Giljum et al. (2007) y está diseñado para superar las limitaciones del modelo de IO de un solo país, específicamente para poder calcular las balanzas comerciales físicas exhaustivas para los países en cuestión.

La característica única de un MRIO es que permite rastrear la producción de un "producto típico" de diversos sectores económicos, cuantificando las contribuciones al valor del producto de diferentes sectores económicos en varios países representados en el modelo. Por lo tanto, ofrece una descripción de las cadenas de suministro globales de los productos consumidos. Si se conoce el uso específico de la tierra, la energía y el agua, y las emisiones de los sectores industriales en cada país, se pueden cuantificar las huellas totales de tierra, carbono y agua de los productos (Hertwich y Peters, 2010).

Acquaye et al. (2017), Ward et al. (2017), Moran et al. (2016) y Wiedmann et al. (2007), entre otros, analizan las ventajas del enfoque MRIO. Primero, los modelos MRIO permiten la integración de flujos comerciales (monetarios) con las bases de datos ambientales y que los impactos ambientales integrados en el comercio se evalúen de forma precisa y exhaustiva, a medida que se tengan en cuenta las variaciones en las estructuras de producción y las tecnologías entre diferentes países y regiones del mundo. Segundo, se puede realizar distintos tipos de análisis de input-output a nivel internacional (por ejemplo, análisis del camino estructural, de composición de nivel de producción, de cuantificación

⁷ Esta sección se basa en el trabajo de Giljum, Lutz y Jungnitz (2007). Los cálculos se realizaron siguiendo el procedimiento de Shepard (2011).

de las responsabilidades compartidas entre productores y consumidores, etc.)⁸. Tercero, un modelo MRIO permite capturar los impactos provocados por los flujos tanto directos como indirectos del comercio internacional.

En este estudio se utiliza un modelo MRIO, llamado también de comercio unilateral o *Linked single-region model*, en el cual se asume que la economía doméstica, en este caso la de Chile, comercia con todas las demás regiones de interés, pero que estas regiones no comercian entre sí. Esto reduce significativamente los requisitos de datos sin introducir errores significativos (Giljum, Lutz y Jungnitz, 2007). El objetivo principal de este modelo es estimar los insumos indirectos de materia prima de los productos comercializados y así poder calcular indicadores integrales basados en el flujo de materiales, considerando balances de materiales integrales a nivel nacional, que tengan en cuenta todas las necesidades materiales de las importaciones y exportaciones.

De este modo, en este estudio se utiliza las MIOT para Chile y sus cinco socios comerciales de interés (China, Japón, EEUU, Corea del Sur y Brasil) para el año 2011 y, en conjunto con las tres metodologías mencionadas, se vincula estas tablas con datos de comercio bilateral y requerimientos materiales físicos, para calcular y contrastar las diferencias en las BCFB.

3.4 Datos para las estimaciones

En esta sección se describe las fuentes de los datos desde las que se obtuvo la información requerida para las estimaciones empíricas de este trabajo: Tablas input-output, datos de comercio bilateral, y datos de extracción de materiales en cada país. Se debió obtener información estadística de cada uno de estos conjuntos de datos para Chile, Estados Unidos, China, Japón, Brasil y Corea del Sur⁹.

(a) Tablas input-output

Para construir un modelo MRIO consistente se requiere un conjunto de datos armonizados (mismas clasificaciones) que abarque la mayor cantidad posible de países

⁸ Para una explicación de los distintos tipos de AIO, ver Giljum et al. (2007).

⁹ En su investigación Shepard (2011) utilizó a 4 de estos países además de Italia, Francia, México y Argentina. Debido a datos faltantes para Argentina, se optó por excluir a México y los países europeos y añadir a Corea del Sur.

desglosados en el mayor número posible de sectores. En este caso, el conjunto de datos de tablas IO es provisto por la base de datos STAN¹⁰ (por su sigla en inglés, *Structural Analysis Database*), publicada por la OCDE, que proporciona las tablas insumo-producto monetarias utilizadas en el presente estudio. El último conjunto de tablas nacionales de input-output armonizadas presenta matrices de flujos interindustriales de bienes y servicios (producidos a nivel nacional e importado) a precios corrientes (expresados en dólares, USD), para todos los países de la OCDE y 27 economías no miembros (incluidos todos los países del G20), cubriendo los años 1995 a 2011. Como se desea un análisis lo más al día posible se utiliza tablas IO de los países ya mencionados para el año más reciente disponible en STAN, el 2011. La clasificación de los sectores industriales se basa en el ISIC Rev.4¹¹, lo cual implica una armonización entre las tablas de las distintas naciones.

Las tablas monetarias representan los requerimientos inter-industriales (la demanda intermedia) y la demanda final total en millones de dólares (MM\$US). Además, la OCDE proporciona dos sub-tablas de la tabla total para cada país, una que muestra los requerimientos inter-industriales y la demanda final solamente para la producción doméstica (tabla doméstica), y otra que muestra los requerimientos inter-industriales y la demanda final para la producción extranjera (tabla de importaciones). Este estudio requiere de estos tres tipos de tablas.

(b) Datos de comercio bilateral (BTD)

La OCDE también entrega datos sobre comercio bilateral (BTD, por su sigla en inglés, *Bilateral Trade Data*) tanto para países miembros del organismo como para otros que no lo son (i.e China y Brasil). Los datos sobre comercio internacional, que conforman un elemento central en el modelo que calcula todos los requisitos materiales directos e indirectos de los países, deberían abarcar un número máximo de industrias en una clasificación coherente con la de las tablas de IO aplicadas. Las tablas de BTD consisten en valores de importaciones y exportaciones de bienes, presentados por los países informantes

10 Ver base de datos : <https://stats.oecd.org/Index.aspx#>

11 La ISIC, "International Standard Industrial Classification of All Economic Activities" es un sistema de las Naciones Unidas para clasificar datos según clase de actividad económica en los campos de la producción, del empleo, del producto interno bruto y de otras áreas estadísticas. La CIU es una herramienta básica para estudiar fenómenos económicos, fomentando la comparabilidad internacional de datos, proporcionando la dirección para el desarrollo de clasificaciones nacionales y para promover el desarrollo de sistemas estadísticos nacionales sanos. Su cuarta revisión (Rev. 4) fue publicada en 2006.

y socios, y desglosados por actividades industriales y categorías de uso final. Los flujos comerciales se dividen en nueve categorías de bienes, incluidos los tres principales bienes de uso final: bienes de capital, insumos intermedios y consumo; y, como se mencionó anteriormente, los datos de comercio bilateral se basan en la ISIC Rev. 4, así como en las tablas IO proporcionadas por la OCDE.

Un punto importante a destacar es que es común que existan discrepancias entre los datos de importación y exportación debido a las diferentes clasificaciones y cálculos de precios (por ejemplo, cif versus fob) utilizadas al reportarlas. Para esta investigación, se ha elegido utilizar datos de importación para alcanzar la identidad global de las exportaciones e importaciones que debe verificarse (pero en general no ocurre para los conjuntos de datos de comercio internacional), ya que los importadores, en general, tienen mayor interés para informar exhaustivamente (Giljum et al., 2007).

(c) Datos de inputs de materiales

Los datos de input de materiales provienen de la base de datos del SERI (por su sigla en inglés, Sustainable Europe Research Institute) a través de un sitio web independiente¹². El sitio web se sustenta en la base de datos integral única a nivel mundial sobre la extracción de recursos globales: la base de datos de Flujos de Materiales Globales, creada y administrada por la Universidad de Economía y Negocios de Viena (WU). Cubre más de 200 países, el período de tiempo de 1980 a 2013, y más de 300 materiales diferentes agrupados en 12 categorías de flujos de materiales.

3.5 Implementación técnica de los cálculos del modelo

El enfoque MRIO expuesto anteriormente requiere de la construcción de una tabla IO que comprima todos los requerimientos de materiales río arriba dentro y entre los países considerados. Construir una matriz de ese tipo puede ser muy complicado y requiere de una enorme cantidad de información, pero como se mencionó anteriormente, en esta investigación se utiliza un modelo unidireccional, por lo que se reduce significativamente la complejidad, así como la cantidad de datos necesarios. En este contexto, el material directo e indirecto incorporado en los bienes comercializados se calcula en un

¹² Ver www.materialflows.net

procedimiento iterativo que se basa en el enfoque introducido por Ahmad y Wyckoff (2003).

Para identificar los insumos materiales incorporados en los flujos de comercio internacional, se calcula el material total directo e indirecto incorporado en los productos consumidos en el país, ya sean importados o producidos dentro de él. La identificación de los inputs de materiales contenidos en flujos de comercio internacional requiere una distinción entre 4 categorías de uso:

1. **Demanda Final Doméstica, DFD:** Bienes y servicios producidos y consumidos domésticamente.
2. **Producción Doméstica de Exportaciones, PDE:** Productos y servicios manufacturados de producción nacional exportados a otros países.
3. **Demanda Final Importada, DFI:** Bienes y servicios manufacturados importados que son consumidos domésticamente.
4. **Producción Importada de Exportaciones, PIE:** Bienes y servicios importados que se exportan a otros países nuevamente.

La ecuación básica del AIO calcula el output sectorial necesario para disponer de un vector de demanda final como:

$$(1) \quad q = (I - A)^{-1} * y$$

donde q corresponde al vector ($n \times 1$) de output sectorial; y es el vector ($n \times 1$) de la demanda final por sector; I corresponde a la matriz de identidad ($n \times n$) y A corresponde a la matriz ($n \times n$) de coeficientes técnicos sector-x-sector, que representa la demanda intermedia de productos domésticos por unidad de output sectorial, con componentes a_{ij} que representan la razón de inputs de sector doméstico i al output (doméstico) de sector j . $(I - A)^{-1}$ se llama la matriz inversa de Leontief, y representa la *tecnología de producción*; es decir, captura los efectos *directos e indirectos* que se producen en q , a partir de los cambios que se puedan generar en el uso final, y . Una columna de la inversa de Leontief indica cuánto output sectorial se requiere directamente o indirectamente para producir una unidad de output del sector que corresponde.

