

17

DOCUMENTO DE TRABAJO | IEUT
JULIO 2021

Resultados Encuestas HUELLACOVID: Emisiones de CO₂ en Pandemia en hogares de ciudades del Centro Sur de Chile

Proyecto ANID COVID 159 Impactos del COVID-19 en la huella de Carbono de hogares de Chile



AUTORES

Carolina Rojas | IEUT-UC
François Simon | CEDEUS-UC
Felipe Irrarázaval | IEUT-UC

Marc Quintana | Biobio Recicla
Caroline Stamm | IEUT-UC
Bryan Castillo | CEDEUS-UC



**INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS
Y TERRITORIALES**
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS



La serie **Documentos de Trabajo del IEUT**, ha sido pensada como un espacio de colaboración e intercambio orientado a difundir conocimiento teórico-empírico relacionado a temáticas de la ciudad, los territorios y la planificación urbana. El principal objetivo de esta serie es disseminar perspectivas teóricas, metodologías y/o resultados asociados a investigaciones relevantes tanto para el desarrollo académico como para la toma de decisión públicas.

El/Los autor/es es/son responsable/s por el contenido del texto y los documentos no se encuentran sometidos a revisión por pares.

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Rojas, C., Simon, F., Irrázaval, F., Quintana, M., Stamm, C., Castillo, B. (2021). *Resultados encuestas Huellacovid: emisiones de CO₂ en pandemia en hogares de ciudades del centro sur de Chile*. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, Documentos de Trabajo del IEUT, N°17.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| SITUACIÓN CASOS DE ESTUDIO | 7 |
| TENDENCIAS EN CONSUMO ENERGÉTICO | 9 |
| ESTIMACIONES HUELLA DE CARBONO CALEFACCIÓN | 15 |
| ESTIMACIONES HUELLA DE CARBONO ENERGÍA | 16 |
| ESTIMACIONES HUELLA DE CARBONO DE TRANSPORTE | 18 |
| CONCLUSIONES | 23 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 25 |

INTRODUCCIÓN

Este documento presenta los resultados del proyecto ***Impactos del covid en la huella de carbono de hogares de Chile***, financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID), a través del fondo Asignación Rápida de Recursos para Proyectos de Investigación sobre el Coronavirus. El proyecto inició en julio 2020, y tuvo una duración total de 11 meses. En el contexto de comprender los efectos ambientales producto de las restricciones y cambios que ha producido esta enfermedad en los hogares chilenos, la investigación tiene por objetivo medir la huella de carbono de los hogares en 4 ciudades del centro-sur de Chile (Coronel, Temuco, Valdivia y Osorno) afectadas por el COVID-19 pre y durante las medidas de confinamiento, para estimar cambios en los consumos de sus hogares en cuanto a electricidad, alimentación, movilidad y calefacción, con la finalidad de aportar propuestas hacia la sustentabilidad ambiental y económica en las emisiones CO₂ y los presupuestos familiares de los hogares.

A más de un año del inicio de la pandemia, internacionalmente se han ido publicando evidencias científicas sobre los efectos medioambientales del COVID, sin embargo, aún son muy escasas las investigaciones en relación con el impacto del COVID en las emisiones de CO₂ y en la huella de carbono, más aún en lo que se refiere a los hogares y estudios de casos latinoamericanos. La mayor parte de las investigaciones se ha concentrado esencialmente en la reducción de la contaminación del aire por polución, bajo las restricciones de movimiento y el confinamiento (por citar algunos: Bao & Zang, 2020; Muhammad et al., 2020; Dantas et al., 2020; Mahato et al., 2020), lo cual también se ha comprobado para la capital Santiago (Toro et al., 2021). Sin embargo, cabe destacar algunas investigaciones muy recientes sobre los impactos en la huella de carbono por efecto del COVID a escala nacional o sectorial (Rugani & Caro, 2020; Nizetic, 2020; Andreoni, 2021), y una muy reciente a la escala de los hogares en el caso de Japón (Long et al., 2021).

En el contexto de las cuarentenas vigentes en las regiones del Sur de Chile y con la llegada del invierno 2021, entender las variaciones de consumo causadas por el impacto del COVID-19 en los modos de vida de los hogares, es esencial para adaptar, a corto plazo, las políticas públicas ambientales y de apoyo a las familias, y en el contexto de crisis actual, ante eventuales alzas en cuentas de electricidad y/o gas y por supuesto períodos de pre-emergencia. Lo es también, a más largo plazo, para entregar datos que permitan anticipar los cambios de patrones de consumo de los hogares por crisis futuras, ya sea asociadas al cambio climático y/o riesgos socio naturales; también en la aplicación de políticas públicas nacionales y locales en el contexto de la descarbonización del país. Por otra parte, resultados preliminares del proyecto, demostraron que hubo cambios positivos en los comportamientos de los hogares durante el primer semestre de la pandemia, como un 30% de aislación térmica de las casas, la reducción de la movilidad motorizada por motivos de estudio, y el aumento de las compras de alimentos a proximidad del domicilio. Por eso, si bien las variaciones de la huella de carbono por el COVID-19 pueden ser vistas como de efecto temporal, son una oportunidad para el cambio cultural hacia modos de vida más sustentables, a través de medidas que ayuden a la reducción de la huella de los hogares, a la sustentabilidad de las ciudades y en la lucha contra el cambio climático.

El proyecto estudia 4 ciudades del centro-sur de Chile (Figura 1): Coronel, Temuco,¹ Valdivia y Osorno. Un tema central de estas ciudades son las malas condiciones ambientales por su calidad de aire, y por tanto su vulnerabilidad ante el aumento de consultas por enfermedades respiratorias que saturan el sistema de salud de forma regular. En estas ciudades se combinan emisiones de CO₂ más carbono negro, siendo declaradas zonas saturadas por material particulado fino y primeras en baja calidad de aire en Chile y América Latina (IQAir Visual, 2019) e incluso Temuco en 2020 según datos de *Blommers Green* y la ONG *OpenAQ* fue declarada como la ciudad más contaminada del mundo. Estas 4 ciudades han tenido además tasas de contagio altas y periodos de confinamiento largos desde el inicio de la pandemia, siendo impactadas fuertemente por la segunda ola de contagios.

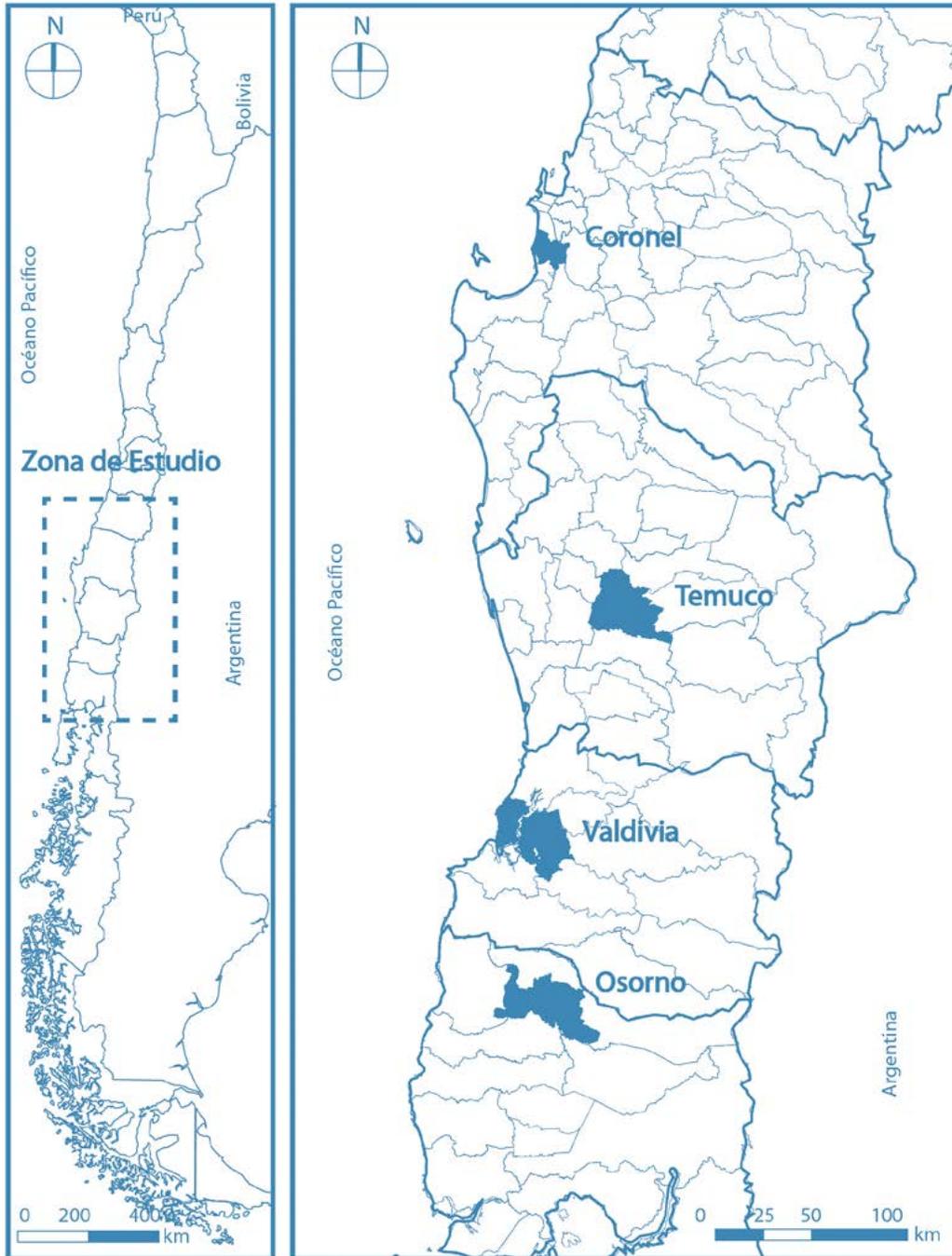
La investigación contempla tres instrumentos de levantamiento de información, los cuales han sido aplicados en su totalidad en abril de 2021: un instrumento cuantitativo (Encuesta Huella de Carbono en dos tiempos, invierno y verano) y dos instrumentos cualitativos (entrevistas semi-estructuradas y *focus group* con actores relevantes a nivel local, regional y nacional, del sector público, privado y de la sociedad civil).

