

Exposición de la Banca en Chile a los Riesgos Financieros relacionados al Clima: Riesgos Físicos y de Transición

Luis Gonzales · Cristian Rojas



Regulador y Supervisor Financiero de Chile

The Working Papers series is a publication of the Financial Market Commission (CMF), whose purpose is to disseminate preliminary research in the finance area for discussion and comments. These works are carried out by professionals of the institution or entrusted by it to third parties.

The objective of the series is to contribute to the discussion and analysis of relevant topics for financial stability and related regulations. Although the Working Papers have the editorial revision of the CMF, the analysis and conclusions contained therein are the sole responsibility of the authors.

La serie de Documentos de Trabajo es una publicación de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF), cuyo objetivo es divulgar trabajos de investigación de carácter preliminar en el área financiera, para su discusión y comentarios. Estos trabajos son realizados por profesionales de esta institución o encargados por ella a terceros.

El objetivo de la serie es aportar a la discusión y análisis de temas relevantes para la estabilidad financiera y normativas relacionadas. Si bien los Documentos de Trabajo cuentan con la revisión editorial de la CMF, los análisis y conclusiones en ellos contenidos son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Documentos de Trabajo de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF) Financial Market Commission (CMF) Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago, Chile Teléfono: (56) 22617 4058

Copyright ©2021 CMF
Todos los derechos reservados

Exposición de la Banca en Chile a los Riesgos Financieros relacionados al Clima: Riesgos Físicos y de Transición *

Luis Gonzales¹ y Cristian Rojas²

Diciembre 2024

RESUMEN

El presente estudio muestra evidencia sobre los niveles de exposición de la banca chilena a los riesgos físicos y de transición de tipo climáticos. En términos de riesgos físicos, se encuentra que la exposición de los préstamos comerciales a sectores económicos intensivos en recursos naturales es de un 11%. Si se utilizan cadenas de impacto, los riesgos más relevantes se manifiestan en un 3% de la cartera, todo lo anterior con una alta dispersión ente bancos. En relación con los riesgos de transición, se analiza la exposición a aumentos del impuesto al carbono desde 5 a 75 USD. Se encuentra que, si bien un 20% de la cartera comercial está expuesta a este riesgo, un 4,9% está en mayor riesgo debido a la importancia de este aumento de impuesto ya sea en la deuda residual o en el nivel de ventas de las firmas asociadas. A nivel sistémico, se encuentra que un 27% de la cartera está expuesto en algún grado a un riesgo climático, y que un 7% lo está en un nivel de riesgo alto.

ABSTRACT

This study shows evidence of the levels of exposure to physical and transition climate risks of the commercial portfolio of Chilean banks. Regarding physical risk, we find that the exposure of commercial loans to economic sectors that are intensive in natural resources is 11%. Using the chain of impact, the most relevant risks manifest in 3% of the portfolio, with a high dispersion between banks. Regarding transition risks, we analyzed the exposure to sudden increases in the carbon tax, changing it from USD 5 to USD 75. We found that 20% of the commercial portfolio is exposed to this risk. However, only 4,9% face a higher risk due to the representativeness of this tax increase either in the company's residual debt or sales level. At a systemic level, we find that 27% of the portfolio is exposed to some degree of climate risk, and 7% is at a high-risk level.

*/ Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones son de los autores y no representan necesariamente los de la Comisión para el Mercado Financiero de Chile ni del Banco Central de Chile o de sus miembros del Consejo. Agradecemos a Shirley Redroban y Gonzalo Subiabre por su excelente asistencia de investigación. Agradecemos también las numerosas discusiones sostenidas en el marco de este estudio con Arturo Cifuentes. Finalmente, agradecemos los comentarios de un árbitro anónimo de la CMF, de su comité editorial y de los participantes de un seminario interno donde se expuso el presente estudio.

¹ Banco Central de Chile, lgonzalesc@bcentral.cl

² Dirección General de Regulación Prudencial, CMF, carojas@cmfchile.cl

1. Introducción

El cambio climático representa un riesgo relevante a nivel global, tanto en términos económicos como sociales. Según [Hallegatte et al \(2016\)](#), el impacto de los desastres naturales extremos equivale a la pérdida de US\$ 520.000 millones en consumo anual, y cada año empuja a unos 26 millones de personas a la pobreza. De esta forma, de no actuar en la mitigación y adaptación, el cambio climático podría llevar a otros 100 millones de personas a la pobreza para 2030. Asimismo, 143 millones de habitantes de tres regiones en desarrollo podrían convertirse en migrantes climáticos para 2050, en vista de que muchas personas, familias e incluso comunidades enteras se verán forzadas a buscar sitios menos vulnerables para vivir.

La actividad productiva se ha visto afectada por estos eventos en la mayoría de los países, por lo que los riesgos del cambio climático podrían transmitirse a la banca y a las compañías de seguros, impactando así al sistema financiero en el corto y mediano plazo. Así, este se vuelve un tema relevante para las autoridades financieras, cuyo mandato incluye velar por la estabilidad financiera ([Pereira da Silva, 2019](#)).

En el caso de la banca, los riesgos derivados del cambio climático se propagan a dichas instituciones mediante los siguientes canales de transmisión: (i) un aumento de los no pago por parte de los acreedores (ii) una disminución en los precios de los colaterales de los deudores, afectando el volumen del crédito y la capacidad de recupero por parte del banco, y (iii) una menor actividad económica, afectando el dinamismo del crédito ([Dafermos 2018](#)). Asimismo, como señala [Giglio et al. \(2020\)](#), una de las preguntas clave es ver cómo podría afectar el cambio climático a la estabilidad financiera.

Este trabajo aporta información en la identificación y correlación de manera empírica de la exposición del sistema bancario al riesgo financiero derivado del cambio climático, tanto para riesgos físicos como de transición³. Esta información pretende ser un insumo para el estudio de causalidad en las diversas dimensiones financieras que aún están en etapa de estudio en la literatura. En general, se encuentra que, tanto el riesgo físico como de transición, son relevantes ya que afectan a una fracción importante del stock de la deuda de los bancos.

En lo que sigue, en la segunda sección se presenta una revisión de la literatura sobre ejercicios de pruebas de estrés y cambio climático. En la tercera sección se aborda la mirada de los reguladores financieros sobre la materia. En la cuarta sección, se describen las fuentes de información. En la quinta sección se

³ Ambos conceptos serán revisados en mayor detalle en la sección siguiente.

exploran las exposiciones a los riesgos tanto físicos como de transición. Finalmente, en la sexta sección, se presentan las conclusiones y recomendaciones para avanzar hacia un Climate stress test robusto.

2. Literatura

De acuerdo a la literatura, los riesgos derivados del cambio climático se pueden agrupar en dos grandes categorías: riesgos “físicos” y de “transición”.

El riesgo “físico” está asociado a un evento de cambio climático que se materializa en un determinado momento del tiempo. Se encuentran aquí riesgos como eventos de la naturaleza extremos y cambios climáticos permanentes. En este caso, desde el punto de vista financiero, las firmas están expuestas a un menor valor o desajustes drásticos en el precio de sus activos y una menor productividad de sus activos. Desde el punto de vista financiero el impacto de estos riesgos depende también de la cobertura de seguros de la empresa respectiva. Es importante mencionar este punto, advirtiendo que el costo de estos seguros depende de cuan diversificables sean para el asegurador. En la medida que los riesgos climáticos sean más globales, menos diversificables serán y por ende más caros.