3.5.1 Vinculación de las tablas IO con los datos de comercio bilateral

Para vincular las MIOT con los BTD, se modifica la ecuación básica según la categoría de uso en cuestión. La demanda final doméstica (DFD) de país c es igual a:

$$(2) \quad DFD_c = (I - A)^{-1} * \dot{FD}_c > \dot{}$$

donde $\langle FD_c \rangle$ es el vector diagonalizado de la demanda final doméstica (igual al consumo doméstico, excluyendo las exportaciones)¹³. Adicionalmente, para determinar la medida de la demanda doméstica satisfecha por la producción extranjera, se calcula la demanda final importada desde el país socio comercial k al país c (DFI_{k-c}):

$$(3) \quad DFI_{k-c} = (I - B)^{-1} * \dot{IM}_k > \dot{}$$

donde B es la matriz ($n \times n$) de coeficientes técnicos para las importaciones (matriz de importaciones para el país en cuestión), que representa la demanda intermedia de productos extranjeros por unidad de output sectorial, con componentes b_{ij} igual a la razón de importaciones de sector extranjero i al output (doméstico) de sector j . $\langle IM_k \rangle$ es el vector diagonalizado de la demanda final (doméstica) por la producción extranjera (las importaciones) de origen del país socio comercial k . Al mismo tiempo, la demanda extranjera es satisfecha por la producción doméstica. Similar a la ecuación (2), la demanda por bienes y servicios producidos domésticamente en país c que se exportan a país socio comercial k (PDE_{c-k}) es igual a:

$$(4) \quad PDE_{c-k} = (I - A)^{-1} * \dot{EX}_k > \dot{}$$

donde $\langle EX_k \rangle$ es un vector de exportación que se define como los requerimientos extranjeros en la producción nacional; es decir, la demanda de país socio comercial k por la producción doméstica. También, parte de esta demanda extranjera es servida por las importaciones de origen del país socio comercial k (PIE_k):

$$(5) \quad PIE_{k-c} = (I - B)^{-1} * \dot{AEX}_k > \dot{}$$

¹³ Los datos de DFD están presentes en los cálculos de forma implícita, pero no forman parte directa en la fórmula de cálculo de la BCFB.

donde $\langle AEX_k \rangle$ es el vector de las exportaciones de las importaciones (incluidas en las tablas IO de las importaciones) de origen de socio comercial k y re-exportado al socio comercial k .

3.5.2 Integración de datos de inputs de materiales

Para determinar los requerimientos de materiales (RM) para satisfacer la demanda en cada categoría de uso, se incorpora los datos de extracción doméstica total en miles de toneladas a las ecuaciones (3) a (5) para país c con cada socio comercial k bajo estudio.

$$(6) \quad RM_{DFI(k-c)} = {}^m R_k * DFI_{k-c}$$

$$(7) \quad RM_{PDE(c-k)} = {}^m R_c * PDE_{c-k}$$

$$(8) \quad RM_{PIE(k-c)} = {}^m R_k * PIE_{k-c}$$

donde ${}^m R_c$ y ${}^m R_k$ son las matrices que representan, para cada sector económico del país c y del país socio comercial k , respectivamente, la razón de requerimientos de materiales por unidad de output monetario (sectorial). Los datos de materiales biofísicos son divididos en cuatro grupos y asignados a siete de los sectores económicos (Ver **Anexo 2** para la clasificación de cada sector económico).

Cuadro 2: Asignación de inputs de materiales a los sectores económicos de la tabla IO

Categoría de MFA	Sector de la tabla IO
Biomasa (todo menos biomasa forestal)	(1) Agricultura, caza, silvicultura y pesca; (3) Productos alimenticios, bebidas y tabaco
Biomasa (forestal)	(5) Madera y Corcho; (6) Pulpa, productos de papel, impresión y publicación
Combustibles Fósiles (Petróleo)	(7) Coque, productos refinados del petróleo y combustible nuclear
Minerales	(2) Minería y Cantera; (11) Metales básicos

Fuente: Elaboración propia

Una vez armadas las tablas correspondientes, se puede calcular la balanza física bilateral para cada relación comercial entre Chile y los demás países elegidos. La BCF mide el superávit o el déficit comercial físico de una economía, y es igual a las importaciones menos a las exportaciones¹⁴. Esto es así porque, en términos biofísicos, las

14 Ver <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=6542>

importaciones permiten que un país se beneficie de los recursos ecológicos provenientes del extranjero (sin tener que explotar su propio capital natural), mientras que las exportaciones implican la pérdida de recursos ecológicos por parte del país. Por lo tanto, la balanza comercial en términos biofísicos se calcula al restar las categorías de uso asociadas con las exportaciones de las asociadas con las importaciones:

$$(9) \quad BCF = RM_{DFI} - (RM_{PDE} + RM_{PIE})$$

Así, por ejemplo, si se analiza la situación de comercio bilateral entre Chile y Japón, la BCF se debe calcular restando los RM de la producción de exportación y re-exportación chilenas hacia Japón de los RM de las importaciones chilenas de origen japonés:

$$(9a) \quad BCFB_{CHL/JPN} = RM_{DFI(JPN-CHL)} - \dot{c}$$

Luego, si la BCFB resulta negativa significaría que Chile está perdiendo recursos ecológicos a través de su intercambio comercial con Japón, porque en términos físico-materiales sus exportaciones son mayores que sus importaciones; por otro lado, una BCFB positiva implicaría que Chile se está beneficiando desde el punto de vista ecológico respecto a Japón en el intercambio comercial al importar más recursos ecológicos de origen japonés que los que Chile exporta a Japón. Las ecuaciones (3) a (8) se calculan para cada país, mientras que la ecuación (9) se calcula para cada una de las cinco relaciones comerciales entre Chile y los demás países elegidos.

Finalmente, cabe destacar que si bien los inputs de materiales se dividen en cuatro grupos distintos, la metodología MRIO no hace una distinción final de las kt de recursos materiales que participan en el intercambio natural, es decir, no las separa según biomasa, combustibles o minerales, sino que analiza los resultados a un nivel agregado, y las BCFB son un reflejo de aquello.

CAPÍTULO IV

Resultados

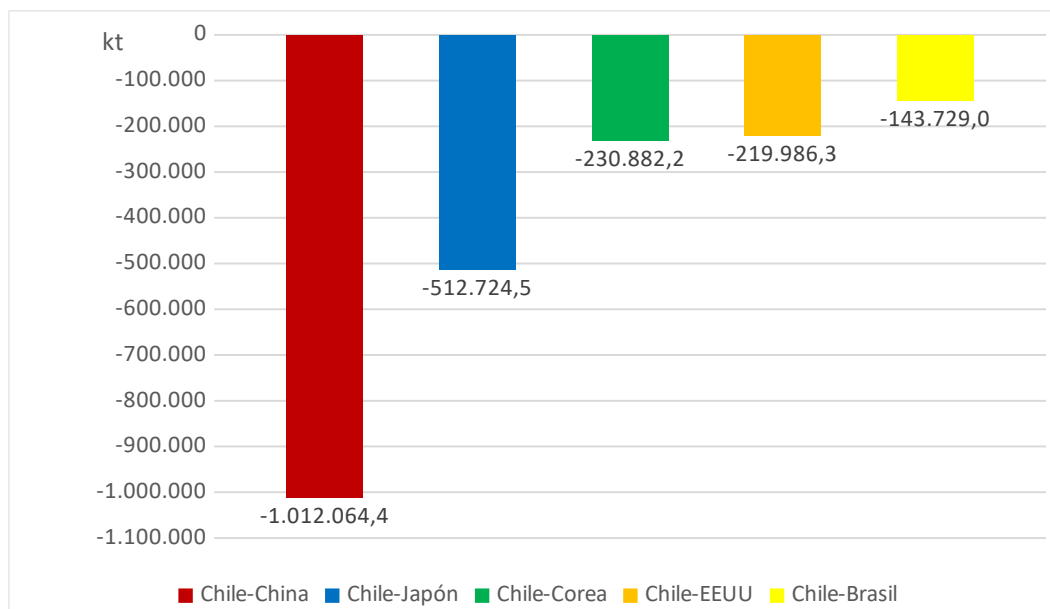
Con el propósito de analizar las presiones medioambientales presentes en el comercio internacional chileno, se determinó los requerimientos materiales (RM) de las importaciones y exportaciones de todos los países en análisis, incluyendo Chile. Luego, utilizando el modelo Multi-regional Input-Output (MRIO) se evaluó para cada una de las cinco relaciones comerciales chilenas, las cantidades de recursos biofísicos, expresadas en kilotoneladas (kt), de extracción, usadas y no usadas, que fueron comercializadas internacionalmente en productos y servicios. Con esta información, se calculó las distintas balanzas comerciales físicas bilaterales (BCFB), lo que permitió estimar la transferencia neta de recursos biofísicos implícita en el intercambio comercial bilateral entre Chile y sus cinco principales socios comerciales, como también evaluar la dependencia respecto a los inputs de origen chileno de cada una de estas economías versus los inputs provenientes de sus propios recursos biofísicos domésticos. De esta forma se revela las transferencias de costos ecológicos, en términos biofísicos, implícitas en las relaciones comerciales internacionales chilenas.