Los resultados de las entrevistas y del *focus group* darán lugar a un documento específico de políticas públicas, por lo cual no se incluyen en este reporte. Este documento de trabajo se enfoca en los resultados de las encuestas a hogares que permiten estimar el cálculo de la Huella de Carbono de energía y transporte en los tiempos de medición. Es una encuesta de carácter longitudinal y busca seguir la misma cohorte y comparar los patrones de consumo en el contexto de la pandemia entre el invierno de 2020 y el verano de 2021, además de consultar sobre situaciones previas relacionadas al invierno 2019. Los resultados de este reporte representan las encuestas estacionales, las cuales han sido aplicadas a 1.200 hogares en cada una de las estaciones (2.400 encuestas al total). Estos 1.200 hogares por estación, se distribuyen homogéneamente en las cuatro ciudades en estudio, con una muestra de 300 hogares por ciudad.

En las siguientes páginas, el documento de trabajo presenta la situación sanitaria de los casos de estudios hasta abril de 2021, las tendencias en consumo energético en relación con los GSE, las estimaciones de la huella de carbono de energía, las tendencias en movilidad, las estimaciones de la huella de carbono de movilidad y los cambios entre temporadas de medición.

¹ Nos referimos al Gran Temuco, el cual contempla las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Todas las estadísticas presentadas en este trabajo abarcan ambas comunas.

Figura 1 | Ubicación de las ciudades en estudio.



Fuente: Elaboración propia.

SITUACIÓN CASOS DE ESTUDIO

Las ciudades en estudio se emplazan en la zona centro sur del país, y las cuatro se encuentran dentro de los 20 asentamientos urbanos más importante del país. Sin embargo, sus dinámicas urbanas son relativamente diferentes. Si bien la ciudad de Coronel es la menos poblada de las cuatro (Tabla 1), está integrada funcionalmente al área metropolitana de Concepción, así como también con las ciudades vecinas de San Pedro de la Paz y Lota (Rojas et al., 2009). La ciudad de Temuco, la cual es la más poblada de las cuatro, es una conurbación entre las comunas de Temuco y Padre de Las Casas, y es un nodo articulador de trabajo y estudios para la Región de la Araucanía, de la cual es su capital (Salazar et al., 2017). Por su parte, las ciudades de Osorno y Valdivia presentan estadísticas demográficas similares, y son articuladoras de otros asentamientos urbanos menores. En ese contexto, Valdivia articula la Región de los Ríos, de la cual es capital, mientras que Osorno la Provincia de Osorno, de la cual es capital, así como también tiene una interacción importante con la Provincia de Llanquihue y su capital Puerto Montt.

Tabla 1 | Estadísticas demográficas de las ciudades de estudio.

| | CORONEL | TEMUCO | VALDIVIA | OSORNO |
|---------------------|---------|---------------------------|----------|---------|
| Población (hab.) | 116.262 | 342.488 | 166.080 | 161.460 |
| Cantidad de hogares | 36.620 | 117.911 | 54.927 | 54.391 |
| Tasa de pobreza (%) | 15,79 | 18,97 /44,71 ² | 15,53 | 20,27 |

Fuente: Censo 2017 para Población y Cantidad de hogares, y CASEN 2015 para Tasa de pobreza.

Los efectos de la pandemia del COVID 19 han sido relevantes para estas ciudades y sus regiones, lo que puede ser observado en las Figuras 2 y 3. Las cuatro regiones en que se emplazan estas ciudades muestran una tendencia creciente en la cantidad de casos confirmados, pero con momentos de auge y estabilización diferenciados. En la Figura 2 se puede apreciar que una etapa importante en el alza se da desde mediados de junio, con una marcada alza en las regiones de Biobío y Los Lagos, la que tendió a equipararse con las regiones de Araucanía y Los Ríos en el mes de octubre. Esta alza tuvo un correlato en la aplicación de medidas sanitarias de circulación restringida para las cuatro ciudades en estudio a partir del mes de septiembre, coincidiendo las cuatro en cuarentena entre el final de octubre y mediados de noviembre. Cabe señalar que en este periodo se aplica la primera campaña de encuestas del estudio.

Se puede observar un pronunciado episodio en el alza de contagios por cada 100.000 habitantes para las regiones de Los Lagos y Los Ríos entre los meses de enero y febrero, el cual también se puede observar en Biobío y Araucanía, pero de forma menos pronunciada. En este periodo, las cuatro ciudades vuelven a coincidir en etapa de cuarentena. Paralelamente, en esta etapa se aplica la segunda campaña de encuestas del estudio. A pesar de la baja, en el caso de Los Lagos y Los Ríos, o estabilización, en el caso de La Araucanía y

2 El primero corresponde a Temuco y el segundo a Padre Las Casas.

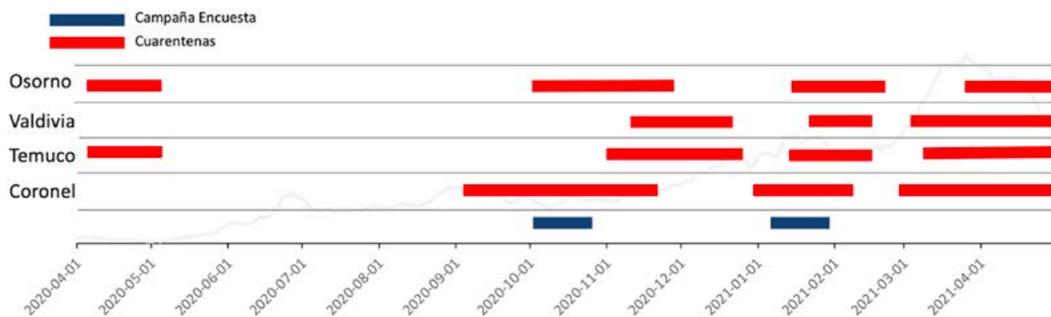
Biobío, en el número de casos confirmados a inicios del mes de marzo, se observa una nueva alza a partir de esa fecha. Esta nueva alza, la cual es extensiva para las cuatro regiones, coincide con el final del principal mes de vacaciones del país (febrero). Cabe mencionar que, durante los meses de enero y febrero, era posible solicitar permisos de vacaciones para desplazarse desde y hacia comunas que no estuvieran en cuarentena, lo que dinamizó la movilidad inter regional en el país. Esta alza, la cual es más pronunciada en Los Ríos, La Araucanía y Biobío, fue acompañada nuevamente por medidas sanitarias restrictivas, por lo cual las cuatro ciudades en estudio se encuentran nuevamente en cuarentena desde inicios de marzo.

Figura 2 | Casos positivos de COVID 19 confirmados por cada 100.000 habitantes para regiones seleccionadas.



Fuente: <https://www.gob.cl/coronavirus/cifraregiosoficiales/>

Figura 3 | Cuarentenas para las ciudades seleccionadas.



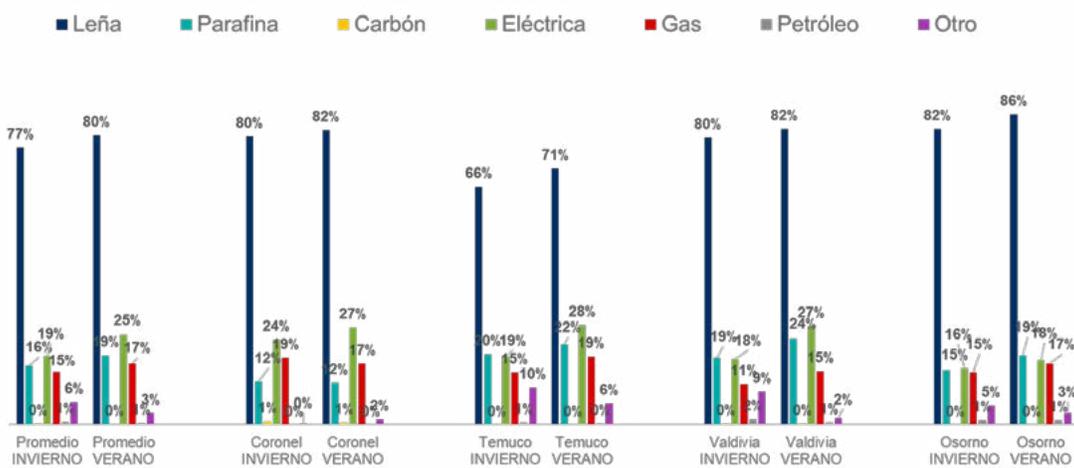
Fuente: Elaboración propia en base a revisiones de prensa.³

³ Todas las cuarentenas son decretadas por el Ministerio de Salud, salvo la primera de Coronel que fue decretada por la alcaldía.