El segundo riesgo, llamado de “transición”, corresponde al riesgo que resulta del proceso de ajuste hacia una economía no intensiva en carbón y/o más sostenible. Se materializa a través de avances tecnológicos disruptivos y políticas gubernamentales restrictivas que afectan directamente a una industria como a otras que sirven de proveedores. Diversos autores mencionan como una adaptación súbita a estándares de emisión muy estrictos podría llegar a ser perjudicial para las economías, pues podría imponer costos de ajuste al capital y relocalización de activos (NGFS (2019)).

En términos generales, Batten (2018) indica que los riesgos de cambio climático tendrán un efecto tanto en la demanda como en la oferta. Un canal directo de efectos es mediante un shock de oferta a la producción. Un segundo canal sería mediante el costo alternativo de uso de recursos para efectos de adaptar la economía a una menos contaminante. Finalmente existe también un llamado costo de transformación de capital, que no es menor en países en vías de desarrollo.

El cambio climático es transversal a países e industrias, por lo que se considera un riesgo “no diversificable”. Esto es lo que en la literatura se conoce como *climate systemic risk* (Aglietta & Espagne 2016). En estos casos la pérdida en valor es segura y afectará a todos los sectores (incluidos los precios de todos los bienes). A nivel sistémico, las políticas climáticas futuras o los desarrollos tecnológicos

influyen en los precios relativos de los activos e incluso podrían crear *stranded assets*⁴, en particular en el sector de los combustibles fósiles. Debido a la gran cantidad de capital comprometido en tales inversiones, esto podría conducir a desequilibrios financieros sistémicos potencialmente peligrosos (Schoenmaker & van Tilburg, 2016). Se espera que los riesgos de reputación y de mercado derivados de *stranded assets* en los sectores de combustibles fósiles se exacerben aún más, ya que se estima que "menos de la mitad de las reservas probadas económicamente recuperables de petróleo, gas y carbón, aún se pueden emitir hasta 2050" para lograr las reducciones de emisiones necesarias.

¿En cuánto puede afectar la economía global al cambio climático? Estudios como Burke et al. (2018) utilizan información de producción de 165 países y encuentran distintos niveles de afectación según el nivel de temperatura alcanzado. Según los autores, en caso de lograr la meta del 1,5°C de aumento de las temperaturas promedio, el impacto negativo en PIB oscilaría entre 10 a 20% del PIB global a 2099. En un trabajo de Kahn et al. (2019), los autores calculan mediante datos de panel de tipo estocástico para un total de 174 países desde 1960 a 2014, que si la temperatura aumenta a una tasa de 0,04°C por año, habría un impacto adverso sobre el PIB per cápita de 7% al año 2100. Esto en contraste con un cumplimiento del criterio del Acuerdo de París donde, con un crecimiento máximo por año de 0,01°C, el impacto negativo sería de un 1% en el PIB per cápita a igual periodo. Esto es relevante tanto para países ricos como pobres y bajo cualquier tipo de clima. Para el caso de Chile, este estudio encuentra que el impacto negativo en PIB per cápita sería de 11% en un caso de aumentos de temperatura promedio de 0,04°C y de 5,18% con cumplimiento del Acuerdo de París.

A nivel local, Cortina & Madeira (2023) analizan la exposición de los bienes raíces en Chile a pérdida de productividad laboral debido al calor, incendios, inundaciones, deterioro costero y sequía. Indican que la exposición al riesgo para el valor de todos los inmuebles a nivel nacional es de 39%, y del 51%, 36%, 36% y 27% para las macrozonas Centro, Norte, Región Metropolitana y Sur, respectivamente.

En el sistema financiero, en particular en la banca, los riesgos financieros derivados del cambio climático se manifiestan a través del riesgo de crédito, de mercado y operacional. El riesgo de crédito es aquel que afecta la capacidad de pago de un deudor, tanto por un aumento en la probabilidad de incumplimiento (PD) como por la pérdida dado este incumplimiento (PDI). Por ejemplo, la probabilidad de pago de una firma en un sector económico puede disminuir si el cambio climático afecta su productividad. A su vez, si existen colaterales y estos disminuyen de valor, entonces el valor de recuperación del acreedor, dado

⁴ Se entiende por *Stranded Assets* como activos que pierden valor de manera imprevista o repentina por motivos tales como nuevas regulaciones, cambios en estructuras de costos, consideraciones legales, entre otros.

un incumplimiento, se vería disminuida. Por otro parte, el riesgo de mercado ocurre por pérdidas a causa de cambios en los precios de mercado de instrumentos como bonos, acciones y monedas (BIS (2019)). En particular, el precio de las materias primas es muy sensible a los efectos del cambio climático. Por último, el cambio climático es fuente de riesgo operacional para una entidad financiera, como sería el caso de desastres naturales que afecten su infraestructura en una zona geográfica (por ejemplo, sus sucursales).

Es interesante notar que la dependencia del sistema financiero al cambio climático no solo tiene que ver con personas y firmas, sino también países. Lo anterior dado que países que tengan una fracción mayor de su producción afectada por el cambio climático podrían tener que pagar un spread soberano mayor (dado su aumento en riesgo país). Esto afectaría a su vez a todo el sistema financiero, dado el encarecimiento del crédito internacional (mayor costo de fondeo). Algunos autores como Boehm (2022) encuentran que el aumento de temperaturas afecta la estabilidad/sostenibilidad financiera de los países, impactando negativamente en los retornos que estos deben pagar por su emisión soberana.

En este contexto, los estudios de prueba de tensión son relevantes para los reguladores financieros ya que les permiten simular y/o anticipar los efectos de materializaciones de estos riesgos en los mercados financieros. En un documento seminal en la materia, Battiston et al (2016) adopta un enfoque que se basa en análisis de red de las exposiciones de los actores financieros a todos los sectores relevantes para el clima. Utilizando datos empíricos de la zona euro, muestra que, si bien las exposiciones directas al sector de los combustibles fósiles son pequeñas (3-12%), las exposiciones combinadas a los sectores relevantes para la política climática son grandes (40-54%), heterogéneas y posiblemente amplificadas por exposiciones indirectas a través de contrapartes financieras (30-40%). Sus resultados sugieren que las políticas tendientes a combatir los efectos del cambio climático podrían resultar en posibles ganadores y perdedores entre los actores financieros y no tendrían un impacto sistémico adverso siempre que se implementen tempranamente y dentro de un marco estable.

3. Mirada de los reguladores financieros

Distintos reguladores financieros han analizado los impactos del cambio climático y como incorporarlos en la gestión de bancos y otras instituciones financieras. Uno de los primeros en iniciar estos análisis fue el regulador prudencial de Inglaterra (PRA), quien en abril 2019 fue el primer banco central en definir expectativas de supervisión para bancos, compañías de seguros, entre otras instituciones financieras, en relación con la gestión y administración de los riesgos financieros relacionados con el clima, cubriendo

temas de gobernanza, administración del riesgo, análisis de escenarios y divulgación ([Bank of England 2019](#)). En su [PRA Adaptation Report 2021](#) evalúan la posibilidad de incorporar estos riesgos en el capital bancario. No obstante, destacan que es necesario más trabajo para identificar si se necesitan cambios en el diseño, uso o calibración del marco de capital regulatorio para garantizar la resiliencia frente a las consecuencias del cambio climático.

La autoridad prudencial francesa (ACPR) realizó una encuesta a los principales bancos de ese país en 2018 para evaluar como estos se estaban preparando para nuevos requisitos de manejo de estos riesgos. Encontraron que varias instituciones estaban ya iniciando procesos de descarbonización de sus portafolios y que el tema de los riesgos financieros derivados del clima había evolucionado desde una mirada de “Responsabilidad Empresarial” hacia un tema propio de la gestión del riesgo financiero ([Aubert et al 2019](#)). Adicionalmente, la autoridad prudencial de Francia realizó un ejercicio de prueba de tensión a bancos y compañías de seguros durante 2020-2021 ([ACPR 2020](#)). Entre los resultados encontrados están que la exposición general de bancos y compañías de seguros a riesgos de cambio climático (tanto riesgos físicos como de transición) es moderada. Lo anterior estaría determinado tanto por un efecto país (la región en sí misma estaría menos afectada que otras regiones), como de representatividad sectorial (los sectores más impactados representan cerca de un 10% de las exposiciones crediticias de los bancos).