Los resultados presentados en el Gráfico 1 indican que, para el año 2011, y para cada una de las cinco relaciones comerciales examinadas (con China, Japón, EEUU, Corea del Sur y Brasil), Chile tiene una BCFB negativa; es decir, la cantidad de RM chilenos incorporados en la demanda de cada uno de esos países por productos chilenos es mayor que la cantidad de RM extranjeros incorporados en la demanda chilena por productos desde cada uno de ellos. Esto implica que, efectivamente, cada uno de estos países requiere de forma importante inputs producidos en Chile para satisfacer su demanda doméstica total, y que en efecto existe *transferencia de costos ecológicos* por su parte hacia Chile al momento de participar en el intercambio comercial bilateral, lo que se puede traducir, finalmente, en una presión medioambiental que afecta la economía chilena. Del Gráfico 1 se puede observar también el orden de los países según la cantidad neta de kt de RM respecto a Chile en la BCFB, siendo China el país con mayor volumen (1.012.064 kt) y Brasil el país con menos volumen neto de balanza bilateral (143.729 kt). Es decir, China es el socio comercial, dentro de los cinco analizados, con el que Chile presenta mayor desnivel biofísico al momento de comercializar, mientras que Brasil es el país con el menor desbalance de los cinco. Esto ciertamente está relacionado con los volúmenes de

exportación relativos de Chile con estos dos países, ya que China es el principal destino de las exportaciones chilenas, mientras que Brasil ostenta el quinto lugar de esa lista.

Gráfico 1

CHILE, Balanza Comercial Física Bilateral (BCFB) con países socios comerciales; 2011 (kt)



Fuente: Elaboración propia

Las Tablas 4.1 a 4.5 presentan las BCFBs para cada una de las cinco relaciones comerciales examinadas; divididas en 4 columnas según el tipo de input y la procedencia de éstos, y en 17 filas según sectores económicos, de acuerdo a la clasificación de la OCDE. Estas tablas permiten contrastar los requerimientos de materiales necesarios para solventar la demanda nacional chilena de bienes procedentes del extranjero (DFI) versus los requerimientos materiales provenientes de Chile necesarios para satisfacer la demanda de las economías socias comerciales (PDE y PIE), todo esto para calcular presiones medioambientales debidas al comercio internacional. Por ejemplo, para la relación bilateral Chile-EEUU (Tabla 4.3) las importaciones chilenas de origen estadounidense (DFI) requieren de 33.194,9 kt de materiales estadounidenses, mientras que las exportaciones chilenas destinadas a Estados Unidos (PDE) requieren de 249.586,1 kt de origen chileno, es decir, las exportaciones chilenas destinadas a EEUU requieren aproximadamente 7,5 veces más RM chilenos que la cantidad de RM estadounidenses requeridos para satisfacer la demanda chilena por importaciones de origen estadounidense. El análisis es similar para los demás países.

Si se analiza la situación de Chile respecto a las demás economías se aprecia con claridad que el sector minero es el que más incide en las diferencias entre inputs nacionales y extranjeros, y por consecuencia, la que mayormente determina los valores de las BCFBs a través de los sectores productivos de Minas y canteras (2) y Metales básicos (11). Esto porque Chile basa gran parte de su economía en la extracción y comercialización de metal de cobre y productos derivados. Precisamente, en el año 2011, 32,3% de las exportaciones chilenas fueron cobre refinado y aleaciones de cobre, y 16,8% fue mineral de cobre¹⁵. Luego, analizando los sectores más relevantes para el caso de cada socio comercial, se tienen que: para China, los sectores más relevantes son Textiles, cuero y calzado (4) y Metales básicos (11); para Japón, Vehículos de motor (16) y Maquinaria y equipamiento (13); para EEUU, Minas y canteras (2) y Metales básicos (11); para Corea del Sur, Vehículos de motor (16) y Productos químicos (8); y, finalmente, para Brasil, Minas y canteras (2) y Metales básicos (11).

Tabla 4.1

Flujos de Requerimientos de Materiales (RM) del Comercio Bilateral entre Chile y China: 2011 (kt)

CHILE-CHINA Sector	Inputs RM (kt)			BCFB DFI - (PDE+PIE)
	DFI	PDE	PIE	
(1) Agricultura, caza, silvicultura y pesca	4.019,6	3.048,9	658,4	312,2
(2) Minas y canteras	4.698,6	493.724,3	788,1	-489.813,9
(3) Productos alimenticios, bebidas y tabaco	2.725,2	1.415,9	431,9	877,3
(4) Textiles, cuero y calzado	6.178,9	10,2	1.004,4	5.164,3
(5) Madera y corcho	295,2	2.047,4	49,4	-1.801,6
(6) Pulpa y productos de papel	379,8	5.257,8	78,0	-4.956,0
(7) Coque, petróleo y combustible nuclear	296,7	11,1	51,8	233,9
(8) Productos químicos	2.365,6	375,4	321,1	1.669,1
(9) Productos de caucho y plásticos	1.690,1	57,3	401,4	1.231,5
(10) Otros productos minerales no metálicos	568,3	56,6	67,4	444,3
(11) Metales básicos	6.158,5	538.152,1	1.201,2	-533.194,9
(12) Productos de metal fabricados	1.019,8	134,6	159,2	726,0
(13) Maquinaria y equipamiento	1.668,9	41,0	313,2	1.314,7
(14) Computadoras, eq. electrónico y óptico	4.049,6	10,2	61,0	3.978,4
(15) Maquinaria y aparatos eléctricos	1.483,0	17,1	369,4	1.096,5
(16) Vehículos de motor, remolques	1.279,5	3,0	789,3	487,2
(17) Otro equipo de transporte	255,6	3,0	86,1	166,5
TOTAL (kt)	39.132,9	1.044.366,0	6.831,3	-1.012.064,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.2

Flujos de Requerimientos de Materiales (RM) del Comercio Bilateral entre Chile y Japón: 2011 (kt)

CHILE-JAPÓN	Inputs RM (kt)	BCFB
-------------	----------------	------

15 Datos de Atlas of Economic Complexity

Sector	DFI	PDE	PIE	DFI - (PDE+PIE)
(1) Agricultura, caza, silvicultura y pesca	14,6	3.255,0	14,6	-3.255,1
(2) Minas y canteras	21,3	456.112,0	50,3	-456.141,1
(3) Productos alimenticios, bebidas y tabaco	3,7	4.840,5	5,4	-4.842,2
(4) Textiles, cuero y calzado	4,3	3,6	585,0	-584,4
(5) Madera y corcho	1,8	7.498,1	1,6	-7.497,8
(6) Pulpa y productos de papel	4,3	775,9	4,9	-776,6
(7) Coque, petróleo y combustible nuclear	0,6	8,1	0,1	-7,5
(8) Productos químicos	319,5	236,7	164,4	-81,6
(9) Productos de caucho y plásticos	374,1	66,0	279,4	28,7
(10) Otros productos minerales no metálicos	41,3	37,4	32,8	-28,9
(11) Metales básicos	2,9	41.733,8	0,0	-41.730,9
(12) Productos de metal fabricados	79,4	85,4	102,2	-108,1
(13) Maquinaria y equipamiento	626,5	31,5	79,1	515,9
(14) Computadoras, eq. electrónico y óptico	176,6	10,7	46,6	119,3
(15) Maquinaria y aparatos eléctricos	155,4	0,2	91,0	64,2
(16) Vehículos de motor, remolques	2.177,0	3,1	519,8	1.654,0
(17) Otro equipo de transporte	23,0	0,0	75,3	-52,3
TOTAL (kt)	4.026,2	514.698,1	2.052,6	-512.724,5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3

Flujos de Requerimientos de Materiales (RM) del Comercio Bilateral entre Chile y EEUU: 2011 (kt)

CHILE-EEUU Sector	Inputs RM (kt)			BCFB DFI - (PDE+PIE)
	DFI	PDE	PIE	
(1) Agricultura, caza, silvicultura y pesca	2.125,9	10.230,7	89,7	-8.194,5
(2) Minas y canteras	10.106,5	56.889,3	165,3	-46.948,1
(3) Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1.420,9	4.678,3	52,0	-3.309,4
(4) Textiles, cuero y calzado	151,4	23,2	580,7	-452,4
(5) Madera y corcho	228,7	6.542,7	40,2	-6.354,2
(6) Pulpa y productos de papel	241,9	788,9	32,8	-579,8
(7) Coque, petróleo y combustible nuclear	2.507,7	10,2	16,2	2.481,3
(8) Productos químicos	2.550,7	636,8	140,9	1.773,0
(9) Productos de caucho y plásticos	573,1	304,7	198,0	70,4
(10) Otros productos minerales no metálicos	254,4	42,9	34,9	176,7
(11) Metales básicos	5.704,1	169.274,0	1.320,1	-164.890,0
(12) Productos de metal fabricados	780,2	67,3	185,6	527,3
(13) Maquinaria y equipamiento	3.323,7	48,4	132,1	3.143,3
(14) Computadoras, eq. electrónico y óptico	864,0	16,6	36,7	810,7
(15) Maquinaria y aparatos eléctricos	457,8	4,3	220,5	233,0
(16) Vehículos de motor, remolques	1.485,6	11,2	264,2	1.210,2
(17) Otro equipo de transporte	418,3	16,8	85,3	316,3
TOTAL (kt)	33.194,9	249.586,1	3.595,2	-219.986,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4

Flujos de Requerimientos de Materiales (RM) del Comercio Bilateral entre Chile y Corea: 2011 (kt)

CHILE-COREA	Inputs RM (kt)	BCFB
-------------	----------------	------

Sector	DFI	PDE	PIE	DFI - (PDE+PIE)
(1) Agricultura, caza, silvicultura y pesca	18,2	984,3	32,2	-998,3
(2) Minas y canteras	5,1	125.317,2	6,2	-125.318,3
(3) Productos alimenticios, bebidas y tabaco	12,5	843,9	21,7	-853,0
(4) Textiles, cuero y calzado	65,0	1,3	659,1	-595,5
(5) Madera y corcho	7,1	1.040,4	6,5	-1.039,9
(6) Pulpa y productos de papel	4,9	1.562,4	6,5	-1.564,0
(7) Coque, petróleo y combustible nuclear	0,1	0,0	0,0	0,1
(8) Productos químicos	718,6	147,5	248,8	322,3
(9) Productos de caucho y plásticos	250,9	18,9	302,1	-70,2
(10) Otros productos minerales no metálicos	98,4	14,3	41,6	42,5
(11) Metales básicos	6,6	102.434,3	433,0	-102.860,7
(12) Productos de metal fabricados	259,0	33,3	1,5	224,2
(13) Maquinaria y equipamiento	289,7	10,9	151,0	127,9
(14) Computadoras, eq. electrónico y óptico	292,5	4,3	120,6	167,7
(15) Maquinaria y aparatos eléctricos	203,5	0,0	108,6	94,9
(16) Vehículos de motor, remolques	1.988,7	1,1	545,4	1.442,2
(17) Otro equipo de transporte	87,1	0,0	91,2	-4,1
TOTAL (kt)	4.307,9	232.414,0	2.776,1	-230.882,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5