TENDENCIAS EN CONSUMO ENERGÉTICO

La Figura 4 contextualiza los medios de calefacción prioritarios reportados en ambas mediciones. Se puede observar una predominancia clara de la calefacción a leña en todas las ciudades. Este medio es complementado con otros tipos, como por ejemplo la parafina, la electricidad y el gas licuado. Temuco es la ciudad en que los medios de calefacción alternativos a la leña tienen mayor relevancia, particularmente la parafina y la electricidad. Si bien la cantidad de hogares que reportan usar estos medios es similar a Coronel y Valdivia, la relevancia radica en que en esta ciudad un porcentaje menor de hogares reportó usar leña. En contrapartida, Osorno es la ciudad en que la mayor cantidad de hogares reportaron uso de leña para calefacción, así como también los medios alternativos son menormente reportados.

Figura 4 | Tipos de calefacción reportados por hogar en ambas campañas.

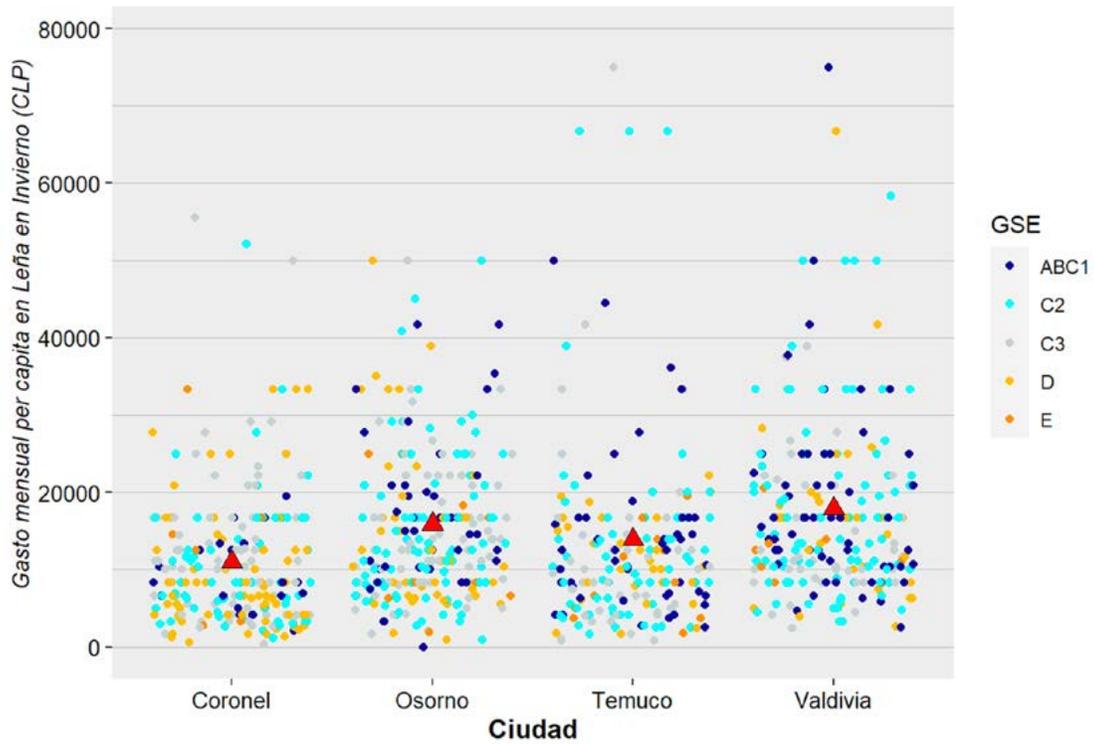


Fuente: Elaboración propia.

Las dos campañas de encuesta permitieron estimar las diferencias en las dinámicas de consumo entre invierno y verano, las cuales son particularmente relevantes para las ciudades de la zona centro sur del país. En esta sección se examinan los tres principales medios de calefacción para las ciudades en estudio (leña, electricidad y gas licuado), con la finalidad de dimensionar las diferencias entre temporadas, ciudades y niveles socioeconómicos. Las Figuras 5 y 6 contrastan el consumo per cápita de leña en pesos chilenos (CLP) es decir gasto leña invierno *6/habitantes del hogar, para las cuatro ciudades entre verano e invierno, en las que además se puede distinguir por el nivel socioeconómico de los hogares. En las gráficas, cada punto representa un hogar, y la menor cantidad de puntos en verano se debe a que múltiples hogares reportaron que no gastaron en este combustible en ese periodo. En primer lugar, se puede observar que el gasto promedio de leña por hogar fue más alto en las ciudades de Osorno y Valdivia, en las que el promedio fue cercano a

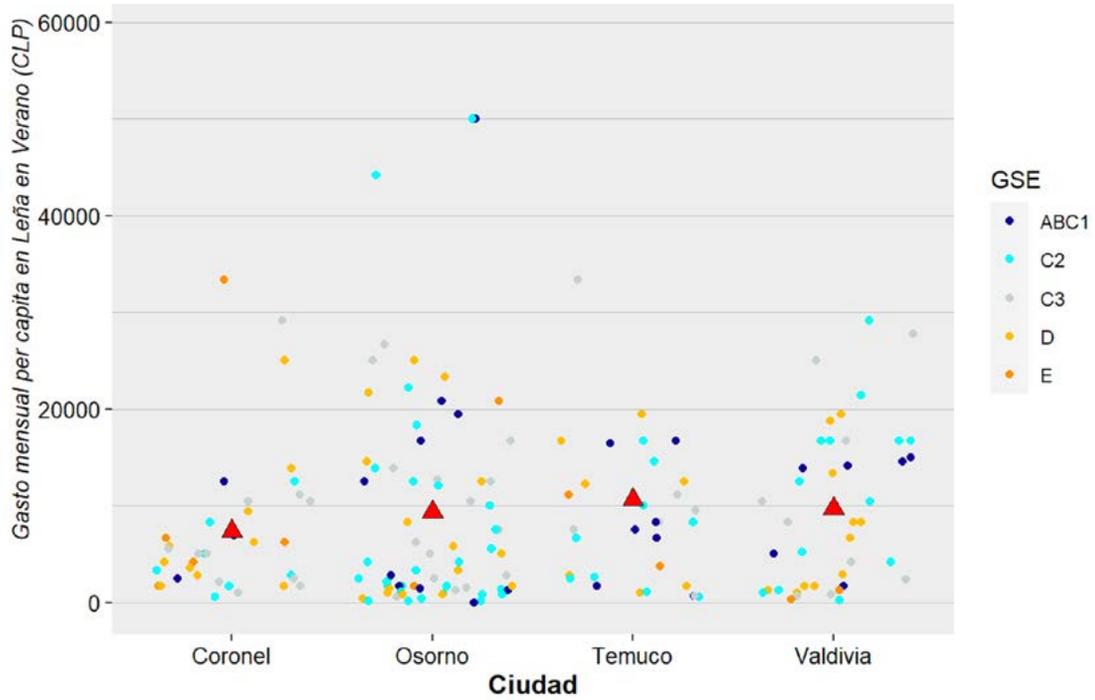
\$18.000. Esto se contrasta con los hogares de Coronel, los cuales gastaron en promedio aproximadamente \$12.000. Si bien no se puede apreciar una diferencia significativa entre grupos socioeconómicos, los grupos altos (ABC1 y C2) tienen una diferencia aproximada de \$2.000 con los otros grupos socioeconómicos. Si bien la tendencia entre ciudades y grupos socioeconómicos se mantiene para el verano, la cantidad de hogares que reportan gastos en leña se reduce considerablemente, lo que se asocia a que las necesidades de calefacción en este periodo son considerablemente menores que en invierno.

Figura 5 | Gasto mensual per cápita en leña invierno.



Fuente: Elaboración propia.

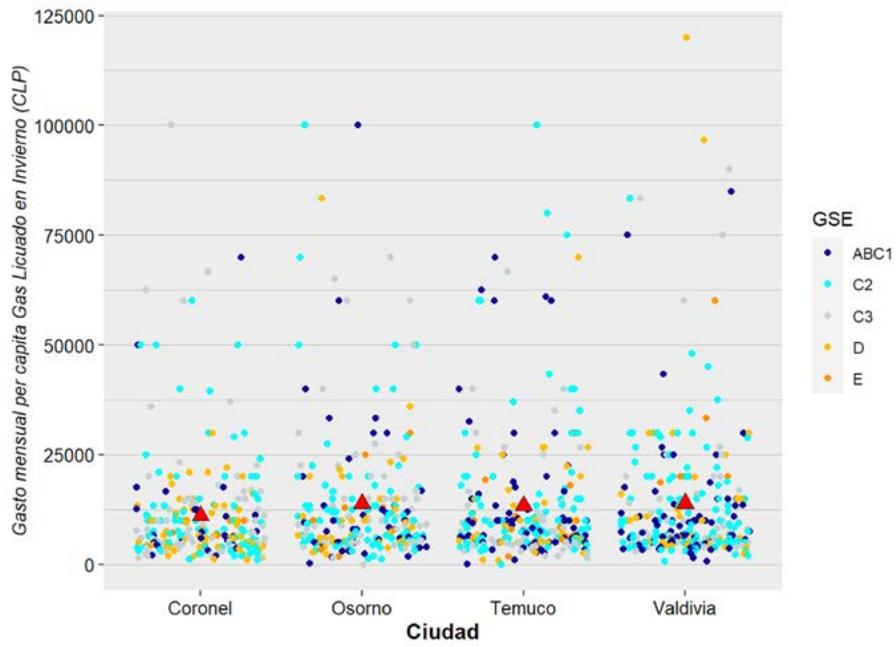
Figura 6 | Gasto mensual per cápita en leña verano.



Fuente: Elaboración propia.