La Australian Prudential Regulation Authority (APRA) realizó durante 2021 y 2022 un estudio sobre como el cambio climático podía estar afectando, e iba a afectar, a los principales bancos de ese país. Para este caso ocuparon escenarios de NGFS y evaluaron el impacto de riesgos físicos y de transición ([APRA 2022](#)).

El regulador de Canadá también realizó un piloto de evaluación de riesgos con el sector financiero con el fin de: (i) desarrollar la capacidad de las autoridades y las instituciones financieras participantes para realizar análisis de escenarios de transición climática, (ii) apoyar al sector financiero canadiense para mejorar su evaluación y divulgación de los riesgos relacionados con el clima y (iii) contribuir a la comprensión de la exposición potencial del sector financiero al riesgo de transición climática ([Bank of Canada 2022](#)).

En el caso del Banco Central de los Países Bajos, este realizó un ejercicio de pruebas de tensión basado en los efectos de una transición energética ante distintos escenarios de shock. Los resultados mostraron que las pérdidas para las instituciones pueden ser importantes, pero también serían manejables si es que las instituciones financieras consideran estos riesgos en su gestión ([DnB 2018](#)).

4. Datos

Una de las contribuciones del documento es el conciliar y construir una nueva base de datos donde, en primer lugar, para evaluar el riesgo físico, se relaciona la información financiera de los bancos a nivel de firma con la información a nivel regional y sectorial de estas. Y, en segundo lugar, para evaluar el riesgo de transición representado por un aumento en el impuesto al carbono, se identifican las emisiones asociadas a los préstamos otorgados por las entidades bancarias. Para lo anterior, este estudio considera variadas fuentes de información, que se detallan a continuación. Se toma como referencia de información diciembre de 2022.

Balances bancarios individuales. Esta información proviene de reportes mensuales de colocaciones comerciales individuales de todos los bancos del sistema financiero chileno identificando al acreedor.

Caracterizaciones de las firmas por sector económico y región de actividad. Esta información se construye a partir de dos fuentes de datos. Por un lado, se ocupó la clasificación del Servicio de Impuestos Internos de sector económico y región de las firmas. Y por otro lado, para el caso de firmas con colocaciones bancarias que no se encuentran en esta base pública, se utilizó información interna de la CMF donde los bancos indican la información autoreportada por los clientes sobre estas variables.

La información considerada tiene algunas limitantes. Por ejemplo, existen algunas empresas que pueden tener actividad en más de un sector económico, lo cual no es recogido por la data disponible que recoge solo el sector principal. Dado lo anterior, estaríamos subestimado la fracción de firmas afectas y las magnitudes asociadas. Esto ocurre también en términos de la dimensión geográfica ya que se considera la ubicación principal.

Riesgos físicos prospectivos. Esta información proviene de la plataforma ARCLIM, que es un sistema de información del Ministerio de Medio Ambiente donde se identifican 62 cadenas de impacto de riesgos climáticos organizadas en 12 sectores (como Agricultura). Para cada cadena se despliegan mapas de la amenaza climática (A), exposición (E) y sensibilidad (S) del sistema afectado. Los mapas tienen cobertura nacional y resolución comunal (o puntual en ciertas cadenas). Las tres variables (A, E, S) se combinan para determinar el riesgo debido al cambio climático sobre el sistema en cuestión.

Algunas limitantes que tiene la data para efectos del análisis expuesto son:

- Los riesgos no se pueden sumar entre ellos y solo pueden analizarse de forma independiente.
- No necesariamente están consideradas todas las cadenas de afectación climáticas.

- Considera proyecciones de clima futuro basados en el escenario de intensas emisiones de gases con efecto invernadero (RCP8.5). Lo anterior impide realizar análisis de exposiciones considerando escenarios alternativos.

Riesgos de transición. Se ocupó información del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)⁵ que publica el Ministerio de Medio Ambiente, que indica las emisiones contaminantes de distintas plantas productivas de nuestro país. Una de las limitaciones que se deben considerar en con este repositorio es el de considerar que los registros de estas emisiones son autoreportadas.

5. Exposición de la banca a los riesgos climáticos

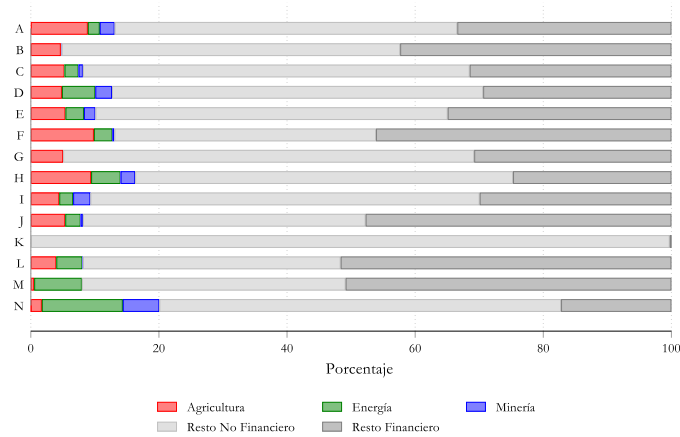
5.1 Sectores económicos vulnerables el cambio climático

El cambio climático afecta primeramente a sectores económicos que dependen de recursos naturales, entre los que destacan la agricultura, la pesca y la silvicultura. Entre los riesgos que enfrentan estos sectores están las sequías, los aumentos del nivel del mar, el aumento de la incidencia de menores precipitaciones y los incendios forestales. Otro sector económico vulnerable a estos riesgos es el de la energía. En particular, es relevante considerar la energía convencional renovable, donde, por ejemplo, la disminución de las precipitaciones afectaría el recurso hídrico necesario para la generación eléctrica. Finalmente, otro sector económico que se vería afectado por todo lo anterior es el de la minería, especialmente producto de la disminución del recurso hídrico. En este caso, una menor disponibilidad de agua solo puede ser compensada por nuevas formas extractivas o cambios en la forma de acceder al agua, como lo es la desalinización.

En la figura 1 se muestra la exposición de las colocaciones a los sectores económicos antes mencionados por institución financiera, observándose que varía significativamente (desde 0 a 20%), llegando en el agregado a representar un 11% de la cartera total.

⁵ Se ocupó la versión 2020, que era la última versión disponible del reporte al momento realizar el estudio.

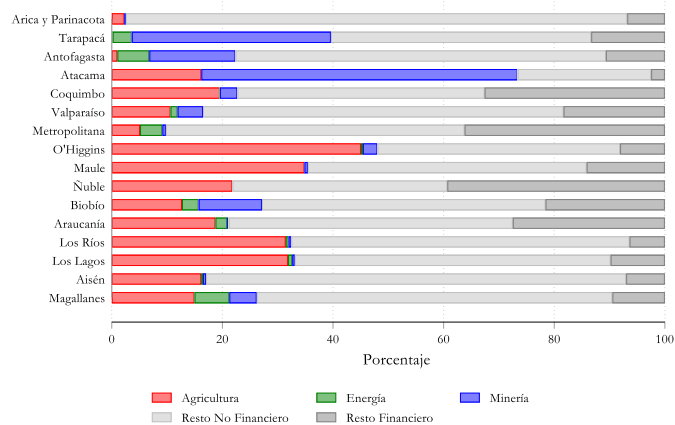
Figura 1: Participación de sectores económicos en la deuda comercial bancaria, diciembre de 2022



Nota: Cada barra representa la composición del stock de préstamos comerciales de cada banco.
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF.