Flujos de Requerimientos de Materiales (RM) del Comercio Bilateral entre Chile y Brasil: 2011 (kt)

CHILE-BRASIL Sector	Inputs RM (kt)			BCFB DFI - (PDE+PIE)
	DFI	PDE	PIE	
(1) Agricultura, caza, silvicultura y pesca	4.591,5	1.682,3	765,4	2.143,9
(2) Minas y canteras	19.864,1	93.484,1	1.050,2	-74.670,2
(3) Productos alimenticios, bebidas y tabaco	7.665,0	840,8	487,0	6.337,2
(4) Textiles, cuero y calzado	174,4	22,7	728,7	-577,0
(5) Madera y corcho	516,5	149,1	185,9	181,5
(6) Pulpa y productos de papel	827,6	533,9	213,4	80,2
(7) Coque, petróleo y combustible nuclear	433,3	3,3	190,6	239,4
(8) Productos químicos	765,9	558,2	56,0	151,8
(9) Productos de caucho y plásticos	357,3	105,8	255,3	-3,8
(10) Otros productos minerales no metálicos	129,9	21,2	40,3	68,4
(11) Metales básicos	7.763,0	86.589,6	9,8	-78.836,4
(12) Productos de metal fabricados	275,6	136,1	140,9	-1,3
(13) Maquinaria y equipamiento	556,0	34,0	115,3	406,6
(14) Computadoras, eq. electrónico y óptico	199,7	7,1	18,3	174,3
(15) Maquinaria y aparatos eléctricos	221,6	2,0	207,2	12,4
(16) Vehículos de motor, remolques	871,4	92,3	135,9	643,2
(17) Otro equipo de transporte	99,0	3,2	175,0	-79,2
TOTAL (kt)	45.311,9	184.265,7	4.775,2	-143.729,0

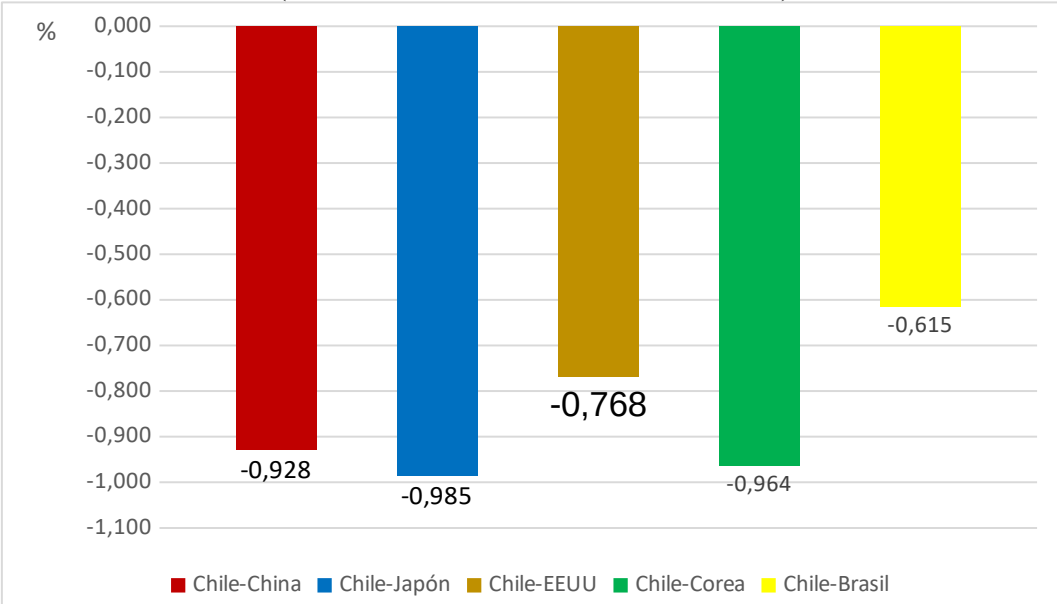
Fuente: Elaboración propia

El Gráfico 2 muestra la relación entre la cantidad neta total de RM involucrada en el intercambio comercial y la cantidad total de recursos utilizados en el intercambio, es decir, la razón entre la BCFB y la suma entre DFI, PDE y PIE. El gráfico permite observar cuánto

es la participación chilena por cada mil toneladas (kt) intercambiadas con el respectivo socio. Por ejemplo, por cada mil toneladas intercambiadas con China, Chile aporta o exporta 928 toneladas, y con Brasil esa cantidad llega a las 615 toneladas; o visto de otra manera, el 92,8% y el 61,5% del volumen de intercambio neto en términos biofísicos con China y Brasil, respectivamente, requiere de la extracción de recursos biofísicos chilenos. Esto habla del potencial impacto en términos de recursos naturales y ambientales que soporta Chile respecto a los demás países, y la diferencia establecida con aquellos países más desarrollados y que basan su economía en la creación y producción de tecnología, como Japón y Corea, y en menor grado respecto a aquellos países donde el sector minero tiene mayor injerencia, como Estados Unidos y Brasil, tal como se mencionó con anterioridad.

Gráfico 2

CHILE: Balanza Comercial Física Bilateral (BCFB) por kt de intercambio bilateral físico total con países socios comerciales; 2011
(kt BCFB/ kt comercio bilateral físico total)



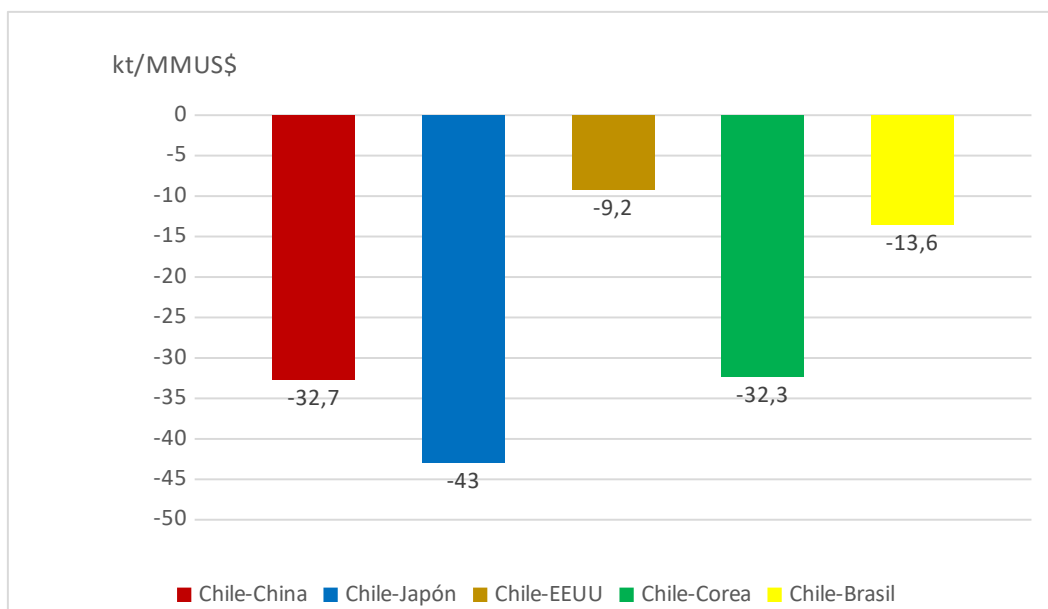
Fuente: Elaboración propia

De manera similar, el Gráfico 3 presenta las BCFBs normalizadas en términos monetarios, por cada millón de dólares de intercambio bilateral. Esto da cuenta de cuántas kt netas de material intercambia Chile por cada millón de dólares comercializados. Por ejemplo, el gráfico muestra que la balanza comercial física bilateral Chile-Japón es la relación más *desbalanceada* de las cinco estudiadas: por cada millón de dólares del valor

total de intercambio bilateral con Japón, se requiere de 43 mil toneladas netas de materiales chilenos para satisfacer la demanda japonesa por productos chilenos. Un caso interesante es el de Estados Unidos, ya que, si bien en términos monetarios el intercambio comercial con Chile es considerable, esto va de la mano con una BCFB relativamente baja, por lo que por cada millón de dólares de intercambio bilateral con EE.UU., Chile transfiere sólo 9.2 kt de RM. El orden de estas relaciones es bastante similar a lo mostrado en el Gráfico 2, en donde se puede apreciar nuevamente que Chile presenta mayores trasferencias negativas de recursos con aquellos países cuya matriz productiva se basa más en la industria o en sectores secundarios, como el automotriz, por lo que bienes chilenos entrarían como inputs de materia prima en aquellas economías.