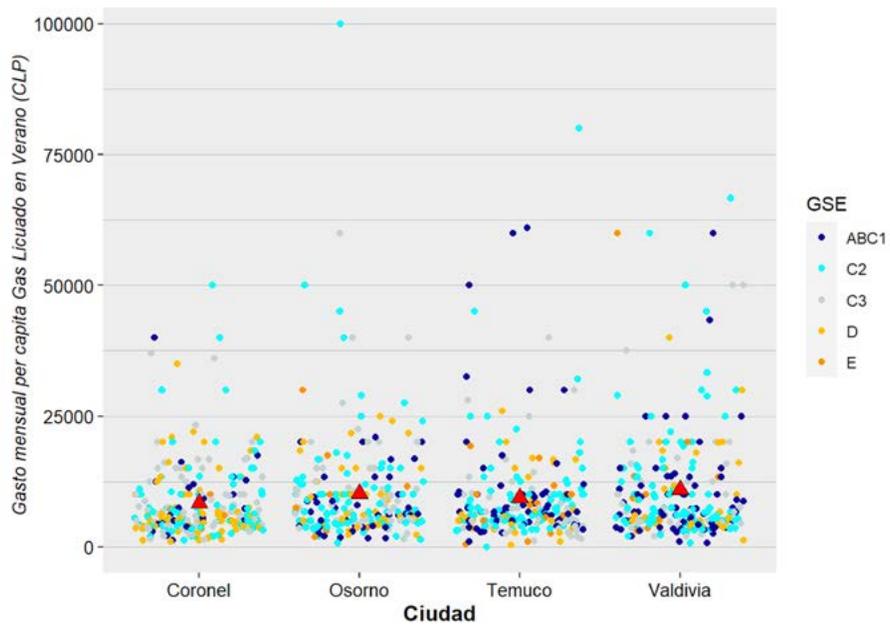
A diferencia de la leña, el gas licuado (Figuras 7 y 8) tiene una relevancia considerablemente menor para propósitos de calefacción en las ciudades en estudio. Sin embargo, el gas licuado es relevante para otros usos domésticos, como por ejemplo cocina y otros usos sanitarios y del cual se ha observado un considerable aumento en invierno. Por este motivo, a diferencia del gas natural, se puede observar una mayor constancia en la cantidad de hogares que reportan uso de gas licuado entre verano e invierno respecto a la leña. Para el periodo de invierno, no se observan diferencias significativas entre ciudades y niveles socioeconómicos, con un gasto promedio mensual cercano a los \$12.500. Las ciudades de Osorno y Valdivia muestran gastos ligeramente más elevados que los de Coronel y Temuco. Este patrón se repite en verano, pero con promedios menores, oscilando cerca de los \$10.000, y con mayor diferencia entre las ciudades de Valdivia y Coronel.

Figura 7 | Gasto mensual per cápita en gas licuado invierno.



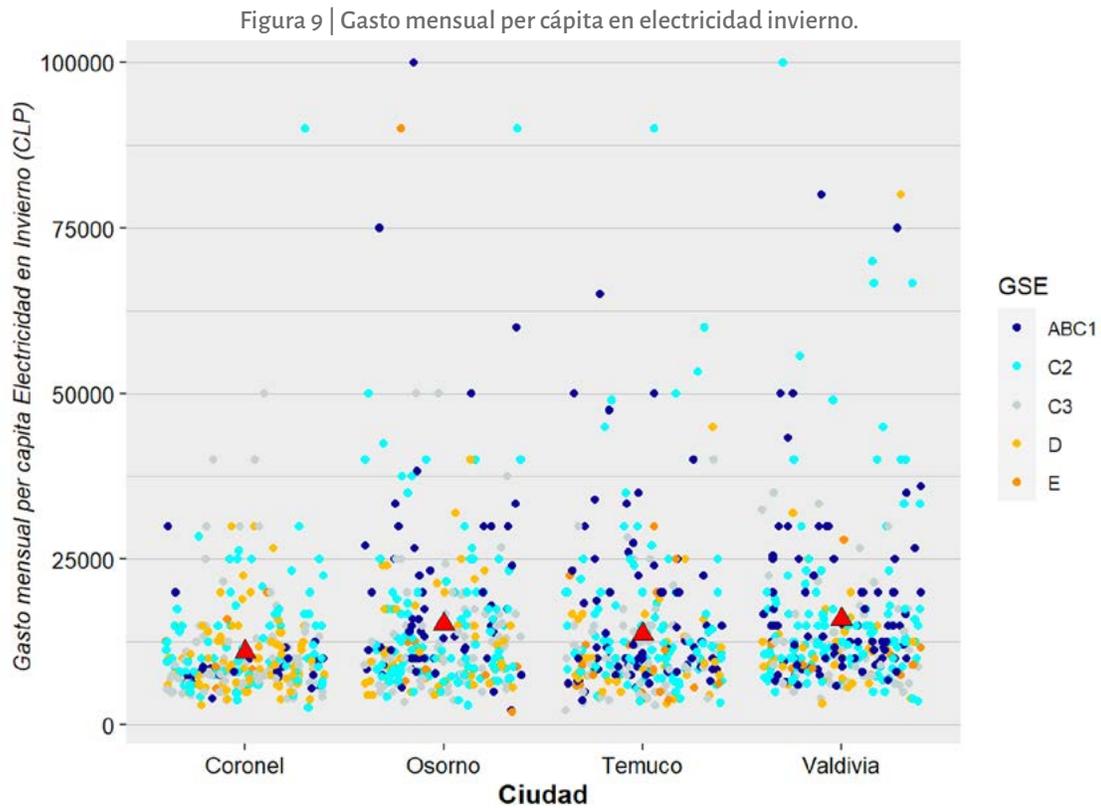
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8 | Gasto mensual per cápita en gas licuado verano.



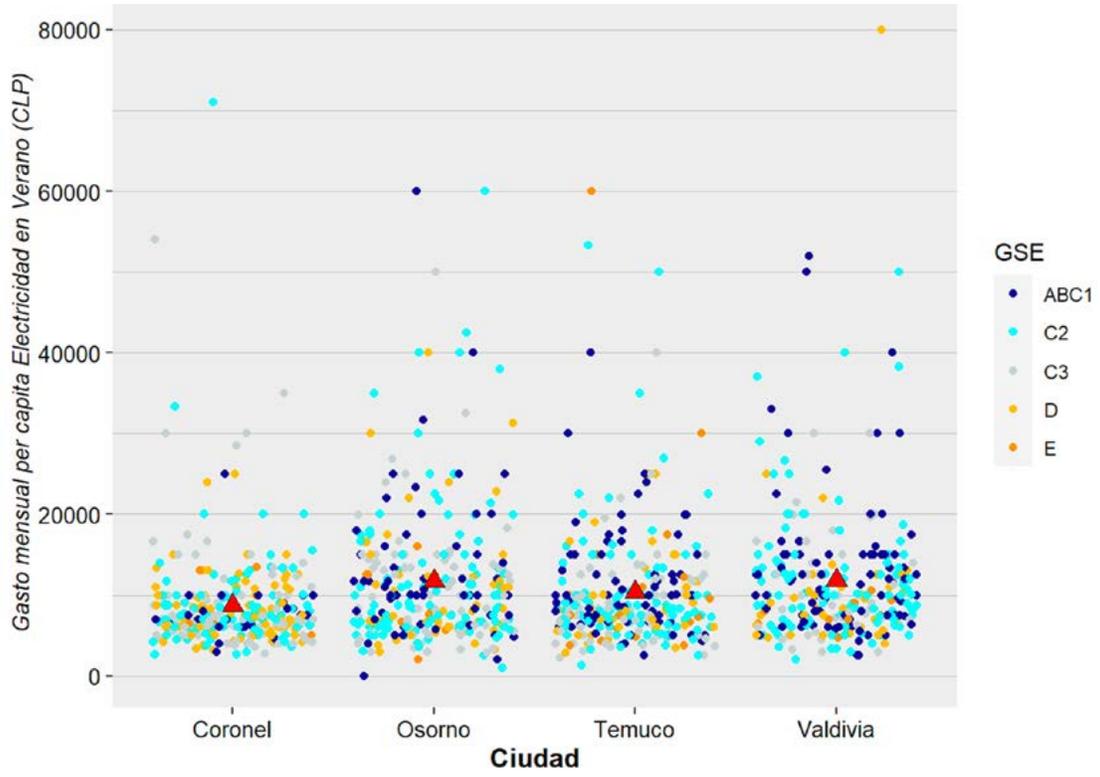
Fuente: Elaboración propia.

El consumo de electricidad (Figuras 9 y 10) es el que muestra mayor estabilidad entre verano e invierno. Esto se puede entender en la medida que la electricidad se usa marginalmente para calefacción, por lo cual el efecto estacional es marginal. De ese modo, el gasto mensual per cápita promedio en invierno fue cercano a los \$13.000, y en verano este osciló en torno a los \$10.000. Si bien esta diferencia no puede ser asociada a la calefacción, sí se puede asociar al aumento en las horas de luz en verano. La diferencia entre niveles socioeconómicos fue más marcada en invierno, en donde el grupo ABC1 tuvo un gasto promedio cercano a los \$15.000, mientras que los grupos C3 y D lo hicieron en torno a los \$12.000. Esta diferencia se redujo en invierno, en tanto todos los grupos estuvieron cercanos a los \$10.000, a excepción del ABC1 que lo hizo en torno a los \$11.000. Las diferencias entre ciudades replican el patrón descrito para el gas licuado, en tanto se observa ligeramente un mayor consumo en Osorno y Valdivia, en comparación con Coronel y Temuco.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 | Gasto mensual per cápita en electricidad verano.



Fuente: Elaboración propia.