Una desventaja de la dimensión a nivel nacional es el alto impacto en los resultados por lo ocurrido en la Región Metropolitana, la que es especialmente intensiva en servicios financieros y comercio. Así, en la figura 2 se presenta un análisis a nivel de regiones. Se observa una alta incidencia del crédito concentrado en el sector agrícola en varias regiones, llegando en algunos casos, como la región de O'Higgins, a representar sobre un 40% del crédito total de la zona. En el caso del norte, en Atacama la agricultura y minería representan sobre un 70% del crédito total otorgado en esa región.

Figura 2: Participación de sectores económicos en la deuda comercial bancaria según región del deudor, diciembre de 2022



Nota: Cada barra representa la composición del stock de préstamos comerciales de las regiones de los deudores. La ubicación geográfica se determina por la dirección vigente ante el Servicio de Impuestos Internos como domicilio/casa matriz.
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF.

5.2. Riesgos físicos

En esta sección se plantean indicadores de correlación del grado de exposición de la cartera de la banca a riesgos climáticos asociados a cambios en patrones de temperatura y en cadenas de impacto por sector económico. Lo anterior se realiza generando un cruce de la ubicación y sector económico de las firmas con las cuales la banca tiene créditos vigentes a diciembre de 2022, con los principales riesgos climáticos disponibles en la base de datos de ARCLIM.

A. Exposición a cambios en patrones de temperatura

Un primer análisis de riesgo tiene relación con la exposición a cambios en las temperaturas promedio que experimentarán las distintas zonas geográficas de Chile. Para esto se ocupa una métrica de ARCLIM que refleja el cambio esperado en temperaturas en un futuro mediano (2023-2065, bajo el escenario RCP8.5) por zona geográfica. Lo primero que se estima es cual sería un cambio promedio de las temperaturas a nivel país y luego se compara con la exposición de la banca, según la geolocalización de su cartera comercial de créditos. Para el caso de la exposición a nivel país se utiliza una ponderación a partir del área (expresado en km²) de extensión de cada comuna por el cambio en temperatura proyectado, como se muestra a continuación:

$$\Delta_{30 \text{ años}} C^{\circ} = \frac{\sum_{c=1}^n Km2_c * \Delta C^{\circ}_c}{\text{Territorio total en Km2}} \quad (1)$$

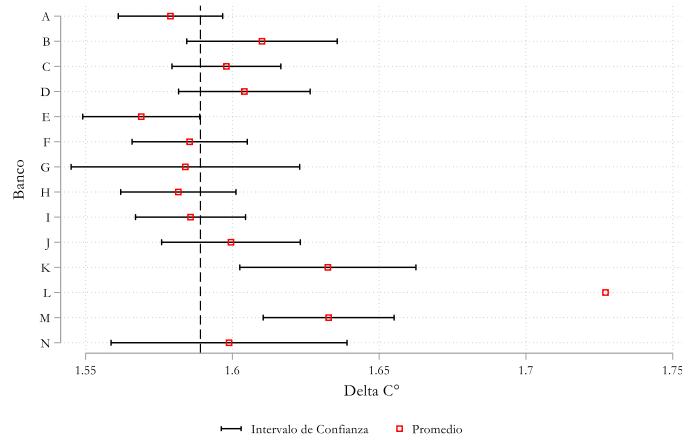
donde c corresponde a comuna. Por otro lado, en el caso de la exposición a nivel de bancos, se utiliza la ecuación:

$$\Delta_{30 \text{ años}} C^{\circ}_{b,t} = \frac{\sum_{c=1}^n Préstamos_{b,t,c} * \Delta C^{\circ}_c}{Préstamos_{b,t}} \quad (2)$$

Esta última ecuación mide entonces la exposición a cambios de temperatura promedio del banco b en el momento t , según la matriz de georreferencia de cada crédito ubicado en la comuna c . Para nuestro caso t equivale a diciembre de 2022.

Los resultados se observan a continuación:

Figura 3: Exposición a cambio de temperatura por institución bancaria, diciembre 2022



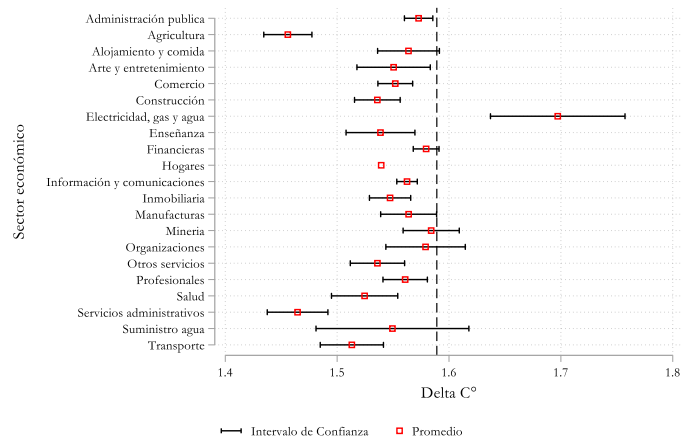
Nota: Esta figura muestra la dispersión en los cambios de temperatura que enfrentan las instituciones bancarias según la localización geográfica de su cartera de préstamos. La línea vertical corresponde al cambio esperado a 30 años en Chile ponderando los cambios comunales por km².

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF y ARCLIM.

Se observa que, al menos en el caso de tres bancos, estos presentan una concentración de créditos en zonas geográficas especialmente afectas a las alzas de temperatura.

A nivel consolidado bancario y mediante una mirada sectorial (en vez de bancaria), se encuentra que la cartera comercial en electricidad, gas y agua es el sector más expuesto a un aumento de cambios de las temperaturas promedio en los próximos 30 años.

Figura 4. Exposición a cambio de temperatura por sector económico del deudor, diciembre 2022



Nota: Esta figura muestra la dispersión en los cambios de temperatura que enfrentan los sectores económicos con créditos bancarios. Línea vertical corresponde al cambio esperado a 30 años en Chile ponderando los cambios comunales por km².

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF y ARCLIM.

Lo anterior es relevante para entender las exposiciones más generales al riesgo físico y observar la dispersión de resultados. No obstante, es necesario ocupar herramientas adicionales para evaluar el riesgo de estas exposiciones. Para ello se utiliza la herramienta de cadenas de impacto de ARCLIM, la que tiene mapeada los distintos riesgos ambientales identificados en base a información histórica y proyecciones a futuro en función a los escenarios de exposición ambiental futura determinada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

B. Cadenas de impacto

Esta métrica, elaborada por ARCLIM, considera el riesgo como un factor multiplicativo entre el nivel de exposición, el impacto del cambio climático y la vulnerabilidad del sector. Específicamente:

$$Riesgo_{c,s,t} = Exposición_{c,s,t} * Amenaza_{c,s,t} * Sensibilidad_{c,s,t} \quad (3)$$

Donde c corresponde a comuna, s al sector económico o productivo y t tiempo.

Los riesgos que se van a considerar en el modelo son:

Tabla 1: Cadenas de impactos y sectores económicos afectados

Cadena de impacto	Sector económico potencialmente afecto
Sequías Hidrológicas	Agricultura
Impacto de Aumento de Temperatura sobre Líneas de Transmisión	Transmisión de energía eléctrica
Impactos de Disminución del Recurso Hídrico	Centrales hidroeléctricas
Incendios en Plantaciones Forestales	Extracción de madera
Impacto del Cambio en Radiación Solar	Centrales solares
Impacto de Disminución del Recurso Eólico	Centrales eólicas

Nota: Para cada cadena de impacto se identifica un sector económico especialmente afecto por este riesgo.
Fuente: Elaboración propia en base a información de ARCLIM.