Gráfico 3

CHILE: Balanza Comercial Física Bilateral (BCFB) por MMUS\$ de valor total del intercambio bilateral con el país socio comercial respectivo; 2011
(kt BCFB/ MMUS\$ de intercambio bilateral)



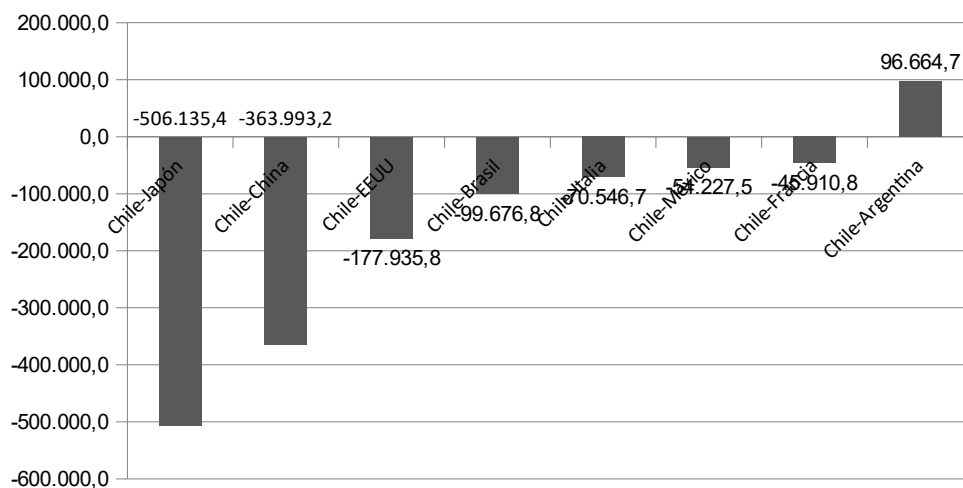
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto los desequilibrios desde el punto de la utilización relativa del capital natural (recursos naturales y medioambientales) de cada país que se producen en el comercio bilateral entre Chile y sus principales socios comerciales. Las tablas y gráficos presentados muestran que efectivamente el país se ve afectado en su BCFB, aun cuando el intercambio en términos monetarios pueda ser beneficioso. Las

distintas BCFB permiten intuir que los efectos escala y composición, mencionados con anterioridad, influyen en los resultados finales, ya que países como Japón y Corea poseen los menores valores de DFI al ser economías que no utilizan muchos recursos naturales domésticos en su producción, y que más bien son naciones importadoras de materias primas, las cuales se transforman en inputs dentro de su cadena de producción y que terminan transfiriendo costos ecológicos a países como Chile u otros. Los resultados efectivamente indican que sectores más intensivos en recursos biofísicos son los que más peso tienen en la BCFB chilena: (1) Agricultura, Silvicultura, Pesca; (2) Minería y cantera; (3) Productos alimenticios, bebidas y tabaco; (5) Madera y corcho; y (11) Metales básicos; lo contrario ocurre con los ítems que involucran tecnología, como son (16) Vehículos de motor; y (13) Maquinaria y equipamiento, para los cuales la economía chilena se ve beneficiada del intercambio, pero que involucran un volumen mucho menor de RM en su producción. Este análisis invita entonces a discutir sobre la eco-eficiencia de la producción económica chilena.

Gráfico 4

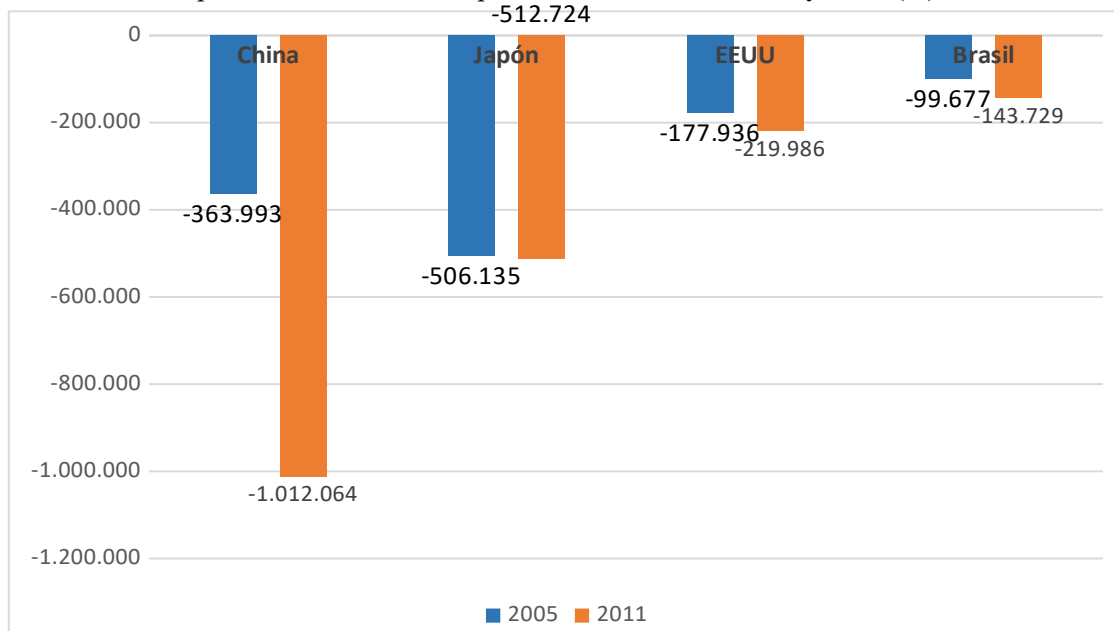
Balanza Comercial Física (BCF) Bilateral (BCFB) con países socios comerciales; 2005 (kt)



Fuente: Shepard (2011)

Gráfico 5

Cambio en las Balanzas Comerciales Físicas Bilaterales (BCFBs) del intercambio bilateral con el país socio comercial respectivo entre los años 2005 y 2011 (kt)



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados aquí obtenidos y los de Shepard (2011)

Con el propósito de analizar lo ocurrido con las BCFBs de Chile en el tiempo es interesante analizar la evolución de las mismas en los seis años del período 2005-2011, período para el que ahora se dispone de datos gracias a esta investigación para el año 2011, los que se pueden comparar con los resultados obtenidos para el año 2005 por Shepard (2011). Esto permite determinar lo ocurrido, entre el año 2005 y el año 2011, con el costo ecológico que Chile ha asumido debido a sus BCFBs con cuatro de sus socios comerciales más importantes: China, EE.UU., Japón y Brasil. Como se muestra en el Gráfico 4, para estos cuatro socios comerciales de Chile para los que se estimaron cifras en ambos estudios, sus BCFBs se hicieron todas más negativas al año 2011 respecto de sus valores para el año 2005. Sin embargo, el cambio experimentado por la BCFB difiere marcadamente para el caso de cada país socio comercial en cuestión; por ejemplo, para el caso de China, su BCFB con Chile se hizo 178% más negativa en el 2011 respecto al 2005; mientras que para los casos de Japón, EE.UU., y Brasil, el cambio experimentado fue de 1,3%, 23,6%, y 44,2% más negativo, respectivamente. Debido a estos cambios, China pasó de exhibir el segundo lugar después de Japón como el país con mayor BCFB negativa respecto de Chile en el año 2005, con -363.993,2 kt, a exhibir el primer lugar en el año 2011, con -1.012.064,4 kt.

Japón, por su parte, cayó entonces a ocupar el segundo lugar en el año 2011, con $-512.724,5$ kt, lo que puede ser consecuencia de una pérdida de protagonismo de este país respecto a China, o bien, que hubo poca variación en las kt de RM de origen chileno requeridos por la demanda japonesa. Estados Unidos, por su parte, al igual que en el año 2005, siguió ocupando el 2011 el tercer lugar, con una BCFB negativa de $-219.986,3$ kt, mientras que Brasil mantuvo el mismo cuarto lugar del 2005, mostrando el 2011 una BCFB de -143.729 kt (esto sin considerar la inclusión de Corea del Sur en el análisis de 2011), país para el cual no se cuenta con estimaciones para el año 2005.

La BCFB de Chile con cada país socio comercial puede cambiar en el tiempo por las siguientes tres razones fundamentales:

1. Por efecto escala. Es decir, porque el intercambio físico bilateral de exportaciones menos importaciones (X-M) cambió. Por este efecto, una BCFB que era negativa en el 2005 será más negativa en el 2011 si la cantidad física del total de (X-M) bilaterales aumentó, sin que cambiara ni la composición de X ni la composición de M, ni los requerimientos materiales (RM) por unidad de X ni los RM por unidad de M;
2. Por efecto Requerimientos Materiales. Es decir, porque los requerimientos materiales por unidad de X y/o de M cambiaron en Chile o en el otro país en cuestión. Por este efecto, aunque el intercambio físico bilateral (X-M) no cambie en su monto total, una BCFB que era negativa en el año 2005 será más negativa en el 2011, si los requerimientos materiales necesarios para obtener una unidad física de (X-M) aumentan del 2005 al 2011;
3. Por efecto composición. Es decir, porque la composición de (X-M) cambió. Por este efecto, aunque ambos efectos anteriores no hayan existido entre el año 2005 y el 2011, la BCFB entre Chile y algún socio comercial se pudo haber hecho más negativa, porque los bienes incluidos en las X y/o en las M del intercambio comercial bilateral cambiaron.

Los resultados mencionados se pueden explicar, principalmente, debido al incremento de los RM en sectores altamente dependientes de recursos naturales, como son

la minería y productos derivados de la madera, y que fueron destinados a China durante el 2011, en comparación al 2005, lo que finalmente se refleja en la BCFB. Este incremento puede deberse a una mayor demanda china por estos productos, como también a una mayor explotación de recursos forestales o de minas y canteras, ocasionado por la exportación de productos forestales desde tierras con menor aptitud forestal y de productos mineros desde minas con menores leyes de mineral. Los cambios experimentados en el resto de los países dentro del análisis también pueden tener diversas causas, como el incremento en la demanda externa o mayor actividad económica, lo que incide en un incremento en la cantidad de RM extraídos en la producción chilena. El Cuadro 3 presenta la variación entre años de aquellas actividades intensivas en recursos naturales que presentaron mayores incrementos entre el intercambio bilateral Chile-China. Se observa, en general, que el sector de la silvicultura y fabricación de papel y celulosa también afecta negativamente a la balanza comercial de Chile, lo que ocurre para todos los países analizados, a excepción de Brasil.

Cuadro 3: Variación de BCFB por actividad económica en el intercambio Chile-China.