ESTIMACIONES HUELLA DE CARBONO CALEFACCIÓN

Las estimaciones de huella de carbono en ciudades de escala media, se basan en una experiencia previa de análisis para la ciudad de Concepción (Muñiz & Rojas, 2019; Muñiz et al., 2016), cuyo cuestionario se realizó de forma presencial y del cual se adaptaron preguntas relacionadas a los consumos energéticos y aptitudes de transporte para la nueva encuesta telefónica. En específico, para calcular las emisiones correspondientes al uso de combustibles para calefacción del hogar, se recopiló mediante la encuesta los datos del gasto (en pesos chilenos) de los 1.200 hogares en cada estación y se usaron factores de conversión y factores de emisión según el IPCC. Se consultó el consumo en calefacción como promedio de tres momentos temporales, el considerado T₀ correspondiente a los meses de invierno de 2019 antes de la pandemia, el cual en promedio por hogar es de \$240.182, el considerado T₁ correspondiente a los meses de invierno de 2020, el cual es de \$267.619, y el considerado T₂ correspondiente a los meses de verano del año 2021, el cual es de \$32.291.

En invierno se había registrado un impacto importante por la combustión de combustible que representaba gran parte de la huella de los hogares, aunque los aumentos entre T₀ y T₁ fueron entre el 13% y el 33%, siendo Valdivia la que más aumentó. En el verano, se observa una disminución importante (del orden de un -80%) del uso de calefacción en los meses de verano, si bien en las 4 ciudades, en especial en Valdivia y Osorno se mantiene un uso mínimo frecuente. Sigue destacando el uso de leña (seca y húmeda) como combustible principal para calefacción en los hogares, y en menor medida el uso de gas y parafina como combustibles secundarios.

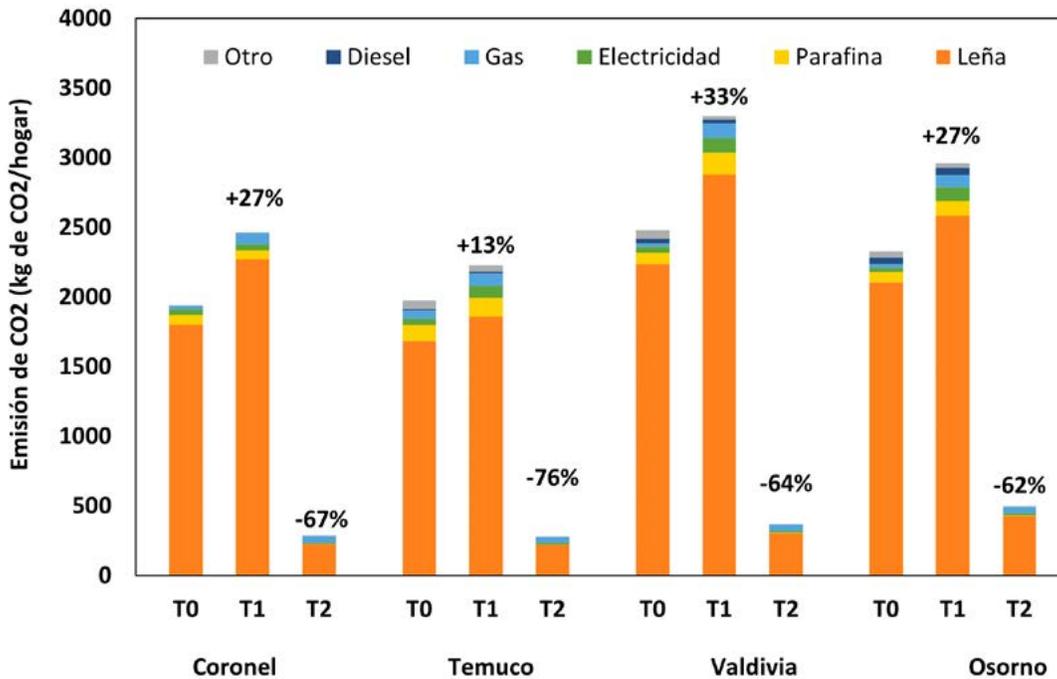
En cuanto a las emisiones promedio en invierno 2020, Valdivia es la ciudad con más emisiones totales, con 3.296 kg de CO₂/hogar. En cuanto a las emisiones promedio en verano 2021, es destacable las correspondientes a Osorno, con 498 kg de CO₂/hogar (Tabla 2 y Figura 11). Se confirma, entonces, la reducción del uso de calefacción por efectos de la temperatura del verano, aunque esta vez se pregunta directamente la cantidad de meses que usa la calefacción, para la cual obtenemos 5 meses en el caso de Coronel, 6,5 meses en Temuco, 7,5 meses en Valdivia y 7,7, prácticamente 8 meses en Osorno, siendo uno de los consumos principales del hogar. Los resultados se exponen en la Tabla 2.

Tabla 2 | Emisiones (kgCO₂/hogar) por calefacción para las ciudades de estudio en tres periodos distintos.

| | T ₀ (INVIERNO 2019) | T ₁ (INVIERNO 2020) (CAMBIO CON T ₀) | T ₂ (VERANO 2021) (CAMBIO CON T ₀) |
|----------|--------------------------------|---|---|
| Coronel | 1.940 kg CO ₂ | 2.467 kg CO ₂ (+27%) | 283 kg CO ₂ (-67%) |
| Temuco | 1.974 kg CO ₂ | 279 kg CO ₂ (+13%) | 2.228 kg CO ₂ (-76%) |
| Valdivia | 2.476 kg CO ₂ | 3.296 kg CO ₂ (+33%) | 366 kg CO ₂ (-64%) |
| Osorno | 2.324 kg CO ₂ | 2.959 kg CO ₂ (+27%) | 498 kg CO ₂ (-62%) |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11 | Huella de carbono mensual correspondiente al uso de calefacción
(T0: marzo 2020, T1: invierno 2020, T2: Verano 2021).



Fuente: Elaboración propia.

ESTIMACIONES HUELLA DE CARBONO ENERGÍA

Para calcular las emisiones correspondientes al consumo eléctrico para otros usos diferentes a calefaccionar el hogar, así como el uso de gas para otros usos diferentes a la calefacción, es decir para la demanda energética (cocina, agua caliente, aparatos eléctricos e iluminación del hogar), se recopilieron datos del gasto (en pesos chilenos) de los 1.200 hogares en cada estación y se usaron factores de conversión y factores de emisión según el IPCC. Se consultó el consumo eléctrico y el uso de gas como promedio de tres momentos temporales, el considerado T0 correspondiente al mes de marzo de 2020 pre-pandemia, los cuales en promedio son \$37.280 y \$30.641 respectivamente, el considerado T1 correspondiente a los meses de invierno de 2020, el cual en promedio en electricidad fue de \$52.945 y \$40.492, y el considerado T2 correspondiente a los meses de verano del año 2021, cuyo promedio en electricidad fue de \$29.992 y de gas \$25.738. Las Tablas 3 y 4 y la Figura 12 resumen los resultados.

En los meses de invierno 2020 se reportaron alzas en la huella por electricidad y gas respecto al mes de marzo 2020, siendo más significativo el aumento por el gas, sobre todo en Coronel (+35%), y en electricidad en Temuco (+55%). En el momento T2, se observa una disminución en el consumo eléctrico en las 4 ciudades de estudio del orden de un -5%, siendo el más destacado el caso de Valdivia, con un -9% con

respecto al mes de marzo 2020 antes de la pandemia. Más variable es la disminución del uso de gas para usos diferentes, por ejemplo, la cocina y el agua caliente, el cual varía del orden de -10% para las ciudades de Osorno y Temuco, un -25% en Valdivia y de hasta un -28% para la ciudad de Coronel. Los valores de emisiones de CO₂ son mucho menores que los correspondientes a calefacción en cuanto al total de emisiones de los hogares, porque son valores mensuales mientras que los segundos son valores por temporada (invierno/verano). Es interesante destacar que el fuerte aumento de consumo de electricidad y gas para otros usos que la calefacción, debido al confinamiento, observado entre marzo 2020 y los meses de invierno 2020 (entre T₀ y T₁), probablemente impide una mayor disminución que la observada entre los meses de invierno y verano (entre T₁ y T₂), que podría haber ocurrido sin medidas de confinamiento en verano.

Tabla 3 | Emisiones mensuales (kgCO₂/hogar) por consumo eléctrico para las ciudades de estudio en tres periodos distintos

| | Emisiones consumo eléctrico para otros usos que la calefacción | | |
|----------|--|--|--|
| | T ₀ (MARZO 2020) | T ₁ (INVIERNO 2020) (CAMBIO CON T ₀) | T ₂ (VERANO 2021) (CAMBIO CON T ₀) |
| Coronel | 82,7 kg CO ₂ | 112,1 kg CO ₂ (+35%) | 85,9 kg CO ₂ (+4%) |
| Temuco | 95,2 kg CO ₂ | 119,3 kg CO ₂ (+25%) | 88,3 kg CO ₂ (-7%) |
| Valdivia | 111,2 kg CO ₂ | 140,7 kg CO ₂ (+26%) | 101,7 kg CO ₂ (-9%) |
| Osorno | 110,7 kg CO ₂ | 138,2 kg CO ₂ (+25%) | 100,9 kg CO ₂ (-9%) |