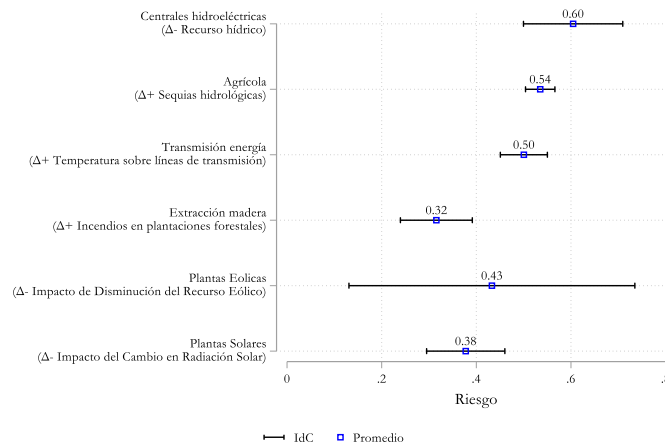
La relación de sectores económicos y riesgos no es univariada. Existen múltiples riesgos que pueden afectar a un sector económico. El sector agrícola, por ejemplo, se ve afectado tanto por las sequías como por el cambio en el terreno. Para este caso se aplica la asignación del riesgo más directo por cada sector.

Para estas cadenas de impacto se tiene información de sector económico y región que nos permite cruzar el riesgo con la ubicación y sector económico de la firma. Se estima entonces cual es el riesgo ponderado más importante para el sistema bancario, dada la matriz de participaciones de los créditos comerciales de cada banco. Para este análisis se ocupa la ecuación:

$$Riesgo\ cadena\ de\ impacto_{b,t,s} = \frac{\sum_{c=1}^n Préstamos_{b,t,s,c} * Riesgo_{s,c}}{Préstamos_{b,t,s}} \quad (4)$$

A continuación, se muestra la exposición al riesgo para el subconjunto de sectores económicos para los cuales se cuenta con una métrica cuantitativa de riesgo:

Figura 5: Riesgo de cadena de impacto según composición geográfica de las carteras de crédito, diciembre 2022



Nota: Esta figura muestra la dispersión en los riesgos de las cadenas de impacto que enfrenta el sistema bancario según la localización geográfica de su cartera de préstamos. Por ejemplo, se observa que el mayor riesgo observado está en la disminución del recurso hídrico que enfrentan las centrales hidroeléctricas. El riesgo es una métrica que está en el rango [0,1]. Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF y ARCLIM.

Destaca que el mayor riesgo observado ponderado por préstamos se observa en la generación de energía por medio de centrales hidroeléctricas. Le sigue el sector agrícola amenazado por las sequías y la transmisión de energía por aumento en las temperaturas sobre las líneas de transmisión.

Una condición importante de este ejercicio es que es esperable que las firmas adapten sus procesos productivos ante estos riesgos y, además, cambie la exposición de la banca a los sectores más riesgosos. El presente ejercicio no considera ambas adaptaciones, lo cual requiere un trabajo de simulación de comportamiento de los agentes y del mercado financiero.

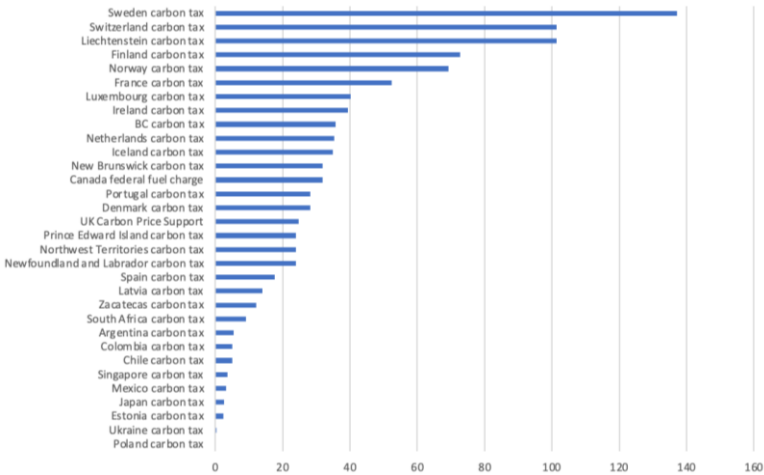
5.3. Riesgos de transición: Impuestos al Carbono

A. Impuestos al carbono a nivel internacional

Según datos del Banco Mundial⁶, en 2021 los impuestos al carbono alcanzaron el valor de \$31 USD promedio por tonelada de CO2 emitida. Esta cifra estaría lejos de los \$75 USD promedio que se necesitan para reducir las emisiones de CO2 y mantener el aumento de las temperaturas por debajo de los 2°C según lo propuesto por el Fondo Monetario Internacional (IMF 2021).

En la figura 6 se observan los distintos niveles de este impuesto por país. Lo primero que se observa es la gran dispersión de niveles: Estos fluctúan desde \$1 USD en Polonia hasta \$137 USD por CO2 ton en Suecia en 2021. Lo segundo que destaca es que, en general, a mayor desarrollo económico (medido como PIB per cápita) mayor impuesto. Mientras que los 10 países con más altos niveles de impuestos tienen un promedio de PIB per cápita de 70 mil US, los últimos 10 tienen un promedio de 28 mil USD (Gonzales et al 2022).

Figura 6: Niveles de impuesto al carbono en distintos países



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Mundial.

⁶ Carbon Pricing Dashboard Banco Mundial disponible en <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>

Cabe preguntarse qué fracción de la deuda comercial en Chile estaría afectada por un aumento drástico del impuesto al carbono para llegar el nivel óptimo requerido por el FMI en 2022. Para este análisis se ocupa como escenario alternativo la existencia de un impuesto de 75 USD por tonelada de CO2, que es el promedio requerido a nivel mundial según el FMI. En Chile, desde 2016 este impuesto llega a \$5 USD por CO2 ton, por tanto, el impacto diferencial que se medirá es un alza de este impuesto en \$70 USD.

B. Emisión en Chile

En Chile, según información del Banco Mundial⁷, la emisión de CO2 alcanzó los 96 millones de toneladas en 2019. Nuestra estrategia empírica es usar información micro a nivel de firmas para poder estimar la exposición en la banca de que las empresas contaminantes tengan que pagar más impuestos por sus emisiones de CO2. Al respecto, la base RETC que nos indica el total de firmas que deben declarar sus niveles de emisión. En la tabla 2 se ve el detalle de estos contaminantes por sector económico de la firma y estadísticos sobre sus emisiones. En total hay 3 mil firmas que emiten en total 63 millones de toneladas de CO2. Hay que notar que estas emisiones provienen de fuentes de emisión fijas.

Tabla 2: Emisión CO2 ton por año, diciembre de 2020

Industria	Emisión total	% de la emisión total	# Firmas	Fracción de las firmas que tienen deuda bancaria	% de la emisión total de la industria relacionada a firmas con deuda bancaria
Termoeléctricas	29.193.702	45,9%	43	62,8%	79,0%
Otras industrias manufactureras	16.200.251	25,5%	651	77,4%	90,0%
Industria del papel y celulosa	4.523.315	7,1%	34	79,4%	11,0%
Producción de cemento, cal y yeso	3.061.941	4,8%	10	70,0%	78,3%
Minería	2.478.247	3,9%	86	73,3%	96,9%
Pesca y acuicultura	1.885.298	3,0%	119	53,8%	10,2%
Industria de la madera y silvicultura	1.797.142	2,8%	78	83,3%	78,0%
Otras Actividades	1.750.926	2,8%	1.440	35,2%	70,9%
Refinería de petróleo	697.432	1,1%	10	80,0%	99,9%

⁷ El Balance de emisiones publicado por el Ministerio de Medio Ambiente informa 111 millones de toneladas para el mismo año.