	BCFB (kt)		Variación
	2005	2011	
Minas y canteras	-285.211,7	-489.813,9	-204.602,1
Madera y corcho	-535,3	-1.801,6	-1.266,3
Productos de papel	-1.767,4	-4.955,9	-3.188,6
Metales básicos	-75.873,8	-533.194,9	-457.321,0

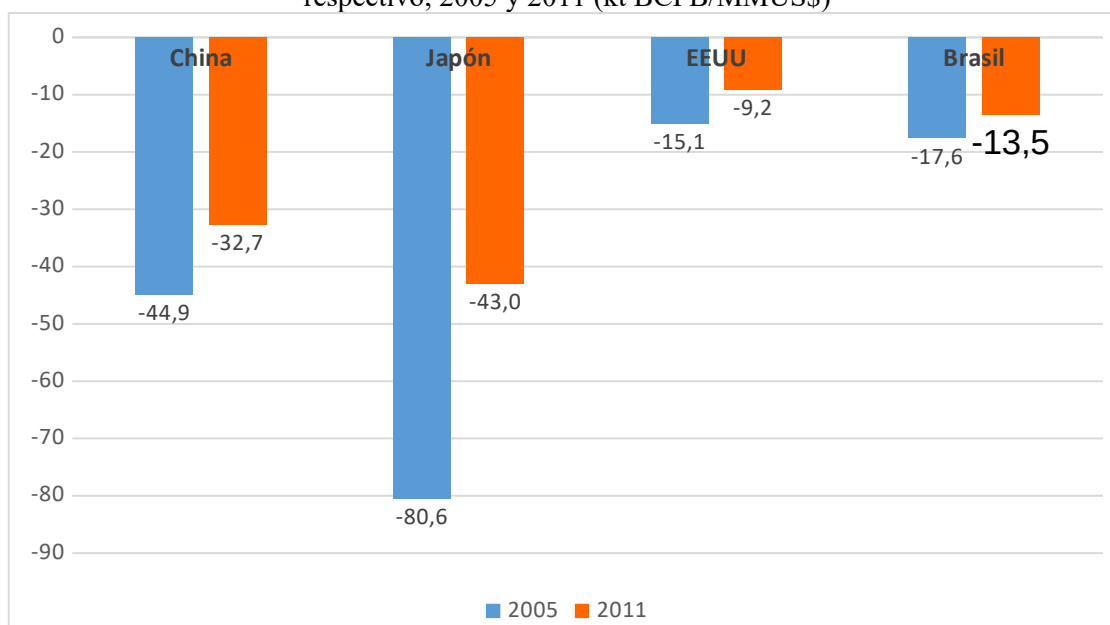
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados aquí obtenidos y los de Shepard (2011)

Ahora bien, si se analiza la relación entre la cantidad de RM involucrados en el comercio bilateral de Chile con el resto de los países en análisis y el monto en millones de dólares de estos intercambios se observa que esta razón disminuye respecto al año base de 2005 (Gráfico 6). Esto se debe a que, si bien las BCFBs se hicieron más negativas el año 2011, el intercambio bilateral en términos monetarios aumentó aún más, posiblemente como consecuencia de mejores condiciones del comercio internacional (tratados de libre comercio, diversificación de producción, tipo de cambio, mejoras en transporte, etc.). También puede deberse a que se produjo una mayor eficiencia en la extracción de recursos

naturales por mejoras técnicas, lo que permitió una menor extracción de RM por millón de dólares de intercambio, como también puede deberse a un incremento de exportaciones e importaciones de bienes que no requieren tanto uso de materia prima como es el sector electrónico, proveniente principalmente desde Japón. En el Anexo 3 se puede observar el cambio relativo en los cuatro sectores predominantes en las exportaciones chilenas respecto a los países y años en análisis, mientras que el Anexo 4 se puede ver la composición de las importaciones chilenas desde estos países.

Gráfico 6

Cambio en la BCFB por MMUS\$ de valor total del intercambio bilateral con el país socio comercial respectivo; 2005 y 2011 (kt BCFB/MMUS\$)



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados aquí obtenidos y los de Shepard (2011)

Cabe destacar que los principales bienes traídos desde ambos países asiáticos son bienes tecnológicos, que no utilizan muchos RM para su fabricación, lo que explica en parte que las BCFB más negativas pertenezcan a estas naciones, mientras que desde Brasil y EEUU la importación de combustibles influye en una BCFB menos desigual respecto a Chile. También es interesante observar que tanto con Japón como con China, Chile exhibe una balanza comercial monetaria positiva, mientras que lo contrario ocurre con Brasil y EEUU. Dentro de este análisis es importante recalcar la gran relevancia que alcanzó China para la economía chilena durante el sexenio 2005-2011, ya que ganó posición respecto a países como Japón y Estados Unidos que han sido históricamente importantes socios

comerciales de Chile. El análisis de los resultados aquí obtenido no permite establecer con claridad qué efecto prima en el aumento de las balanzas comerciales, y si el efecto escala sobrepasa al efecto técnica, sin embargo, teniendo en consideración los resultados de las distintas BCFBs para los años analizados, se puede inferir que el intercambio bilateral entre Chile y sus principales socios comerciales, desde un punto de vista biofísico relacionado con la magnitud del throughput físico involucrado en las balanzas bilaterales envueltas, empeoró en los seis años estudiados, y que existe presión ambiental del comercio internacional en términos absolutos. Sin embargo, si se considera que la relación $ktBCFB/MMUS\$$ de intercambio disminuyó, entonces no se puede concluir con certeza que dicha presión medioambiental sea creciente en el tiempo, ya que la eficiencia ambiental relativa a una unidad monetaria de intercambio podría seguir mejorando.

Finalmente, como no existen cálculos para los años intermedios, es decir 2006 al 2010, sería interesante que futuras investigaciones pudiesen analizar la evolución o tendencia de los cambios en las BCFBs y establecer si efectivamente se está frente a un empeoramiento progresivo, o si existen variaciones a la baja en kt entre Chile y algún otro país, es decir, una balanza comercial menos negativa. Adicionalmente, se podría realizar un análisis utilizando las balanzas comerciales monetarias en reemplazo del intercambio bilateral total, para tratar de limpiar un poco más los efectos en las variaciones de las BCFB, como también realizar un estudio de balance biofísico entre Chile y otros países latinoamericanos o Sudamérica, y determinar los distintos comportamientos de países que basan su economía principalmente en la extracción de materia prima.

CAPÍTULO V

Conclusiones y discusión

La presente investigación se realizó con el propósito de estimar las Balanzas Comerciales Físicas Bilaterales entre Chile y sus cinco principales socios comerciales: China, Japón, EEUU, Corea del Sur y Brasil, considerando bienes primarios y manufacturados para el año 2011. Dichas BCFBs se calcularon para, dentro del marco provisto por la teoría del intercambio ecológicamente desigual, analizar los costos o transferencias ecológicas negativas que la sociedad chilena debe soportar a consecuencia de su intercambio comercial internacional, y dar luces sobre la sustentabilidad del desarrollo económico que Chile exhibe.

Los resultados corroboran la hipótesis central de que Chile exhibe una BCFB negativa para cada una de las relaciones comerciales bilaterales bajo estudio. Expresada en kilotoneladas (kt) de requerimientos de materiales (RM), el país con la mayor BCFB respecto a Chile es China, principal socio comercial chileno y con quien se intercambia mayor tonelaje en productos; le siguen Japón, Corea del Sur, Estados Unidos y finalmente Brasil, país con que se verifica la menor diferencia. Los RM que más inciden en los desbalances físicos de las balanzas comerciales de Chile estudiadas son los sectores relacionados con la minería extractiva: Minería y cantera, y metales comunes; producto principalmente de la gran extracción de mineral de cobre, principal producto de exportación chileno. Sin embargo, también es importante recalcar que otros sectores, como son el forestal y el agrícola, inciden en los resultados negativos de Chile y el resto de los países estudiados, en particular las naciones asiáticas. Esto en parte, porque Chile posee ventajas comparativas en estas actividades, por lo que no es de extrañar que la BCFB presente números negativos allí. Lo anterior deja en claro que existe una *transferencia* de costos ecológicos desde los países socios comerciales hacia Chile a través del comercio internacional; sin embargo, no se evidencia un patrón claro de diferenciación de estos volúmenes entre países desarrollados o céntricos (Japón, EEUU y Corea), y países no desarrollados o periféricos (China y Brasil). En otras palabras, las relaciones entre Chile y los socios comerciales examinados pueden ser caracterizadas, por una parte, como

ecológicamente desiguales y, por otra, como no conformadas con una estructura de centro-periferia.

También se ha corroborado la segunda hipótesis que se testeó por primera vez en esta investigación; referida a que para cuatro de los socios comerciales de Chile (China, Japón, EE.UU. y Brasil) para los cuales se pudo analizar la variación de sus BCFBs entre el 2005 y el 2011, sus BCFBs con Chile se hicieron más negativas en dicho sexenio. Esto pudo haberse ocasionado por la gran preponderancia que lograron exportaciones basadas en recursos naturales (sobre todo minería y sector forestal) en las exportaciones totales de Chile hacia las cuatro naciones escogidas, lo que produce un incremento en los RM extraídos por actividad y un posible impacto ecológico a través del tiempo por efecto de menores leyes de minerales, sobreexplotación de tierras, uso de suelos más degradados, etc.