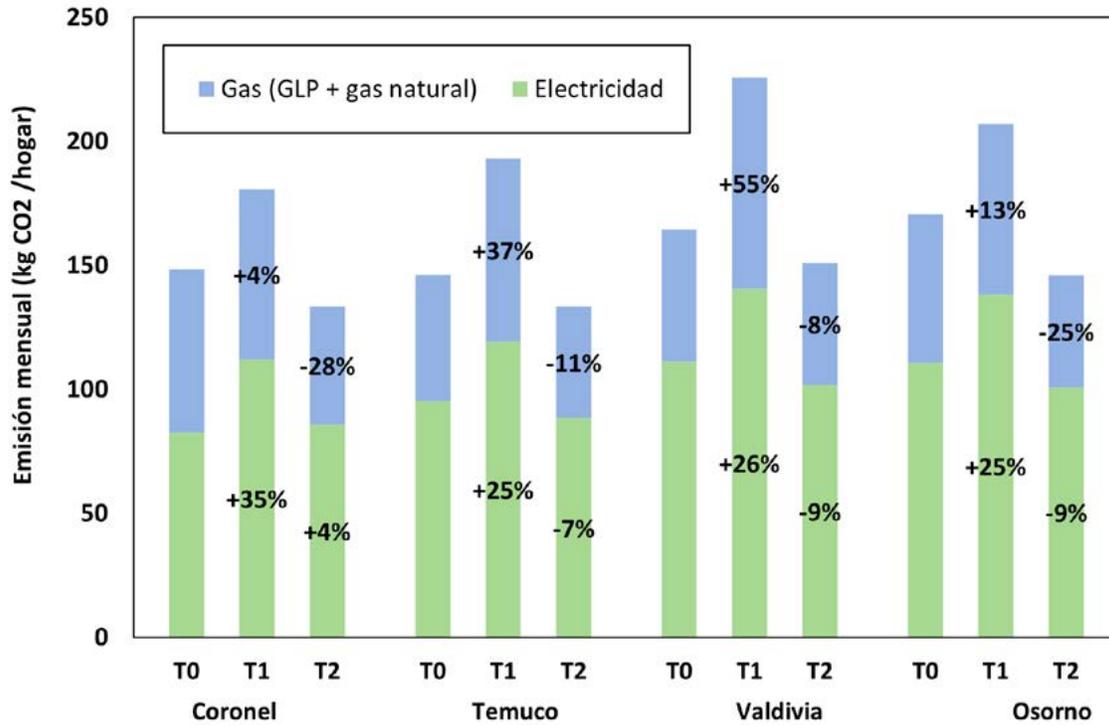
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4 | Emisiones mensuales (kg CO₂/hogar) por consumo de gas para las ciudades de estudio en dos periodos distintos.

| | Emisiones consumo gas para otros usos que la calefacción | | |
|----------|--|--|--|
| | T ₀ (MARZO 2020) | T ₁ (INVIERNO 2020) (CAMBIO CON T ₀) | T ₂ (VERANO 2021) (CAMBIO CON T ₀) |
| Coronel | 65,6 kg CO ₂ | 68,7 kg CO ₂ (+4%) | 47,5 kg CO ₂ (-28%) |
| Temuco | 51,1 kg CO ₂ | 73,7 kg CO ₂ (+37%) | 45,3 kg CO ₂ (-11%) |
| Valdivia | 53,4 kg CO ₂ | 85,1 kg CO ₂ (+55%) | 49,2 kg CO ₂ (-8%) |
| Osorno | 59,8 kg CO ₂ | 68,9 kg CO ₂ (+13%) | 45,0 kg CO ₂ (-25%) |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 | Huella de carbono mensual correspondiente al uso de gas y electricidad para otros usos que la calefacción en tres periodos distintos (T0: promedio marzo 2020, T1: promedio mes invierno 2020, T2: promedio mes verano 2021).



Fuente: Elaboración propia.

ESTIMACIONES HUELLA DE CARBONO DE TRANSPORTE

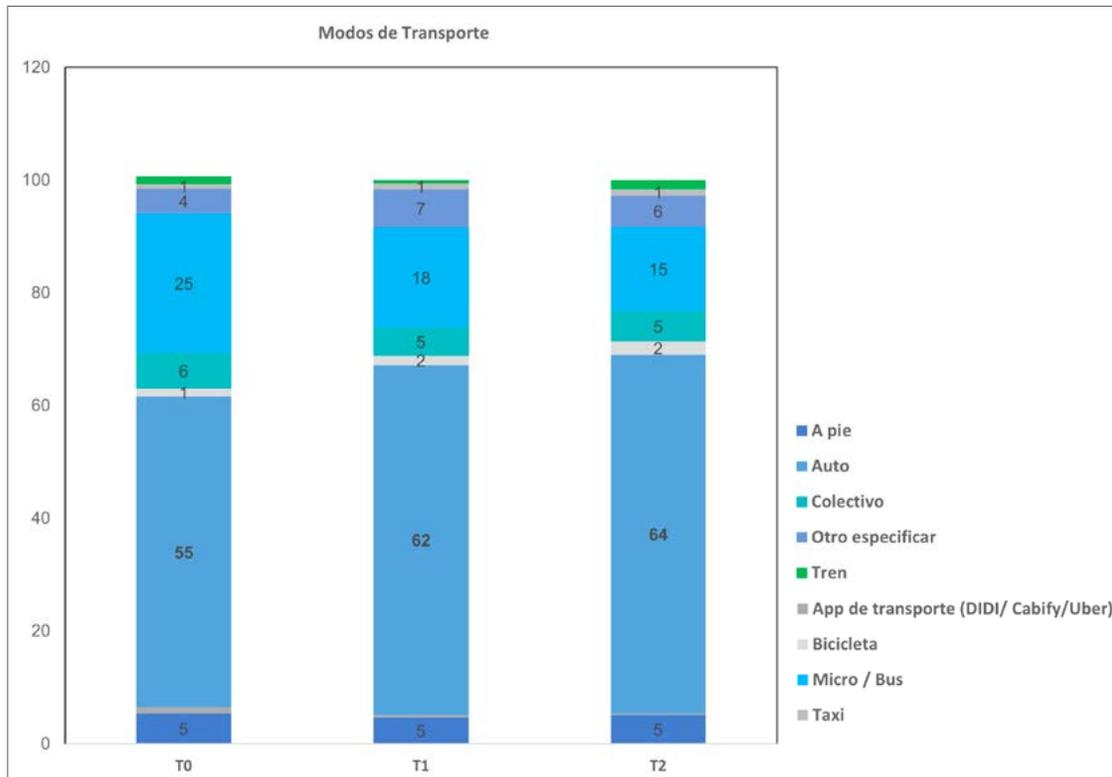
Para calcular el impacto ambiental relacionado con el uso de transporte, la encuesta consultó respecto de los desplazamientos a los lugares de trabajo y de estudio (movilidad obligada). Al ser ciudades de escala media, existe una alta tenencia de automóvil con una presencia de un 75% en ambos tiempos de medición, de los cuales el 70% son a gasolina, con un gasto promedio por hogar superior a 76 mil pesos en invierno y a los 56 mil en verano. Los consumos de gasolina por ciudad son más altos en Osorno, superando los 100 mil pesos en invierno y los 65 mil en verano, sigue Valdivia que presenta mayores consumos en invierno por sobre los 93 mil pesos. Coronel es la ciudad con menor consumo de gasolina, casi 50 mil en invierno, aunque aumenta en verano a más de 60 mil; tendencia similar ocurre en Temuco.

En el caso de la huella relacionada con el uso de transporte se usó información per cápita, en base a los viajes diarios que realizan las personas encuestadas, el(los) tipo(s) de transporte que usan y la distancia que recorren. Al respecto se comprueba que se reduce la movilidad obligada por trabajo. Antes de la pandemia 1.880 personas de los 1.200 hogares se desplazaban para trabajar, en invierno lo hicieron 1.129,

mostrándose una disminución de un 36%. Era esperable una reducción más drástica de la movilidad, representando la primera etapa de la pandemia por efecto del teletrabajo y las cuarentenas u otras restricciones. En verano se desplazaron 1.244 personas con una reducción del 33% respecto de marzo 2020, presentándose un leve aumento desde el invierno.

Respecto a los modos de transporte para acceder al trabajo, según las tendencias nacionales es previsible una disminución del transporte público. Quienes hacen viajes por trabajo se destaca la preponderancia del automóvil con un 55%, seguido por el microbús o transporte público con un 25%, seguidos por a pie y colectivo ambos con un 6%. Durante el invierno, un 62% lo hizo en automóvil y un 18% en microbús, 5% a pie y también 5% en colectivo. En verano, aumenta la movilidad en un 10% respecto del invierno, el 64% en automóvil y 15% en microbús, por tanto, se comprueba su disminución. En consecuencia, un mayor uso del automóvil en ciudades intermedias es un hecho, siendo el transporte público por microbús el modo más afectado en reducir su participación modal en este tipo de ciudades, lo cual es coherente a lo reportado para grandes ciudades del mundo en artículos de prensa y en investigaciones (Figura 13).