Industria química, de plástico y caucho	575.503	0,9%	108	86,1%	99,1%
Comercio minorista	315.848	0,5%	84	78,6%	99,7%
Otras centrales de generación eléctrica	196.161	0,3%	83	51,8%	87,2%
Producción agropecuaria	156.531	0,2%	127	83,5%	66,0%
Plantas de tratamiento de aguas servidas	91.725	0,1%	12	75,0%	99,9%
Gestores de residuos	32.330	0,1%	22	81,8%	99,8%
Comercio mayorista	24.489	0,0%	61	77,0%	90,7%
Construcción	11.335	0,0%	52	88,5%	93,3%
Captación, tratamiento y distribución de agua	10.452	0,0%	31	58,1%	61,1%
Ventas y mantención de vehículos automotores	849	0,0%	35	85,7%	99,6%
Total	63.645.112	100,0%	3.086	56,3%	75,1%

Nota: Esta tabla muestra las estadísticas generales de emisión de CO₂ (ton) por cada emisor del registro RETC para 2020. La tabla indica, por ejemplo, que el sector de Termoeléctricas tiene emisiones totales por 29 MM de toneladas de CO₂. Estas toneladas a su vez representan un 46% del total de emisiones totales. Adicionalmente un 63% de las firmas en este sector tienen deuda bancaria y del total de emisión de este sector un 79% de este está asociada a firmas con deuda bancaria.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF y RETC.

Se observa que las industrias que más aportan a la emisión son las termoeléctricas, otras industrias manufactureras y la industria del papel y la celulosa, con un total de la emisión de 78,5%.

C. Huella de Carbono de la Banca

Si se considera el financiamiento en términos de emisiones, la banca tiene financiamiento vigente en el 56% de las firmas que emiten CO₂, que equivalen al 75% de las emisiones totales reportadas en esta base de datos. La banca financia, en algún grado, al menos 47 de los 63 millones de toneladas de emisión de CO₂ de forma directa. Esta métrica, aun cuando es relevante en términos analíticos, no nos dice cuál es la exposición financiera a las empresas contaminantes, que es lo que se verá a continuación.

D. Exposición a riesgo de transición

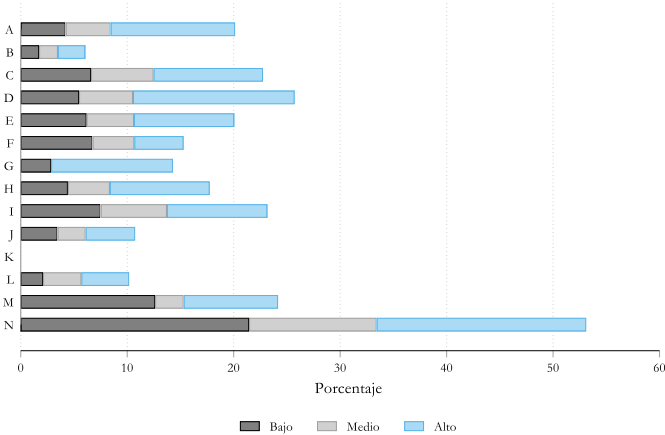
Para medir la exposición de la banca al riesgo de transición, en primer lugar se medirá la fracción de préstamos vigentes en empresas que están en este registro y que, por ende, se verían expuestas a un mayor pago de impuestos por este concepto. Para la medición se asume que las empresas son sorprendidas con

el cobro del impuesto y no tienen tiempo de reacción para mitigar sus emisiones, lo cual es equivalente a considerar que las empresas ya se encuentran en el máximo de eficiencia en las mitigaciones realizadas y que no pueden mitigar más allá de estas emisiones. Adicionalmente, este ejercicio establece que no se reconocen los esfuerzos por estándares aplicados en algunas industrias como en la generación eléctrica y que la cobertura del impuesto se amplía pasando del 40% al 100% del total de emisiones⁸. Con ese supuesto, la métrica base que se calculará para estos efectos es:

$$Exposición\ en\ emisión_{b,t} = \frac{\sum_{i=1}^n Préstamos\ firmas\ con\ emisión\ CO2 > 0}{Préstamos\ totales_{b,t}} \quad (5)$$

En la figura 7 se muestra cual es la exposición del stock comercial de deuda bancaria a empresas que emiten y están expuestas a estos riesgos y cuanto representa el total de créditos en estas empresas de sus préstamos vigentes totales a diciembre de 2022:

Figura 7: Fracción de la deuda comercial en empresas emisoras por banco, diciembre de 2022



Nota: Para este gráfico se considera los percentiles 33 y 66 de la distribución total en las emisiones por empresa como límites que distinguen Bajo, Medio y Alto. Por ejemplo, para el banco A un 12% de sus préstamos están en firmas con emisión alta (empresas que en la distribución total de emisiones están sobre el percentil 66 de emisiones). Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF y RETC.

Nuevamente, se observa alta dispersión en las exposiciones. En particular, destaca el caso de una institución financiera que tiene una exposición mayor al 50% de su stock de deuda en empresas emisoras.

⁸ Actualmente la cobertura del impuesto al carbono que es de US\$ 5 por tonelada considera al 40% del total de emisiones registradas en el balance de emisiones. En el ejercicio se asume que el incremento impositivo ahora cubre el 100% de las emisiones y que además se incrementa el impuesto por encima de lo establecido actualmente. Otro supuesto importante, es que en el ejercicio no existe la posibilidad de compensación con otra mitigación las emisiones de las empresas y tampoco se reconoce los esfuerzos de las empresas de reducción de emisiones creando créditos para ser intercambiados.

Esta métrica a pesar de entregarnos información útil sobre las exposiciones directas de los bancos no es muy útil en términos de medir la intensidad potencial de los efectos o el riesgo asociado. Es decir, que más allá de la exposición a la firma lo relevante en términos de riesgos es estimar que riesgo existe que esa firma afecte sus compromisos financieros dado este shock de costos asociados al impuesto. Para lo anterior, habría que generar algunas métricas adicionales, las que se verán a continuación.

E. Intensidad financiera de la exposición a un cambio al impuesto al carbono

Para medir intensidad financiera, o la relevancia del shock de costos en la firma, se van a ocupar dos métricas, una de intensidad en la deuda y otra de intensidad en las ventas. La idea es medir en qué casos un aumento de \$70 USD de impuesto a las emisiones de CO2 es relevante para la firma⁹.

Como primera medida financiera se utiliza la relevancia de un aumento en el impuesto al carbono sobre la deuda residual que tiene la firma con el banco:

$$Intensidad\ en\ deuda_{i,t} = \frac{70\ USD * Emisión\ CO2_{i,t}}{Préstamos\ vigentes_{i,t}} \quad (6)$$

En esta ecuación se mide la importancia del impuesto que pagaría la empresa i para el periodo t en relación con el stock de deuda que mantiene vigente en el sistema bancario.

Como segunda medida, se considera la relevancia de un aumento en el impuesto al carbono sobre las ventas de la empresa. En este caso se utiliza información de ventas del SII, para lo cual a cada empresa se le asigna el punto medio de su tramo de ventas y se calcula cuanto representa el impuesto sobre estas:

$$Intensidad\ en\ ventas_{i,t} = \frac{70\ USD * Emisión\ CO2_{i,t}}{Ventas\ totales\ anuales_{i,t}} \quad (7)$$

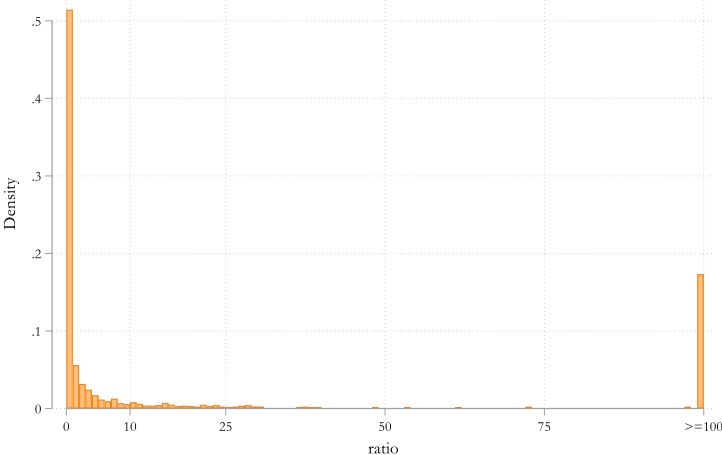
La distribución de ambas intensidades se muestra en la figura 8. Se observa que el nivel de intensidad del impuesto está altamente concentrado en la parte baja de la distribución. Es decir, buena parte de ese impuesto adicional representa una fracción baja de la deuda residual que tienen las firmas en el sistema bancario o una fracción baja de las ventas de la empresa. No obstante, para un conjunto de firmas, que se observan al lado derecho de ambas figuras, la representatividad del aumento de impuestos es

⁹ Considerando el supuesto que se describió anteriormente: sin medidas de mitigación y considerando pasar de un 40% a un 100% de emisiones que pueden pagar el impuesto.

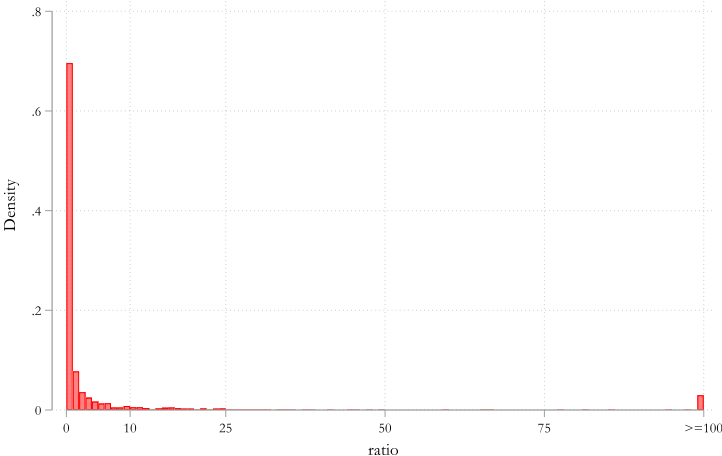
significativa, ya sea mayor a la deuda residual o mayor a las ventas anuales de la firma. En ambos casos se considera que hay un riesgo de transición alto. Entre algunas de las implicancias que pueda tener el elevar la tasa de impuesto al carbono, se debe considerar que en el ejercicio se considera una base gravable del 100% de las emisiones. De igual manera no está contemplado el efecto que tiene el impuesto sobre el precio de los bienes finales de las empresas y su efecto en las ventas.

Figura 8: Intensidades financieras de un cambio de nivel de impuesto al carbono

(a) Representatividad de un impuesto de 70 USD sobre deuda residual de las firmas deudoras



(b) Representatividad de un impuesto de 70 USD sobre ventas anuales de las empresas deudoras

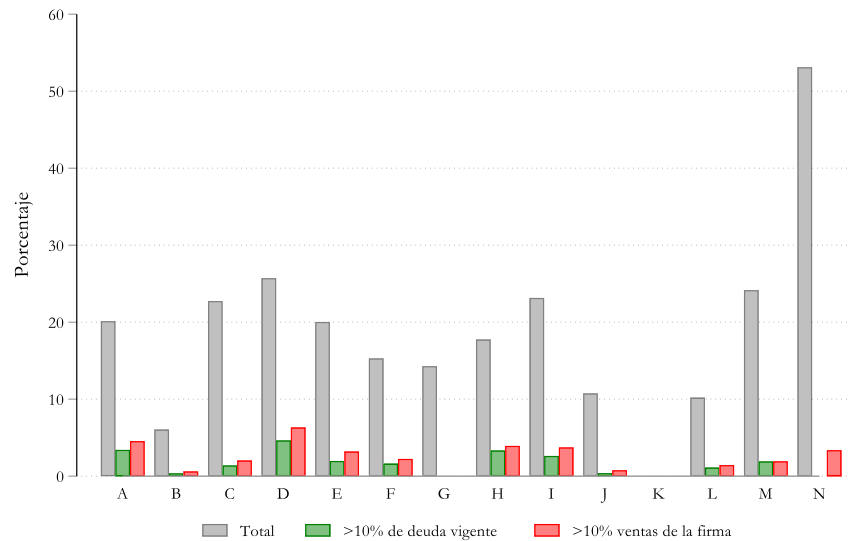


Nota: Ambas distribuciones fueron truncadas para valores sobre 100%.
 Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF y RETC.

La Figura 9 muestra las exposiciones de alto riesgo consolidadas a nivel de banco considerando como un riesgo alto tener sobre un 10% se representatividad en la deuda residual o en los niveles

de ventas. Se observa que el porcentaje de exposición a alto riesgo fluctúa entre un 0 y 8% de la cartera comercial total.

Figura 9: Fracción del stock de préstamos comerciales en empresas contaminantes totales y por intensidad financiera, diciembre de 2022



Nota: La barra gris muestra la exposición total a empresas contaminantes. La barra verde la exposición a firmas con más de un 10% de representatividad del impuesto simulado en sus niveles de deuda vigente. La barra roja la exposición a firmas con más de un 10% de representatividad del impuesto simulado en sus ventas totales.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF y RETC.

5.4 Matriz consolidada de exposición a riesgos climáticos

Finalmente, se consideran ahora ambos tipos de riesgos y dos mediciones de intensidad. Para riesgos físicos, la exposición total será la exposición a los tres sectores vulnerables ya analizados (agricultura, minería y energía); y como exposición alta, será aquella donde hay una cadena de impacto identificada cuyos riesgos estén por sobre la mediana de la distribución. Para el caso de riesgo de transición, se ocupará como exposición total a este riesgo la fracción de la deuda que está en empresas emisoras; y como exposición alta, la fracción de esa exposición donde el aumento de impuesto representa al menos un 10% de la deuda vigente o un 10% de las ventas de la firma. Finalmente, utilizando información micro de cada firma, se combinan ambos riesgos para cada firma y se determina si la firma está expuesta, al menos, a uno de estos riesgos. Con lo anterior se llega a medir las exposiciones sistémicas a los riesgos climáticos:

Tabla 3: Fracción del stock de préstamos comerciales expuestos a riesgos climáticos, en puntos porcentuales a diciembre de 2022

Banco	Riesgo físico		Riesgo de transición		Riesgo agregado	
	Total, exposición a agricultura, minería y energía	Alto, cadena de riesgo mayor a mediana	Total, exposición a empresas emisoras	Alto, exposición a empresas donde el alza de impuestos es importante en términos de deuda o ventas	Total	Alto
A	13,1	2,8	20,1	6,6	28,4	9,0
B	4,8	1,1	6,0	0,5	10,3	1,6
C	8,1	1,3	22,7	3,2	26,8	4,3
D	12,7	4,1	25,7	9,1	31,0	10,7
E	10,1	2,7	20,0	4,4	25,4	6,4
F	13,1	4,1	15,3	2,4	25,1	6,5
G	5,0	0,0	14,3	0,0	17,3	0,0
H	16,3	5,0	17,7	5,0	27,7	8,8
I	9,3	2,3	23,2	4,9	27,7	7,0
J	8,1	1,8	10,7	2,1	16,8	3,9
K	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L	8,1	1,3	10,2	2,4	17,5	3,7
M	8,0	4,3	24,2	1,9	29,1	6,2
N	20,1	5,8	53,1	9,1	58,9	14,9
Sistémicos	11,8	3,1	21,5	5,6	27,9	7,9
No sistémicos	9,3	2,6	13,3	2,1	20,3	4,7
TOTAL	11,4	3,0	20,0	4,9	26,6	7,3

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CMF, ARCLIM y RETC.