Los resultados obtenidos inducen algunas reflexiones de interés sobre las interrelaciones entre el comercio internacional, el crecimiento, los recursos naturales y los recursos ambientales en Chile. En primer lugar, se evidencia una clara exportación neta de recursos biofísicos desde Chile hacia sus principales socios comerciales. Este resultado no es de extrañar, ya que la gran mayoría de las exportaciones chilenas pertenecen a los sectores primarios de la economía, que se caracterizan por un elevado potencial productivo y un bajo valor agregado. En segundo lugar, los resultados llevan a pensar en los esperables efectos negativos que se pueden estar produciendo en los ecosistemas y los flujos de servicios ecosistémicos y ambientales del país y, como consecuencia de ellos, en la sustentabilidad a largo plazo de la actividad económica nacional. La economía chilena seguirá incentivando actividades de extracción y exportación de recursos naturales ya que el país posee ventajas comparativas en los mismos, pero si Chile pretende mantener un crecimiento de sus exportaciones que sea sostenido en el tiempo, debe procurar que dicho crecimiento sea compatible con una explotación de sus recursos naturales y ambientales que no signifique impactos que finalmente afecten los niveles aceptables de la calidad del medio ambiente.

Es importante recalcar que los posible efectos negativos del comercio sobre el medioambiente no son provocados únicamente por la actividad económica per se, sino que también se pueden deber a políticas o leyes medioambientales deficientes y la escasa

regulación de actividades extractivas, así como adicionalmente, a la debilidad de las instituciones nacionales y la corrupción. En este sentido, las políticas establecidas a nivel nacional e internacional pueden tener un impacto considerable para disminuir los efectos secundarios negativos del comercio sobre el medioambiente (leyes de regulación, protección, mitigación y reparación, tratados de libre comercio, etc.), mejorando así el bienestar general de la sociedad y su entorno. Bajo este aspecto, Chile podría implantar un sistema de cuentas biofísicas que permita identificar y analizar el agotamiento del capital natural y los posibles impactos acumulativos. Si bien esta investigación ayuda a establecer posibles responsables de las presiones ambientales insertas en la actividad extractiva chilena (por ejemplo, minería y silvicultura), sería interesante estudiar con profundidad o mayor detalle dónde se producen estos efectos negativos (cuerpos de agua, tierra, atmósfera, comunidades, etc.), identificar cuáles son los efectos y cómo y en qué medida afectan al medioambiente, los recursos naturales y la biodiversidad por lo que un sistema de cuentas podría aportar información valiosa para generar cuentas nacionales verdes que incluyan de manera adecuada la depreciación del capital natural y ambiental en las cuentas nacionales tradicionales. El país debería, además, mejorar e incentivar la cooperación entre el sector privado y el público; promover la coordinación y el trabajo conjunto entre organismos estatales (ej., entre ministerios o entes reguladores); y adoptar una postura política innovadora y adaptable para responder adecuadamente a las nuevas demandas por bienes más eco-eficientes.

Para concluir, como propuestas de investigación a futuro, se podría estudiar o incluir dentro del análisis un grupo determinado de países pertenecientes a una zona geográfica o económica (ej. Sudamérica, Mercosur, Unión Europea) y observar cómo Chile se comporta respecto a ellos, o bien analizar países que sean más similares en el aspecto económico al sistema chileno (ej. Perú, Australia, Argentina). También se podría utilizar un modelo que utilice tablas input-output híbridas (HIOT) las cuales incorporan información tanto monetaria como física en los flujos interindustria, e incorporar un análisis de flujo de los RM que siga toda la cadena de producción del bien, desde su extracción hasta su comercialización, para poder avanzar hacia la identificación de los impactos medioambientales.

Referencias

Abrego, L., Perroni, C., Whalley, J., & Wigle, R. M. (2001). Trade and environment: bargaining outcomes from linked negotiations. *Review of International Economics*, 9(3), 414-428.

Ahmad, N., & Wyckoff, A. (2003). Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods. STI Working Paper DSTI/DOC. No. 15. OECD, Paris.

Anderson, K. (1992). The standard welfare economics of policies affecting trade and the environment. *The greening of world trade issues*, 25-48.

Acquaye, A., Feng, K., Oppon, E., Salhi, S. Ibn-Mohammed, T., Genovese, A. and Hubacek, K. (2017). "Measuring the environmental sustainability performance of global supply chains: A multi-regional input-output analysis for carbon, sulphur oxide and water footprints". *Journal of Environmental Management* 187(1): 571-585.

Banco Mundial. (2001). Perspectivas económicas mundiales y países en desarrollo. *Banco Mundial, Washington, D.C.*

Bartelmus, P., 2003. Dematerialization and capital maintenance: two sides of the sustainability coin. *Ecol. Econ.* 46, 61e81. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00078-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00078-8).

Beghin, J., & Potier, M. (1997). Effects of trade liberalization on the environment in the manufacturing sector. *The World Economy*, 20(4), 435-456.

Beghin, J., Roland-Holst, D., & Van der Mensbrugge, D. (1995). Trade liberalization and the environment in the Pacific basin: coordinated approaches to Mexican trade and environment policy. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(3), 778-785.

Birdsall, N., & Wheeler, D. (1993). Trade policy and industrial pollution in Latin America: where are the pollution havens? *The Journal of Environment & Development*, 2(1), 137-149.

Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2004). Practical handbook of material flow analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9 (5), 337-338

Bunker, S. G. (1985). Underdeveloping the Amazon: Extraction. *Unequal Exchange, and the Failure of the Modern State*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

CE. (2018). "Sobre un marco de seguimiento para la economía circular". Estrasburgo, 16.1.2018. Comisión Europea. RUL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0029&from=EN>

- Château, J., Fontagné, L., Fouré, J., Johansson, A., & Olaberría, E. (2014). Trade patterns in the 2060 world economy. *OECD Journal: Economic Studies*, Vol. 2015/1.
- Chen, X. & Woodland, A. (2013). International trade and climate change. *International Trade and Public Finance*, 20(3): 381-43.
- Clark, B., & Foster, J. B. (2009). Ecological imperialism and the global metabolic rift: Unequal exchange and the guano/nitrates trade. *International Journal of Comparative Sociology*, 50(3-4), 311-334.
- Cobb, C., Halstead, T., & Rowe, J. (1995). The genuine progress indicator: Summary of Data and Methodology. *Redefining Progress, San Francisco, CA*.
- Costanza, R., Farber, S. C., & Maxwell, J. (1989). Valuation and management of wetland ecosystems. *Ecological economics*, 1(4), 335-361.
- Daly, H. (1993). The perils of free trade. *Scientific American*, 269: 24-29.
- Daly, H. (1999). Uneconomic growth and the built environment: in theory and in fact. *Reshaping the Built Environment: Ecology, Ethics and Economics*, Island Press: Washington.
- Daly, H., & Farley, J. (2004). Ecological economics: principles and practice. *Island, Washington, DC, USA*.
- Dean, J. M. (1992). Trade and the Environment. *Policy Research Working Papers, World Bank, WPS, 966*.
- De Bruyn, S. M., & Opschoor, J. B. (1997). Developments in the throughput-income relationship: Theoretical and empirical observations. *Ecological Economics*, 20: 255–268.
- Dellink, R., Hwang, H., Lanzi, E., & Chateau, J. (2017). International trade consequences of climate change. *OECD Trade and Environment Working Papers*, 2017/01, OECD Publishing, Paris.
- Eurostat (2001). Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide. *Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities*.
- Figuroa, E.; Álvarez, R., Donoso, G., Muñoz, J., & Lagos G. (1996). La Sustentabilidad del Sector Exportador Como Restricción al Desarrollo Futuro de Chile. En O. Sunkel (ed.), *Sustentabilidad Ambiental del Crecimiento Económico Chileno*. Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile. Editorial ANDROS, pp. 47-86.
- Foladori, G. (2001). La economía ecológica. En: Pierri, N. & Foladori, G. (EdS.). *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. Montevideo: Imprenta y Editorial Baltgráfica, pp.189-195.
- Fröhlich, M., Hinterberger, F., Rosinski, N., & Wieck, A. (2000). How much does sustainability matter? Possibilities and limits of consideration of qualitative aspects in the MIPS concept. Design for a Wuppertal Paper. No. Wuppertal Institute, Wuppertal.
- Giljum, S. (2004). Trade, Material Flows, and Economic Development in the South: The Example of Chile. *Journal of Industrial Ecology*, 8(1-2): 241-261.

- Giljum, S., & Hubacek, K. (2009). Conceptual foundations and applications of physical input-output tables. En: Suh, S. (Ed.) *Handbook of input-output economics for industrial ecology*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Giljum, S., Lutz, C., & Jungnitz, A. (2007). A multi-regional environmental input-output model to quantify embodied material flows. *GWS mbH, Vienna*, 1-35.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1993). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *The US-Mexico Free Trade Agreement, MIT Press, Cambridge, MA, 1655177*.
- Haukland, E. (2004). *Trade and environment: Emissions intensity of Norway's imports and exports* (Master's thesis, Institutt for energi-og prosesssteknikk). Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway.
- Hertwich, E. G. & Peters, P. G. (2010). Multi-Regional Input-Output Database. OPEN: EU Technical Document.
- Hinterberger, F., Giljum, S., & Hammer, M. (2003). Material flow accounting and analysis (MFA). *Vienna: Sustainable Europe Research Institute. (SERI Background Paper 2)*.
- Hinterberger, F., Luks, F., & Schmidt-Bleek, F. (1997). Material flows vs natural capital: What makes an economy sustainable? *Ecological economics*, 23(1), 1-14.
- Hinterberger, F., Renn, S., & Schütz, H. (1999). Work, economy, environment: some indicators of social, economic and ecological development over time. *Wuppertal Paper. No. 89. January 1999*, Wuppertal.
- Hornborg, A. (1998). Towards an Ecological Theory of Unequal Exchange: Articulating World System Theory and Ecological Economics. *Ecological Economics*, 25: 127-136.
- Hubacek, K., & Mauerhofer, V. (2008). Future generations: economic, legal and institutional aspects. *Futures*, 40(5), 413-423.
- Huntingford, C., Lowe, J. A., Gohar, L. K., Bowerman, N. H., Allen, M. R., Raper, S. C., and Smith, S. M. (2012). "The link between a global 2 °C warming threshold and emissions in years 2020, 2050 and beyond". *Environ. Res. Lett.*, 7, 014039, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/1/014039>.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*; edited by Field, C., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K.J., and Mastrandrea, M. D. 1132 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jorgenson, A. K. & Clark, B. (2009). Ecologically Unequal Exchange in Comparative Perspective. *International Journal of Comparative Sociology*, 50(3): 211-214.
- Kleijn, R. (2001). Adding it all up; the sense and non-sense of Bulk-MFA. *Journal of Industrial Ecology*, 4(2): 7-8.
- Leontief, W. (1936). Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States. *The review of economic statistics*, 105-125.
- López, R. (1994). The environment as a factor of production: the effects of economic growth and trade liberalization. *Journal of Environmental Economics and management*, 27(2), 163-184.