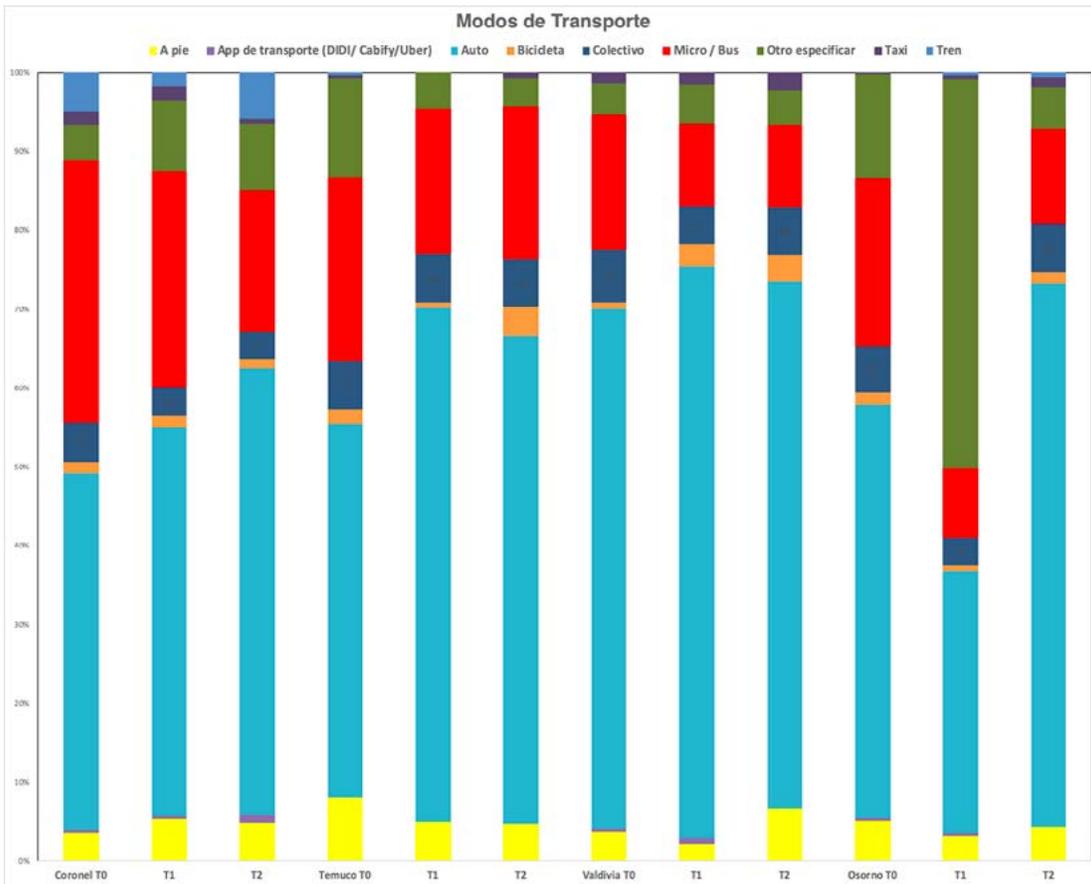
Figura 13 | Modos de Transporte, usos en los tres tiempos de análisis.



Fuente: Elaboración propia.

Las ciudades siguen las tendencias reduciendo la participación del auto en invierno, pero aumentando considerablemente en verano (T2), sobre todo en la ciudad de Valdivia, caminar con excepción de Osorno tiende a subir en el verano y el transporte público tiende a disminuir en menor medida en Coronel y Temuco y con reducciones más relevantes en Osorno y Valdivia (Figura 14). Aplicando los factores de emisión a los modos usados por los usuarios, se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 5.

Figura 14 | Transición de los Modos de Transporte, usos en los tres tiempos de análisis.



Fuente: Elaboración propia.

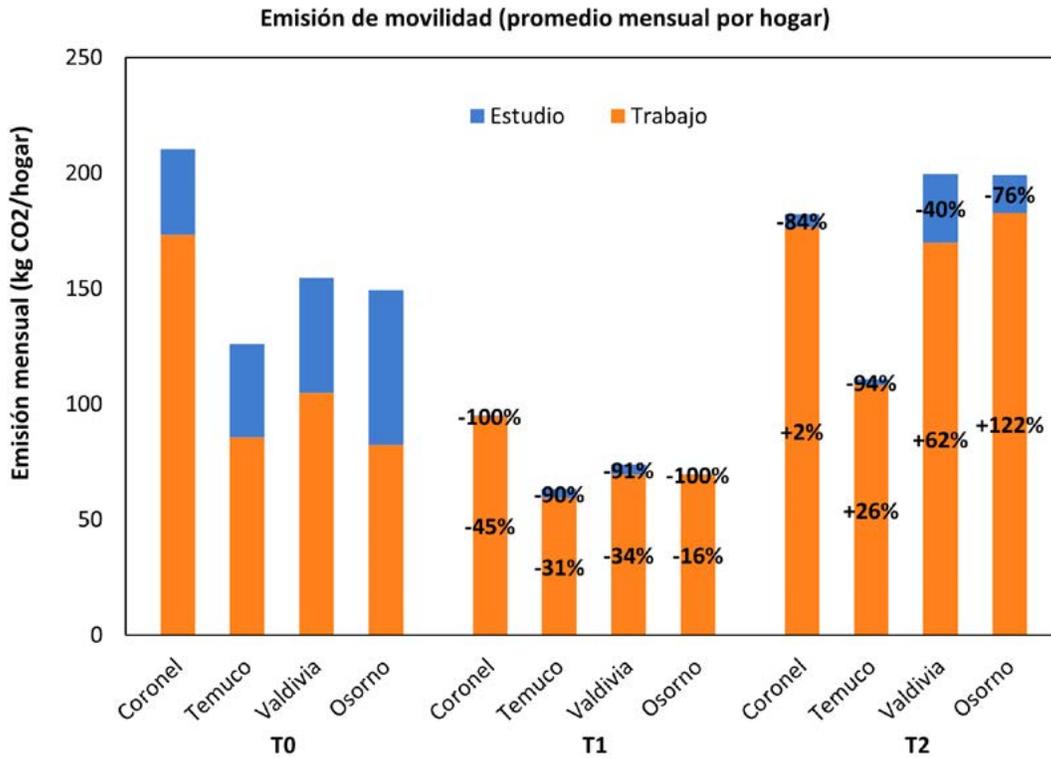
Evidentemente, se produce una baja significativa en más de un 90% por efectos de estudiar en casa, de hecho, en Osorno y en Coronel, la baja en emisiones de kg CO₂-eq/viaje, llega a un 100%. Los datos de huella de transporte para el estudio en el período T2 (verano), indican una reducción de la movilidad de las personas en modos motorizados (reducción del 82% del número de personas desplazándose con modos motorizados entre T0 y T2), por tanto, persisten la baja en emisiones de CO₂ y no llegan a recuperarse al estado pre-pandemia, de hecho, en Valdivia se observa la recuperación más alta (40%). En cuanto al trabajo, no se produce una reducción tan alta o superior al 50%, esto básicamente se debe a que no son ciudades completamente relacionadas con trabajos de servicios o teletrabajo, sino también a las actividades ligadas al sector primario que requieren de un trabajo presencial (industrias). La reducción más alta de emisiones se produce en Coronel (-45%), sigue Valdivia con un -34%, Temuco -31% y bastante menor en Osorno con -16%. En el verano T2 comienzan a recuperarse las emisiones e incluso aumentan respecto de la pre-pandemia, en Coronel el aumento es de un 2%, 26% en Temuco, 62% en Valdivia y en Osorno se duplica con un aumento de 122% (Figura 15 y Tabla 5). Los datos de la encuesta permiten relacionar el aumento de la huella de carbono por un mayor uso de los modos motorizados en el T2 y también por el aumento de las distancias laborales recorridas por los habitantes de los hogares.

Tabla 5 | Huella de carbono mensual (kgCO₂) correspondiente a movilidad
(T0: Promedio mes antes pandemia, T1: promedio mes invierno 2020, T2: promedio mes verano 2021).

| CIUDAD | TRABAJO | | | ESTUDIO | | |
|----------|---------|-----------------------|-----------------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| | T0 | T1 (cambio con T0) | T2 (cambio con T0) | T0 | T1 (cambio con T0) | T2 (cambio con T0) |
| Coronel | 173 | 95 (-45%) | 176 (+2%) | 37 | 0 (-100%) | 6 (-84%) |
| Temuco | 86 | 59 (-31%) | 108 (+26%) | 40 | 4 (-90%) | 2 (-94%) |
| Valdivia | 105 | 69 (-34%) | 170 (+62%) | 50 | 4 (-91%) | 30 (-40%) |
| Osorno | 82 | 69 (-16%) | 183 (+122%) | 67 | 0 (-100%) | 16 (-76%) |
| Total | 446 | 293 (-34%) | 637 (+43%) | 194 | 8 (-96%) | 55 (-72%) |

Fuente: Elaboración propia.

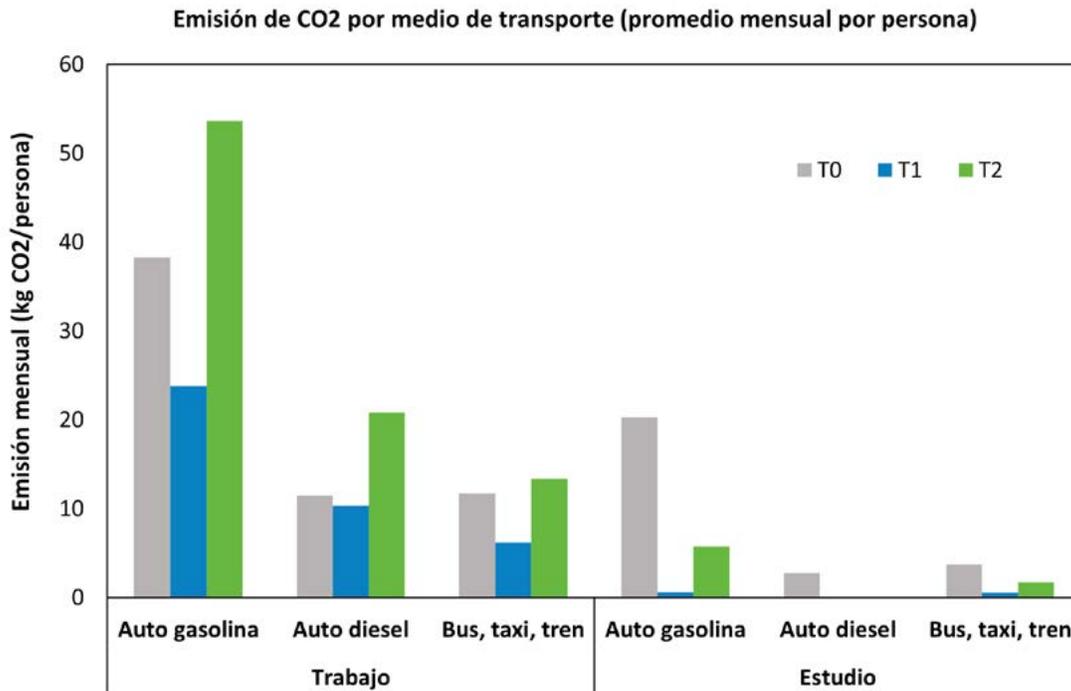
Figura 15 | Huella de carbono mensual correspondiente a movilidad
(T1: promedio mes invierno 2020, T2: promedio mes verano 2021).