A partir de la tabla anterior se tiene que, en general, la exposición a los riesgos de transición vía impuestos al carbono es más relevante que a los riesgos físicos. El sistema bancario tiene un 3% de la cartera (en montos) expuestos a altos riesgos físicos y un 4,9% expuesto a altos riesgos de transición. A nivel sistémico, un 27% de la cartera bancaria está expuesto a algún riesgo climático (ya sea físico o de transición); y un 7% de la cartera estaría expuesto a un riesgo climático de mayor nivel de impacto esperado (ya sea físico o de transición).

En términos de detalle por institución financiera, hay alta dispersión en las exposiciones. En particular, existe un banco que tiene una exposición total sistémica de más del doble el total del mercado. Descontando este caso, también se tienen casos donde el indicador del banco es poco menos de la mitad del sistema. A su vez, se observan algunos bancos más expuestos a uno que otro riesgo, y también casos donde hay alta exposición a ambos o a ninguno.

6. Comentarios finales

El presente estudio aborda la exposición del sistema bancario chileno a los riesgos físicos y de transición.

En términos de riesgos físicos se observa que los sectores intensivos en recursos naturales representan un 11% de la cartera del sistema. Adicionalmente, un 3% de la cartera, en términos de montos, está expuesta a alguna cadena de riesgo a un nivel alto de riesgo.

En términos de riesgos de transición se analiza la exposición de la banca al riesgo de aumento de impuestos al carbono. Para lo anterior se asumió que: i) no hay anticipación de las empresas de los cambios de los impuestos al carbono, ii) el efecto es inmediato sin proveer alternativas de reacción para mitigar sus emisiones; esto es equivalente a considerar que las empresas ya se encuentran en el máximo de eficiencia en las mitigaciones realizadas y que no pueden mitigar más allá de estas emisiones, iii) No existen compensaciones por los esfuerzos de mitigación realizados por normativas en industrias como la de generación eléctrica con la inversión de energías renovables., y iv) la cobertura del impuesto se amplía a todos los sectores pasando del 40% al 100% del total de emisiones. Además, para efectos de la interpretación de los resultados, hay que recordar que tampoco se considera la reacción comercial de los bancos (los cuales pueden reducir sus exposiciones en entidades de mayor riesgo). Bajo estas circunstancias, este primer ejercicio muestra que la banca financia al 56% de las empresas emisoras que reportan en el registro asociado. Así, un 75% de la emisión total está asociada a entidades que cuentan con deuda bancaria. La banca tiene una exposición bruta de 20% de sus activos comerciales en estas

entidades, mientras que un 4,9% de la cartera está expuesta a empresas donde un aumento de este impuesto sería más significativo.

A nivel sistémico, considerando tanto el riesgo físico como de transición, un 26,6% de la deuda está expuesta, mientras que un 7,3% lo está en algún nivel mayor de riesgo. Es relevante considerar que este porcentaje es similar a la suma de forma independiente de los riesgos físicos y de transición. Esto indicaría que las firmas, en su mayoría, están expuestas a uno u otro riesgo, pero no ambos en simultáneo. En particular, para aquellas firmas que están expuestas a ambos riesgos (físicos y de transición) la medición de exposición en términos de intensidad está subestimada, ya que si una empresa está expuesta a ambos riesgos, la probabilidad de incumplimiento aumenta y la exposición dado el no pago también aumenta (menor recupero).

Como futuras líneas de investigación, sería interesante analizar los canales de transmisión interbancarios de estos riesgos, lo cual requeriría trabajar en un modelo de interrelación de la banca. Análisis de este tipo podrían ser de utilidad en la generación de una prueba de stress climático robusta en el sistema bancario chileno.

Referencias

ACPR, 2020 Climate risk evaluation: "Les principaux résultats de l'exercice pilote climatique 2020"

Aglietta, M., & Espagne, É. (2016). *Climate and finance systemic risks, more than an analogy?: the climate fragility hypothesis*. CEPII, Centre d'études prospectives et d'informations internationales.

APRA, 2022 Information Paper Climate Vulnerability Assessment Results

Aubert, M., et al. "French banking groups facing climate change-related risks." Banque de France Analyses et Synthèses 101 (2019).

Bank of Canada and Office of the Superintendent of Financial Institutions, 2022 Using Scenario Analysis to Assess Climate Transition Risk Final Report of the BoC-OSFI Climate Scenario Analysis Pilot

Bank of England (2019) Supervisory Statement | SS3/19 Enhancing banks' and insurers' approaches to managing the financial risks from climate change

Batten, S. (2018). Climate change and the macro-economy: a critical review.

Battiston, S., Mandel, A., Monasterolo, I., Schütze, F., & Visentin, G. (2017). A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*, 7(4), 283-288.

BIS (2019). El marco para el riesgo de mercado en pocas palabras

Boehm, H. (2022). Physical climate change and the sovereign risk of emerging economies. *Journal of Economic Structures*, 11(1), 31.

Burke, M., Davis, W. M., & Diffenbaugh, N. S. (2018). Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets. *Nature*, 557(7706), 549-553.

Cortina, Magdalena, and Carlos Madeira. "Exposures to climate change's physical risks in Chile." *Latin American Journal of Central Banking* 4.2 (2023): 100090.

Dafermos, Y. (2022). Climate change, central banking and financial supervision: beyond the risk exposure approach. In *The Future of Central Banking* (pp. 175-194). Edward Elgar Publishing.

DnB 2018 An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands, Occasional Studies Volume 16 - 7

Gonzales, L., Gonzalez, H. & Larrain, F. (2022) Impuesto al Carbono en Chile: Consideraciones Económicas, Sociales y Ambientales, Documento de Trabajo 119, CLAPESUC, disponible en <https://clapesuc.cl/investigacion/doc-trabajo-n119-impuesto-al-carbono-en-chile-consideraciones-economicas-sociales-y-ambientales>

Giglio, S., Kelly, B., & Stroebel, J. (2021). Climate finance. *Annual Review of Financial Economics*, 13, 15-36.

Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Kane, T., Narloch, U., ... & Vogt-Schilb, A. (2016). SHOCK WAVES Climate Change and Development Series Managing the Impacts of Climate Change on Poverty. *World Bank Group*.

Kahn, M. E., Mohaddes, K., Ng, R. N., Pesaran, M. H., Raissi, M., & Yang, J. C. (2021). Long-term macroeconomic effects of climate change: A cross-country analysis. *Energy Economics*, 104, 105624.

Luiz Awazu Pereira da Silva, Deputy General Manager of the BIS, at the Conference of the Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System (NGFS), Paris, 17 April 2019.

NGFS, A. (2019). A call for action: Climate change as a source of financial risk. *Network for Greening the Financial System: London, UK*.

PRA Climate Change Adaptation Report 2021 - Climate-related financial risk management and the role of capital requirements

Schoenmaker, D., & Van Tilburg, R. (2016). What role for financial supervisors in addressing environmental risks?. *Comparative Economic Studies*, 58, 317-334.



Regulador y Supervisor Financiero de Chile

www.cmfchile.cl