- López, R. & Figueroa E. (2016). "On the nexus between fiscal policy and sustainable development". *Sustainable Development* 24: 201-219,
- Low, P. (1992). International trade and the environment. *Jurnal Fakultas Hukum UII*, (30), 95-99.
- Mani, M., & Wheeler, D. (1998). In search of pollution havens? Dirty industry in the world economy, 1960 to 1995. *The Journal of Environment & Development*, 7(3), 215-247.
- Martínez-Alier, J. (2003). *The Environmentalism of the poor: a study of ecological conflicts and valuation*. Edward Elgar Publishing.
- Matthews, E., Bringezu, S., Fishcer-Kowalski, M., Huetller, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, G., E., Rogich, D., Schandl, H., Schuetz, H., Van Der Voet, E. & Weisz, H. (2000). *The weight of nations. Material outflows from industrial economies*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Miller, R.E. & Blair, P.D. (1985). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Moll, S., Acosta, J., & Villanueva, A. (2004). Environmental implications of resource use – insights from input-output analyses. European Environment Agency, Copenhagen.
- Moran, D., Peteresone, M. and Verones F. (2016). "On the suitability of input–output analysis for calculating product-specific biodiversity footprints". *Ecological Indicators* 60: 192-201.
- Muñoz, P. & Roca, J. (2006). Las bases materiales del sector exportador chileno: un análisis input output. *Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, 4: 27-40.
- Muradian, R. & Martínez-Alier, J. (2001a). South-north materials flow: History and environmental repercussions. *Innovation*, 14(2): 171-188.
- Muradian, R. & Martínez-Alier, J. (2001b). Trade and the environment: from a 'Southern' perspective. *Ecological Economics*, 36(2): 281-297.
- Naciones Unidas (1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Recuperado en mayo de 2018, de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- Naciones Unidas (1998). Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Consultado el 24 de marzo de 2018.
- Nordhaus, W. y Tobin, J. (1972). Is Growth Obsolete? In: *Economic Growth*, 50th anniversary colloquium, Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research, New York.
- Pearce, D. (1992). Should the GATT Be Reformed for Environmental Reasons? CSERGE Working Paper GEC 92-06.
- Pérez-Rincón, M. A. (2007). El intercambio ecológicamente desigual del comercio internacional colombiano. *Ecología Política*, (33): 121-133.
- Perroni, C., & Wigle R.M. (1994). International Trade and Environmental Quality: How Important Are the Linkages. *Canadian Journal of Economics* 27(3), 551-67.
- Rauscher, M. (1992). *International Economic Integration and the Environment: The Case of*

Europe, in Anderson and Blackhurst (1992), chapter 9.

Rice, J. (2007). Ecological Unequal Exchange: Consumption, Equity, and Unsustainable Structural Relationships within the Global Economy. *International Journal of Comparative Sociology*, 48(1): 43-72.

Roberts, J., & Parks, B. C. (2007). Fueling injustice: globalization, ecologically unequal exchange and climate change. *Globalizations*, 4(2), 193-210.

Rodrigues, J., & Giljum, S. (2005). The accounting of indirect material requirements in material flow-based indicators. *ICFAI Journal of Environmental Economics III* (2), 51-69.

Shepard, A. (2011). *Implicancias ambientales de las relaciones comerciales bilaterales chilenas: un análisis biofísico*. (Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental), Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

UNEP/WTO. (2009). *Trade and Climate Change. A report by the United Nations Environment Programme and the World Trade Organization*. RUL: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/trade_climate_change_e.pdf

United Nations. (2013). Agenda 21: Earth Summit, *The United Nations Programme of Action from Rio*. CreateSpace.

Van Ewijk, S., & Stegemann, J. A. (2016). Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput. *Journal of Cleaner Production*, 132, 122-128.

Wackernagel, M., Schulz, B., Deumling, D., Callejas Linares, A.C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R., Randers, J., 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99 (14): 9266–9271.

Ward, H., Burger, M., Chang, Y., Fürstmann, P., Neugebauer, S., Radebach, A., Sproesser, G., Pittner, A., Rethmeier, M., Uhlmann, E. and Steckel, J. C. (2017). “Assessing carbon dioxide emission reduction potentials of improved manufacturing processes using multi-regional input-output frameworks”. *Journal of Cleaner Production*, 163(1): 154-165.

WB. (2007). *International Trade and Climate Change*. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, D.C., USA. RUL: http://siteresources.worldbank.org/INT/PUB/3876078-1192582946896/21513448/ITCC_Booklet_rev2.pdf

WCED. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. pp. 386. Oxford University Press; London, UK.

Weber, C. L. & Peters, G. P. (2009). “Climate change policy and international trade: Policy considerations in the US”. *Energy Policy* 37(2):432-440.

Weisz, H. (2006). Accounting for raw material equivalents of traded goods. A comparison of input-output approaches in physical, monetary, and mixed units. Working Paper. No. 87. *IFF/Social Ecology*, Vienna.

Weisz, H. & Duchin, F. (2006). Physical and monetary input–output analysis: What makes the difference? *Ecological Economics*, 57: 534-541.

Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K., & Barrett, J. (2007). Examining the global environmental impact of regional consumption activities—Part 2: Review of input–output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. *Ecological economics*, 61(1), 15-26.

Anexos

Anexo 1. Tabla Insumo-Producto Monetaria (MIOT), Demanda Intermedia. Matriz 34x34

		Demanda Intermedia			Gasto Final		
		Sector 1	...	Sector 34	Demanda doméstica	Exportaciones transfronterizas	Compras directas
Productores	Sector 1						
	...						
	Sector 34						
	Impuestos menos subsidios						
Valor agregado	Empleados	Compensación Empleados					
	Capitales	Ingresos por ganancias y consumo de capital					
	Gobierno	Impuestos Comerciales Indirectos					
OUTPUT		Output					

Fuente: Adaptado de Miller y Blair, 1985

Anexo 2. Sectores productivos, matriz Insumo–Producto. Vector 17x1

ID	SECTOR
----	--------

1	01-05: Agricultura, caza, silvicultura y pesca
2	10-14: Minas y canteras
3	15-16: Productos alimenticios, bebidas y tabaco
4	17-19: Textiles, cuero y calzado
5	20: Madera y corcho
6	21-22: Pulpa, productos de papel, impresión y publicación
7	23: Coque, productos refinados del petróleo y combustible nuclear
8	24: Productos químicos
9	25: Productos de caucho y plásticos
10	26: Otros productos minerales no metálicos
11	27: Metales básicos
12	28: Productos de metal fabricados
13	29: Maquinaria y equipamiento
14	30: Computadoras, equipo electrónico y óptico
15	31: Maquinaria y aparatos eléctricos
16	34: Vehículos de motor, remolques
17	35: Otro equipo de transporte

Fuente: Elaboración propia con información de la OCDE

Anexo 3: Composición de exportaciones chilenas por sector hacia países socios comerciales, 2005 y 2011

Chile-Brasil	2005	2011
Total X netas (miles de MMUS\$)	1,58	4,11
Metales	36,82%	46,41%
Minerales	38,31%	23,92%
Vegetales, comida y madera	12,51%	16,32%
Químicos y plásticos	10,15%	10,60%
Chile-China		
Total X netas (miles de MMUS\$)	4,79	19,1
Metales	42,36%	61,98%
Minerales	41,47%	26,98%
Vegetales, comida y madera	14,17%	9,93%
Químicos y plásticos	1,83%	1,05%
Chile-Japón		
Total X netas (miles de MMUS\$)	4,91	9,21
Metales	3,07%	8,08%
Minerales	60,33%	61,46%
Vegetales, comida y madera	33,74%	29,06%
Químicos y plásticos	2,86%	1,39%
Chile-EEUU		
Total X netas (miles de MMUS\$)	6,2	8,18
Metales	27,79%	39,37%
Minerales	7,36%	2,66%
Vegetales, comida y madera	54,78%	47,56%

Químicos y plásticos	4,23%	4,65%
----------------------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas of Economic Complexity

Anexo 4: Composición de importaciones chilenas por sector desde países socios comerciales, 2005 y 2011

Chile-Brasil	2005	2011
Total M netas (miles de MMUS\$)	3,63	5,63
Vehículos de transporte	28,65%	13,55%
Petróleo, crudo y combustibles	14,25%	42,09%
Maquinaria	11,24%	7,67%
Químicos y plásticos	13,04%	12,11%
Chile-China		
Total M netas (miles de MMUS\$)	3,07	11,4
Textiles y muebles	37,72%	32,45%
Maquinaria	21,34%	17,92%
Electrónica	18,82%	17,68%
Químicos y plásticos	8,58%	9,14%
Chile-Japón		
Total M netas (miles de MMUS\$)	1,06	2,59
Vehículos de transporte	61,72%	44,63%
Maquinaria	18,83%	17,14%
Electrónica	5,01%	2,13%
Químicos y plásticos	9,82%	10,63%
Chile-EEUU		
Total M netas (miles de MMUS\$)	5,11	15,3
Petróleo, crudo y combustibles	17,83%	33,11%
Maquinaria	28,54%	20,85%
Vehículos de transporte	16,00%	11,73%
Químicos y plásticos	15,09%	12,34%

Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas of Economic Complexity