Fuente: Elaboración propia.

Por último, se ha visto que existe una tendencia a usar el transporte motorizado en particular el automóvil, al tipo de vehículo igualmente se puede asociar un valor de huella siendo más baja o con menor impacto ambiental el transporte público, ya sea bus, taxi o tren, y más alto en los autos a gasolina con 38 kg CO₂-eq/mes antes de la pandemia, bajando a 24 kg CO₂-eq/mes (Figura 16).

Figura 16 | Huella de carbono para movilidad
(T1: promedio mes invierno 2020, T2: promedio mes verano 2021) según medio de transporte utilizado.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que para las familias y el medio ambiente los impactos negativos de la pandemia se producen principalmente en el invierno, que es cuando el consumo de energía del hogar es más alto. Sin embargo, se observa una considerable disminución de los energéticos en temporada de verano con un impacto ambiental positivo. A su vez, la calefacción se extiende a meses más cálidos, comprobándose una dependencia de la leña en prácticamente el 80% de los hogares, esta es usada al menos durante la mitad del año e incluso en más meses del año, sobre todo en Osorno. El impacto ambiental negativo de los hogares es más significativo en invierno, por tanto, se debe poner atención sobre todo a los consumos de leña y gas, el primero por la contaminación asociada y el segundo por eventual aumento de precios por incremento de la demanda, los cuales serían de mucho impacto para el presupuesto de las familias. Un segundo punto es la aislación térmica, la encuesta muestra que las viviendas son de materiales mixtos y madera, además se conocen antecedentes concretos de pobreza energética que sufren estas ciudades. Entonces, estos resultados adelantan la situación que vivirán los hogares en este invierno 2021, por un lado, es esperable el aumento de eventos de pre-emergencia por el uso de leña y situaciones complejas

de precios para la energía del hogar, sobre todo cuando más del 50% de los hogares ha reportado una baja en ingresos que se ha sostenido en ambos tiempos de medición.

Los resultados de las encuestas y las estimaciones de huella de carbono en calefacción y energía, comprueban que el COVID-19 ha implicado cambios en los comportamientos y en las prácticas de los hogares en relación a la energía. Las familias se han enfrentado al aumento de la demanda energética de sus hogares y al desgaste de sus artefactos, a pesar de la reducción de sus ingresos, asumiendo los costos asociados y desarrollando estrategias adaptativas en tiempos de crisis. El contexto sanitario actual nos parece ser, en este sentido, una oportunidad para acelerar las acciones y políticas públicas para una transición energética de impacto local, con un enfoque en subsidiar los hogares, por ejemplo, en la implementación de aislación térmica y técnicas de renovación que permiten disminuir las pérdidas de calor y la permeabilidad al aire, en la instalación de paneles solares, en el cambio de calefactores, entre otros. Los resultados demuestran que es necesario avanzar en el mejoramiento de la calidad constructiva de las viviendas en términos de eficiencia y rendimiento térmico, en la electrificación de los servicios energéticos domésticos, en el desarrollo de sistemas de generación de electricidad limpia para la descarbonización de la red eléctrica, y en actuar contra la pobreza energética en ciudades del centro-sur de Chile.

Los resultados en huellas de transporte y los patrones de movilidad detectados en pandemia, muestran tendencias preocupantes, en especial desde la perspectiva de la sustentabilidad urbana, y el paradigma de movilidad sustentable que prioriza los modos motorizados o de cero emisiones, en especial para la escala de las ciudades estudiadas. Las encuestas claramente evidencian un aumento significativo de los usos motorizados, en especial a medida que avanza la pandemia el aumento del uso del automóvil se consolida en verano. Entonces, en las ciudades chilenas intermedias estudiadas, que previo a la pandemia ya presentaban tendencias de motorización, es necesario ejecutar acciones que prevengan el aumento de problemas de congestión y de infraestructura de transporte. En estas ciudades se prevé un aumento sostenido de emisiones por mayor uso de modos motorizados en movilidad laboral, e incluso se ha reportado un aumento de las distancias por recorridos laborales. Para los viajes internos de forma sostenible y más bajos en emisión, se requiere con urgencia una reactivación y mejoras de su transporte público en frecuencia y calidad, el cual se está abandonando considerablemente, siendo los microbuses los grandes perjudicados. En este sentido, si bien se ha comprobado que mantener las condiciones sanitarias y de higiene al usar el transporte público reduce el riesgo, la percepción de hacinamiento, limpieza, aglomeración y baja comodidad del transporte público, influyen en su uso. Esto se puede revertir con buenas inversiones que potencien la seguridad del transporte, mejoren la cobertura para aumento de las oportunidades de acceso y mejoren su estándar en calidad para usuarios, con especial énfasis en personas con mayores barreras de movilidad (personas mayores, niños, mujeres, movilidad reducida, otros). Desde los aspectos ambientales para la reducción de la contaminación de aire, el ruido, la comodidad de los usuarios y la potencial baja en las emisiones, todo apunta a potenciar la electro movilidad en regiones con electro corredores, junto a mejorar la participación de viajes no motorizados (caminata y bicicleta) aprovechando la escala de las ciudades, comenzando por los centros urbanos, mejorando las áreas accesibles a estos por su concentración de servicios por ejemplo para compras, ya que el incremento del uso de automóviles producto de la pandemia es independiente al ingreso de los hogares e incluso a su pérdida, por tanto requerirá de inversiones más costosas y a la larga con un mayor impacto ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bao, R., & Zhang, A. (2020). Does lockdown reduce air pollution? Evidence from 44 cities in northern China. *Science of The Total Environment*, 731, 139052. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139052>
- Dantas, G., Siciliano, B., França, B. B., da Silva, C. M., & Arbilla, G. (2020). The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Science of The Total Environment*, 729, 139085. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139085>
- IQAir Visual. (2019). *World Air Quality Report Region & City PM 2.5 Ranking*. <https://www.iqair.com/>
- Mahato, S., Pal, S., & Ghosh, K. G. (2020). Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India. *Science of The Total Environment*, 730, 139086. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139086>
- Ministerio de Energía. (2018). *Usos de energía de los hogares de Chile 2018. Informe Final de usos de la energía de los hogares Chile 2018*. In Data. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf
- Muhammad, S., Long, X., & Salman, M. (2020). COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Science of The Total Environment*, 728, 138820. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138820>
- Muñiz, I., Rojas, C., Busuldu, C., García, A., Filipe, M., & Quintana, M. (2016). Forma urbana y huella ecológica en el Área Metropolitana de Concepción (Chile). *EURE*, 42(127), 209-229. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000300009>
- Muñiz, I., & Rojas, C. (2019). Urban form and spatial structure as determinants of per capita greenhouse gas emissions considering possible endogeneity and compensation behaviors. *Environmental Impact Assessment Review*, 76, 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.02.002>
- NDC. (2020). *Contribución determinada a nivel nacional NDC Chile*. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf
- Nižetić, S. (2020). Impact of coronavirus (COVID-19) pandemic on air transport mobility, energy, and environment: A case study. *International Journal of Energy Research*, 44(13), 10953-10961. <https://doi.org/10.1002/er.5706>
- Rojas, C., Muñiz, I., & García-López, M. (2009). Estructura urbana y policentrismo en el Área Metropolitana de Concepción. *EURE*, 35(105), 47-70. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612009000200003>
- Rugani, B., & Caro, D. (2020). Impact of COVID-19 outbreak measures of lockdown on the Italian Carbon Footprint. *Science of The Total Environment*, 737, 139806. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139806>
- Salazar, G., Irrarrázaval, F., & Fonck, M. (2017). Ciudades intermedias y gobiernos locales: desfases escalares en la Región de La Araucanía, Chile. *EURE*, 43(130), 161-184. <http://dx.doi.org/10.4067/s0250-71612017000300161>
- Toro A., R., Catalán, F., Urdanivia, F. R., Rojas, J. P., Manzano, C. A., Seguel, R., Gallardo, L., Osses, M., Pantoja, N., & Leiva-Guzman, M. A. (2021). Air pollution and COVID-19 lockdown in a large South American city: Santiago Metropolitan Area, Chile. *Urban Climate*, 36, 100803. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100803>

Más información en www.huellacovid.cl

Equipo de trabajo: Carolina Rojas (Directora); Gonzalo Salazar (Director Alterno); Kay Bergamini; Felipe Irrázaval; Caroline Stamm (Investigadores Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales); Bryan Castillo; Christian Curillan; Helen De la Fuente; Patricia Gutiérrez; Cristóbal Lamarca; Carolina Ojeda; Marc Quintana; Joaquín Rivera; Álvaro Román; Benedita Santos; Francois Simon; Paula Villagra (Investigadores en orden alfabético).

Agradecimientos a los investigadores internacionales: Iván Muñiz (Universidad Autónoma de Barcelona); Michael Widener (University of Toronto); Guillem Vich (IS Global).

Agradecimientos a: Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo ANID, Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Centro de Desarrollo Sustentable CEDEUS.





INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS Y TERRITORIALES
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS