

CAF - WORKING PAPER #2023/10

20 de diciembre de 2023

# Medición de las necesidades refrigeración y calefacción en América Latina y el Caribe

Guillermo Alves<sup>1</sup> | Facundo Lurgo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Economista Principal. Dirección de Investigaciones Socioeconómicas. CAF - Banco de desarrollo de América Latina y el Caribe. [galves@caf.com](mailto:galves@caf.com)

<sup>2</sup>Consultor externo. [facundolurgo@gmail.com](mailto:facundolurgo@gmail.com)

Las temperaturas extremas afectan negativamente el aprendizaje, la productividad y la salud. La exposición de las poblaciones a las mismas adquiere especial relevancia debido al cambio climático. El presente trabajo presenta la distribución completa de las necesidades de calefacción y refrigeración presentes y futuras de la población y el territorio de América Latina y el Caribe. Si bien en la región predominan las necesidades de calefacción, dicha distribución completa permite identificar subpoblaciones y territorios con necesidades de refrigeración similares a las de los países fríos de Europa. La distribución completa futura de las necesidades de climatización según la senda socioeconómica compartida del IPCC (SSP2-4.5) revela incrementos del 25 % en el mediano plazo y del 50 % en el largo plazo en las necesidades de refrigeración en los países cálidos, que constituyen la mayoría. Por último, se utiliza la distribución completa de necesidades de refrigeración para estimar la posesión actual y futura de aires acondicionados para todos los países, dato esencial para prever el incremento en la demanda de electricidad y cuyo valor actual se encuentra disponible solo para la mitad de los países.

## PALABRAS CLAVE

Calentamiento global, Temperatura, Aire acondicionado, Hogares

Pequeñas secciones del texto, menores a dos párrafos, pueden ser citadas sin autorización explícita siempre que se cite el presente documento. Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresados en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y de ninguna manera pueden ser atribuidos a CAF, a los miembros de su Directorio Ejecutivo o a los países que ellos representan. CAF no garantiza la exactitud de los datos incluidos en esta publicación y no se hace responsable en ningún aspecto de las consecuencias que resulten de su utilización.

## 1 | INTRODUCCIÓN

Existe abundante evidencia de que la exposición a temperaturas extremas, altas o bajas, tiene consecuencias adversas sobre factores como la educación y el aprendizaje, productividad, salud y mortalidad, o felicidad. [Yang et al. \(2012\)](#) muestran que el frío y calor extremos incrementan el riesgo de mortalidad en 15 % y 20 %, respectivamente, al comparar los percentiles 1-10 y 90-99 de la distribución de temperaturas. Mujeres, ancianos y personas de bajo nivel socioeconómico resultan especialmente vulnerables ([Marí-Dell’Olmo et al., 2019](#)). La ausencia de confort térmico dificulta el aprendizaje en los niños ([Jiang et al., 2018](#)) y reduce sus calificaciones ([Park et al., 2020](#)). La productividad física y mental se ve disminuida en ausencia de una temperatura adecuada en el ambiente de trabajo, con efectos negativos sobre el PIB que se agravan en aquellos sectores intensivos en mano de obra ([Lai et al., 2023](#)). Elevadas temperaturas impactan sobre el bienestar, fomentando emociones negativas como el estrés y el enojo, y reduciendo las positivas como alegría y felicidad ([Noelke et al., 2016](#)).

Los efectos mencionados cobrarán mayor gravedad en vistas de las proyecciones sobre el cambio climático, que involucran el calentamiento global causado por la emisión de gases de efecto invernadero. El incremento en la temperatura global promedio puede situarse en el rango de 1,6-2,4°C, según el comportamiento futuro de estas emisiones ([Calvin et al., 2023](#)). A raíz de esto se incrementará también la frecuencia y duración de olas de calor, sequías, lluvias y huracanes ([Natural Resources Defense Council, 2021](#)). Muchos países de América Latina y el Caribe son especialmente vulnerables al cambio climático debido a que la capacidad de hacer frente a las amenazas climáticas y adaptarse a ellas es menor en las regiones con altos niveles de pobreza y desigualdad, debilidad institucional y bajos niveles de acceso a servicios básicos y capacidades estatales ([Brassiolo et al., 2023](#)).

El presente trabajo provee un diagnóstico de las necesidades energéticas de la población de América Latina y el Caribe (ALC) por motivos de calefacción y refrigeración, que surgen a partir de la exposición al calor y al frío. Combinando datos climatológicos de IPCC y ERA5 con la distribución de la población proveniente de GHSL, se obtuvo la distribución completa de población y necesidades de climatización para todo el territorio de la región. Dicha distribución completa permite trascender diagnósticos que se enfocan solo en las necesidades promedio de los países, y así identificar regiones y subpoblaciones especialmente vulnerables al calor o frío extremos. Además de realizar dicho diagnóstico para la actualidad, el trabajo considera escenarios futuros planteados por el IPCC para elaborar la distribución completa de temperaturas y población en el espacio en el corto, mediano y largo plazo.

Trabajos previos se han enfocado únicamente en el promedio de CDD o HDD, impidiendo la detección de subpoblaciones vulnerables ([Biardeau et al., 2019](#); [Kennard et al., 2022](#); [Miranda et al., 2023](#)). Contar con la distribución completa de necesidades de climatización abre la puerta numerosas aplicaciones, ya que dichas necesidades son clave para decisiones de adquisición de equipos de climatización ([Davis and Gertler, 2015](#); [Isaac and Van Vuuren, 2009](#); [Pavanello et al., 2021](#)) e incluso de elección de un lugar para vivir ([Balsari et al., 2020](#)).

El calentamiento global supone un desafío en términos de adaptación por parte de los hogares. Es por ello que, utilizando la distribución obtenida, en este ejercicio se analiza la asociación que existe entre la adopción de aire acondicionado a nivel residencial, el nivel de ingreso de los hogares y las necesidades de refrigeración.

Este documento se estructura como sigue. En primer lugar, la sección II describe los datos utilizados. Luego, en la sección III se desarrolla la metodología empleada, ilustrando con ejemplos las operaciones geográficas intermedias para llegar al producto final. La sección IV caracteriza los resultados a nivel país, presentando estadísticos resumen de la distribución.

La sección V introduce una aplicación para la distribución obtenida, utilizada para explicar la adopción de aire acondicionado en el hogar. Finalmente, la sección VI concluye y la VII contiene tablas anexas.

## 2 | DATOS

Los insumos requeridos para generar la distribución de la población según sus necesidades de refrigeración y calefacción son datos espaciales sobre temperaturas y población. En relación a los primeros, es necesario contar con información sobre temperaturas con la máxima resolución espacial posible, de modo de captar variaciones en función de la elevación del terreno, la cercanía a los océanos, la presencia de ciudades y otros fenómenos locales. Estos factores afectan a la distribución objetivo de este ejercicio y su efecto no podría ser captado en caso de trabajar con medidas de temperaturas más agregadas, por ejemplo, a nivel país o de grandes regiones.

Los datos principales de temperaturas utilizadas en el presente trabajo provienen del Atlas Interactivo del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su nombre en inglés) (IPCC, 2021). La elección de esta plataforma frente a otras bases globales de temperaturas disponibles se debe a dos características. En primer lugar, la base del Atlas Interactivo del IPCC cubre todo el globo con una resolución razonable de  $1^\circ \times 1^\circ$ , que supone aproximadamente  $110\text{km} \times 110\text{km}$  en el ecuador. La base contiene un conjunto amplio de variables atmosféricas, como temperatura media, mínima y máxima, velocidad del viento, cantidad de precipitaciones y caída de nieve, entre otras. Los datos climáticos históricos y las proyecciones futuras surgen de una serie de modelos teóricos y simulaciones que conforman el CMIP<sup>1</sup> en sus versiones 5 y 6 (IPCC, 2021). En segundo lugar, la base tiene un especial atractivo en su dimensión temporal, que incluye tanto datos históricos, que van desde 1850-1900 hasta el más reciente, 1995-2014, y proyecciones futuras, desagregando en los períodos 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100. A su vez, la base provee de proyecciones alternativas en base a distintas trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP, por su nombre en inglés) o medidas de calentamiento global. En cuanto a las primeras, se encuentran disponibles los escenarios SSP 1-2.6, 2-4.5, 3-7.0 y 5-8.5 del IPCC, mientras que, para las segundas, puede optarse por 1,5, 2, 3 o 4 grados Celsius de calentamiento global.

Para el presente trabajo se emplearon dos variables provenientes del Atlas del IPCC: grados-días de calefacción y refrigeración (en adelante HDD y CDD por sus siglas en inglés, respectivamente). Estas variables miden la diferencia entre la temperatura observada en un intervalo de tiempo específico respecto a un valor base, que opera como piso o techo según se trate de calefacción o refrigeración, respectivamente. De este modo, las variables definidas para un día cualquiera  $t$  se calculan con la siguiente fórmula:

$$\text{CDD}_t = \begin{cases} 0 & \text{si } T_t < T_b^C \\ T_t - T_b^C & \text{si } T_t \geq T_b^C \end{cases}$$

$$\text{HDD}_t = \begin{cases} 0 & \text{si } T_t > T_b^H \\ T_b^H - T_t & \text{si } T_t \leq T_b^H \end{cases}$$

<sup>1</sup>Por su nombre en inglés, *Coupled Model Intercomparison Project*. Es una iniciativa del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (WCRP es su sigla en inglés) para generar datos y predicciones climáticas basadas en un conjunto de modelos teóricos, observacionales y experimentales, estandarizándolas y haciéndolas públicas en el proceso.

, donde  $T_t$  es la temperatura promedio de ese día y  $T_b^C$ ,  $T_b^H$  son las temperaturas base seleccionadas para CDD y HDD, respectivamente. Luego, se suma el resultado para los 365 días del año. En el ejercicio realizado en el presente trabajo, se definió  $T_b^C$  igual a 22°C para obtener CDD y  $T_b^H$  15,5°C para HDD. El periodo base elegido es 1995-2014 por su cercanía con la actualidad, y para los datos proyectados se tomaron los tres periodos mencionados, tomando como referencia el escenario SSP2-4.5. Utilizar estas variables tiene varias ventajas respecto de otros indicadores como la temperatura promedio. La más importante es que tiene en cuenta la dispersión de las temperaturas en un periodo determinado. Si en un mes cualquiera la temperatura de los primeros 15 días es de 30°C y la del resto es de 10°C, el promedio resultante de 20°C es idéntico al que se obtendría en otro mes con temperaturas de 5°C y 35°C, pero claramente el segundo caso indicaría mayor exposición por parte de la población (con las bases mencionadas, los CDD serían de 150 y 225 en los ejemplos, y los HDD alcanzarían 82,5 y 157,5). Es por ello que estas variables reflejan de mejor manera la demanda potencial de energía para calefacción y refrigeración.

Si bien los datos del Atlas del IPCC cuentan con una resolución espacial detallada, la compleja geografía de América Latina y el Caribe y su elevada tasa de urbanización hace que sea necesario contar con datos aún más detallados para ciertas regiones urbanas donde se concentra mucha población. Para ganar precisión en la medición de las necesidades de calefacción y refrigeración en las grandes áreas urbanas se utilizó la plataforma Weather for Energy Tracker de la Agencia Internacional de Energía (AIE o IEA, por sus siglas en inglés) (AIE, 2023). Los datos son generados por ERA5, el quinto reanálisis<sup>2</sup> elaborado por el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio sobre la base del sistema satelital Copernicus. Esta base contiene datos espaciales de temperatura promedio diaria con una resolución de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , lo que equivale aproximadamente a cuadrados de 25km de cada lado. Si bien esta resolución es sustancialmente mayor a la del IPCC, no se escogió la base de como la principal porque no cuenta con proyecciones futuras, algo fundamental para los objetivos del presente trabajo. Se obtuvieron series de temperatura promedio diaria para el periodo 1995-2014, manteniendo así la consistencia temporal con el recurso anterior.

El segundo insumo esencial para el ejercicio planteado es la distribución espacial de la población. Esta se obtiene del proyecto *Global Human Settlement Layer* (GHSL) de la Comisión Europea, que combina información satelital y censal para producir información espacial a nivel global sobre la presencia humana en el planeta y su evolución en el tiempo. La base de población, denominada GHS-POP 2023A en su última versión disponible al momento de cierre de este trabajo (Schiavina et al., 2023), contiene estimaciones y proyecciones locales de la población en celdas cuadradas de 1 Km<sup>2</sup>. Se utilizaron los datos referidos a 2015, por su cercanía con el periodo utilizado para el cálculo de las medidas relacionadas con la temperatura.

La delimitación de las grandes áreas urbanas, necesaria para aplicar correcciones y mejorar la precisión de la distribución de población y grados-día de calefacción y refrigeración a partir de los datos de ERA5, se obtuvo de la base GHS-FUA, que también forma parte del proyecto GHSL (Schiavina et al., 2019). Cada FUA (Funcional Urban Area) delimita geográficamente el alcance de una ciudad y sus alrededores (Moreno-Monroy et al., 2021).

Por último, se utilizó una capa de límites geopolíticos para asignar los datos a los países correspondientes de ALC, obtenida de Natural Earth<sup>3</sup>.

<sup>2</sup>El reanálisis combina información observacional (datos satelitales) con resultados y estimaciones provenientes de distintos modelos teóricos.

<sup>3</sup>Natural Earth Data.

### 3 | METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología empleada para obtener la distribución espacial, para la totalidad del territorio de ALC, de la población y sus necesidades de calefacción y refrigeración para 1995-2014, 2021-2040, 2041-60 y 2081-2100.

Una primera etapa implica trabajar sobre las capas de población, de GHS-POP. Se efectuó una agregación en una relación 1 a 100 (de modo que una celda agregada representa 100 de las originales, llevando la resolución inicial de 1 Km<sup>2</sup> a 100 Km<sup>2</sup>, con celdas de 10 Km de lado) para reducir considerablemente los tiempos de procesamiento en las etapas siguientes<sup>4</sup>. La Figura 1 muestra este resultado intermedio, a modo de ejemplo, para Ecuador y Perú.



FIGURA 1 Población. Ecuador y Perú. Fuente: Elaboración propia en base a GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023).

Para facilitar el procesamiento conjunto de las capas y calcular medidas como la superficie de cada celda, se las vectorizó mediante una operación conocida como poligonalización.

En segundo lugar, se trataron las capas de grados-día de IPCC, contando con una de los cuatro períodos (uno reciente y tres futuros) e indicador (CDD y HDD), lo que constituye un total de 8. A modo de ejemplo, la Figura 2 representa los CDD para Ecuador y Perú para el periodo base, 1995-2014. Allí puede verse claramente cómo la elevación generada por la cordillera de los Andes genera necesidades de refrigeración, medidas por los CDD, prácticamente nulas en buena parte del territorio de esos dos países. Por otra parte, esas necesidades de refrigeración se incrementan considerablemente hacia el este de la cordillera, superando los 1.500 grados-día en la amazonia peruana.

<sup>4</sup>El parámetro que implica la relación 1 a 100 fue determinado en base a un ejercicio de sensibilidad de las medidas resumen de la distribución (suma, promedio y percentiles 1 y 99), resultando la elección más eficiente en términos de procesamiento sin generar cambios significativos en los mencionados indicadores.

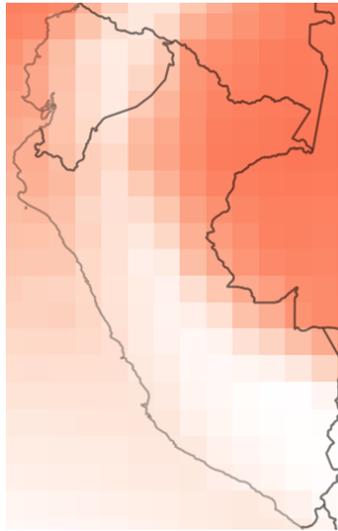


FIGURA 2 CDD 1995-2014. Ecuador y Perú. Fuente: Elaboración propia en base a IPCC (2021).

En esta instancia se cuenta con los insumos necesarios para vincular espacialmente ambas bases y generar así la distribución de población, CDD y HDD. Sin embargo, la resolución de las variables climáticas no permite captar variaciones de temperatura que se dan en distancias muy reducidas, factores que a menudo se asocian con la localización de ciudades. A modo de ejemplo se muestra el caso de Guatemala y su capital, Ciudad de Guatemala, en la Figura 3. Como puede observarse, la totalidad de la FUA correspondiente a la capital se ubica en una única celda de CDD (cuyo valor es de 955). Sin embargo, esta ciudad se encuentra rodeada de terreno montañoso, lo que hace que sus temperaturas sean considerablemente menores, y la variable CDD prácticamente nula de acuerdo con la fuente alternativa (IPCC).

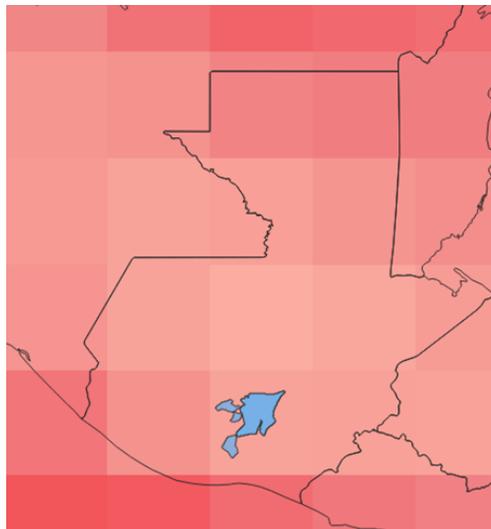


FIGURA 3 CDD 1995-2014 y FUA capital. Guatemala. Fuente: Elaboración propia en base a IPCC (2021) y GHSL (Schiavina et al., 2019).

Entonces, con el objetivo de ganar mayor precisión sobre las necesidades de calefacción y refrigeración de aquellas personas que residen en aglomerados urbanos (donde se concentra

con creces la mayor proporción de la población en todos los países), se calcularon CDD y HDD promedio para el período 1995-2014 con la base de datos proveniente de ERA5. Estos datos, con mayor resolución espacial que los de IPCC, se utilizaron para asignar CDD y HDD a los centros urbanos. Como se señaló en la sección anterior, la base de ERA5 no cuenta con proyecciones futuras de temperaturas. Para obtener proyecciones, en cada ubicación se sumó a los valores de CDD y HDD observados en ERA5 la diferencia absoluta (siempre positiva para CDD, y negativa para HDD) de temperaturas entre el presente y período futuro para esa ubicación según la base de IPCC. A modo de ejemplo, si en una localización específica entre las épocas 1995-2014 y 2041-2060 los CDD crecieron en 100 unidades según los datos de IPCC, lo mismo se asumió para el dato proveniente de la capa de ERA5 para esa misma localización. Este procedimiento arrojó como resultado una red de puntos (vectorial) espaciados por  $0,25^\circ$  de latitud y/o longitud con valores presentes para CDD y HDD, y estimaciones futuras para el corto, mediano y largo plazo (las tres épocas disponibles para la base de IPCC).

Para asignar la información anterior a las áreas urbanas correspondientes, se obtuvo la delimitación de estas que surge a partir de la definición de FUA en el proyecto GHSL. El criterio de asignación consistió en identificar aquellos puntos de ERA5 que, o bien se ubicaban dentro de los límites de cada FUA, o constituían el más cercano a su frontera, según sea el caso. Esta última situación se dio con mayor frecuencia en las FUAs más pequeñas en cuanto a superficie. La Figura 4 muestra un ejemplo de cada caso, para las FUAs ecuatorianas de Quito y Ambato. Para la ciudad de Quito y su zona de influencia (dibujada en celeste) dos puntos de ERA5 estaban contenidos dentro de ella y por ende se le asignó un promedio entre ambos como valores de CDD y HDD. Por su parte, en el caso de Ambato ningún punto formaba parte de su superficie y, por lo tanto, se tomó el más cercano a su límite (el punto inferior de la Figura 4).

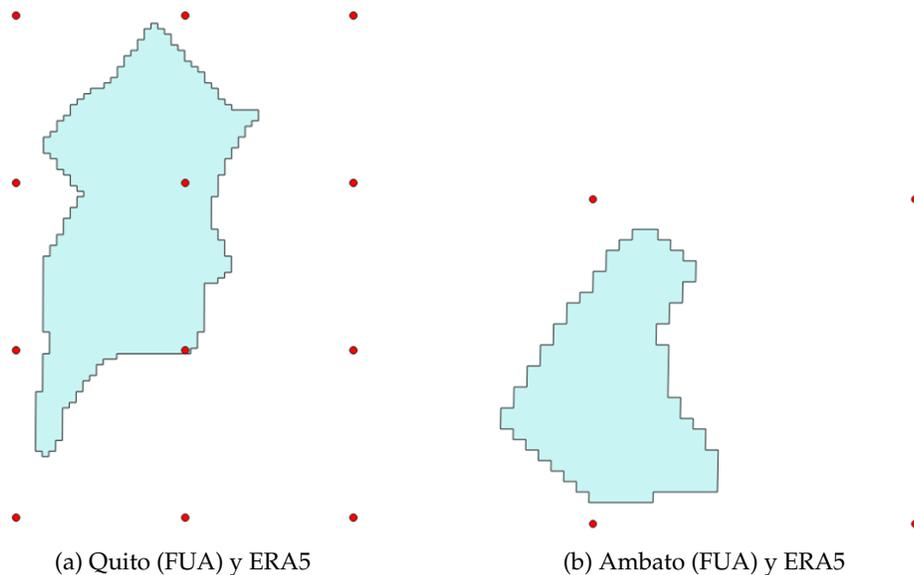


FIGURA 4 FUA y ERA5. Ecuador. Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023) y GHSL (Schiavina et al., 2019).

Este ajuste afectó únicamente a la superficie ocupada por los grandes aglomerados, siendo la información de IPCC la que predominó para caracterizar las necesidades de la población en el territorio de ALC. En el anexo, la Figura A.1 muestra, en color, la superficie

ocupada por FUAs, dejando en claro que es minoritaria.

Para este punto se contaba con tres bases de datos que era necesario vincular espacialmente: población, CDD-HDD de IPCC y CDD-HDD de ERA5 a nivel FUAs. Dado que las celdas de población eran las de menor resolución (como producto del procedimiento de agregación descripto), al solapar las capas podría ocurrir muy frecuentemente que la superficie cubierta por una celda particular reúna a una o varias de CDD-HDD. Para distribuir la población se asumió que sigue una distribución uniforme respecto de la superficie. Es decir que, si una celda de población pasó a encontrarse dividida en dos partes con idéntica superficie (porque abarca dos celdas de IPCC), la población que se le asignó a cada porción es la mitad del total. En términos generales, el ponderador utilizado para efectuar esta distribución surge de considerar las áreas de las celdas involucradas.

La Figura 5 muestra la red de celdas, ahora de superficie y forma irregulares, que conforman la distribución de población y CDD-HDD. Cada celda individual contiene información sobre la población residente en esa zona y los valores asociados de CDD y HDD para los cuatro periodos mencionados.

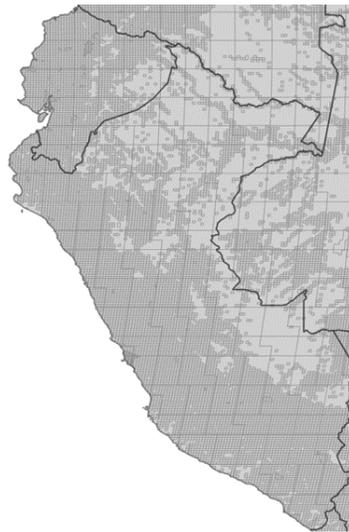


FIGURA 5 Capa final. Ecuador y Perú. Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schivavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

Por último, estos datos fueron exportados para llevar a cabo su procesamiento estadístico, cuyos resultados se presentan en la siguiente sección.

## 4 | RESULTADOS

### | Distribución de la población según necesidades de calefacción y refrigeración

El objeto resultante del proceso descrito en el apartado anterior es una distribución bivariada entre CDD o HDD y población y dicha distribución está a su vez inserta en el espacio geográfico bidimensional. Dada la complejidad natural que existe para visualizar y analizar dicho objeto, en primer lugar los Cuadros 1 y 2 se enfocan en la distribución conjunta de temperatura y población, abstrayéndose del espacio geográfico. Luego, las Figuras 6 y 7 se enfocan en la distribución espacial de las temperaturas, abstrayéndose de la distribución en el espacio de la población.

Los Cuadros 1 y 2 comienzan entonces presentando una serie de estadísticos que ca-

racterizan la distribución de la población según sus necesidades de refrigeración (medidas por CDD) y calefacción (medidas con HDD), respectivamente, para América Latina y el Caribe en el periodo 1995-2014. En el anexo pueden consultarse los Cuadros A.1 a A.4 con las proyecciones para los periodos 2041-2060 y 2081-2100, que de aquí en adelante llamamos mediano y largo plazo, respectivamente<sup>5</sup>. Las Figuras 6 y 7 mapean las variables CDD y HDD sin considerar la localización de la población. Esto permite identificar aquellas zonas con mayores necesidades potenciales de climatización.

---

<sup>5</sup>Se omitió la presentación de resultados referidos al corto plazo, 2021-2040, por tratarse de proyecciones muy cercanas a la actualidad.

CUADRO 1 Distribución de CDD ponderados por población, periodo 1995-2014

País	Promedio	P5	P10	Mediana	P90	P95
Antigua y Barbuda	1.446	1.444	1.444	1.444	1.444	1.468
Argentina	348	24	53	103	955	1.101
Bahamas	1.104	1.050	1.050	1.107	1.204	1.204
Barbados	1.626	1.583	1.583	1.640	1.640	1.640
Belice	1.606	1.370	1.370	1.608	1.791	1.791
Bolivia	283	-	-	20	831	1.284
Brasil	843	91	91	719	1.798	1.850
Chile	37	-	-	1	149	199
Colombia	644	-	-	424	1.934	2.029
Costa Rica	750	-	-	-	1.772	1.949
Cuba	1.518	1.209	1.253	1.584	1.748	1.748
Dominica	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533
Ecuador	572	-	-	751	1.060	1.067
El Salvador	1.345	544	978	1.223	1.670	1.822
Granada	1.578	1.554	1.554	1.599	1.599	1.599
Guatemala	735	-	1	945	1.296	1.296
Guyana	1.440	1.311	1.311	1.413	1.599	1.735
Haití	1.555	881	881	1.686	1.840	1.840
Honduras	924	135	135	987	1.465	1.507
Jamaica	1.607	1.451	1.451	1.722	1.771	1.771
México	492	-	-	323	1.389	1.593
Nicaragua	1.668	1.315	1.349	1.741	2.065	2.074
Panamá	1.445	1.231	1.386	1.422	1.585	1.679
Paraguay	1.090	614	794	1.184	1.454	1.582
Perú	280	-	8	107	817	977
República Dominicana	1.137	825	825	1.323	1.545	1.605
San Cristóbal y Nieves	1.469	1.468	1.468	1.468	1.468	1.468
San Vicente y las Granadinas	1.606	1.596	1.596	1.608	1.608	1.608
Santa Lucía	1.590	1.579	1.579	1.579	1.608	1.608
Suriname	1.637	1.554	1.578	1.578	1.731	1.766
Trinidad y Tobago	1.662	1.583	1.583	1.602	1.750	1.750
Uruguay	335	33	33	307	742	808
Venezuela	1.307	537	537	1.419	2.188	2.534

Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

Comenzando con las necesidades de calefacción, una comparación rápida entre los Cuadros 1 y 2 permite identificar que estas son mucho menos relevantes en la región comparadas con las de refrigeración. Exceptuando el extremo sur del continente y parte de

la región andina, en el resto de América Latina y el Caribe las temperaturas elevadas hacen que los HDD sean prácticamente nulos. Las excepciones son Chile, Bolivia, Argentina y, en menor medida, Uruguay, Ecuador y Perú. Las necesidades promedio de calefacción existen pero son muy leves en México, Colombia y Paraguay, y en el resto de los países el promedio de HDD no supera los 100, como en Brasil y Guatemala, o es casi nulo, como en Panamá, Guyana y los países del Caribe.

La distribución geográfica de la población es un motivo por el cual estas necesidades, medidas a través del promedio, no son mayores. En las zonas de frío extremo, como el sur de Argentina y Chile, o la región andina próxima a la frontera Argentina-Bolivia-Chile, la concentración de población es muy baja por lo que no afecta en gran medida al promedio obtenido.

La riqueza de la base de datos radica en la posibilidad de ir más allá del promedio e identificar proporciones relevantes de la población de los países que presenten intensas necesidades de calefacción o refrigeración. Con foco en las necesidades de calefacción, el 10% de la población de Bolivia reside en zonas donde los HDD superan los 3.400, lo que supone dos veces y media el promedio nacional. Una vulnerabilidad similar se identifica para Ecuador, Chile y Perú, con valores por encima de 1.900. Para Chile este valor es mucho más cercano al promedio, dado que la dispersión de temperaturas no es tan grande debido a la forma en que se extiende su territorio, afectado en su totalidad por la presencia de la Cordillera de Los Andes. En Argentina, Colombia, y México (en menor medida el primer caso) el 10% de la población también reside en zonas mucho más frías que el promedio y, por ende, con mayores necesidades de calefacción de ambientes.

CUADRO 2 Distribución de HDD ponderados por población, periodo 1995-2014

País	Promedio	P5	P10	Mediana	P90	P95
Antigua y Barbuda	-	-	-	-	-	-
Argentina	890	218	304	951	1.378	1.575
Bahamas	1	-	-	-	2	2
Barbados	-	-	-	-	-	-
Belice	2	1	1	1	3	3
Bolivia	1.383	1	1	1.253	3.423	3.423
Brasil	65	-	-	11	209	355
Chile	1.880	912	1.269	2.076	2.342	2.495
Colombia	300	-	-	63	1.237	1.237
Costa Rica	15	-	-	27	27	27
Cuba	1	-	-	1	2	2
Dominica	-	-	-	-	-	-
Ecuador	611	-	-	84	2.427	2.427
El Salvador	2	-	-	-	16	20
Granada	-	-	-	-	-	-
Guatemala	50	4	5	31	90	90
Guyana	0	-	-	-	-	-
Haití	1	-	-	1	4	4
Honduras	6	-	-	4	16	16
Jamaica	-	-	-	-	-	-
México	480	-	2	346	1.103	1.103
Nicaragua	1	-	-	-	3	3
Panamá	0	-	-	-	1	1
Paraguay	119	48	48	129	199	214
Perú	602	-	10	93	1.975	2.908
República Dominicana	1	-	-	-	4	4
San Cristóbal y Nieves	-	-	-	-	-	-
San Vicente y las Granadinas	-	-	-	-	-	-
Santa Lucía	-	-	-	-	-	-
Suriname	-	-	-	-	-	-
Trinidad y Tobago	-	-	-	-	-	-
Uruguay	693	452	498	641	855	855
Venezuela	10	-	-	-	5	19

Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

En lo que refiere a necesidades refrigeración o enfriamiento, la situación es radicalmente distinta en la región. Con la excepción de Chile, cuyo promedio de CDD ponderado por población arroja un valor de 37, en ningún otro país adopta un valor inferior a 280. Más aún,

en 21 de los 33 países considerados los CDD promedio superan los 1.000. Este grupo está representado casi en su totalidad por países de Centroamérica y el Caribe con el agregado de Paraguay, Venezuela y Guyana. Esto puede observarse en parte en la Figura 6, donde las zonas más cálidas se identifican en el Caribe, el sur de Centroamérica y el norte de Venezuela, Colombia y Brasil. Este último caso refleja la influencia de la distribución de la población en el promedio ponderado de CDD, ya que los estados brasileños más poblados son aquellos del sur y sureste del territorio, donde las temperaturas no son tan altas relativamente.

Nuevamente, el análisis de toda la distribución, más allá de los promedios, resulta muy informativo respecto a las necesidades de climatización en la región. En Brasil, el percentil 90 de la distribución se ubica muy cerca de 1.800, lo que implica que el 10 % de la población de ese país tiene necesidades de refrigeración superiores al promedio de cualquier país de Centroamérica o el Caribe. Lo mismo ocurre con Costa Rica, Colombia y México. Para los países más expuestos en promedio a valores muy altos de CDD, la distribución se encuentra relativamente concentrada (los percentiles no difieren en gran medida del promedio), lo cual se explica mayormente por tratarse de territorios de reducida superficie (como se identifica en la Figura 6) y poca variación climática. También Chile tiene una baja dispersión en cuanto a sus necesidades de calefacción, con el 10 % superior de la distribución presentando una exposición al calor muy cercana al promedio.

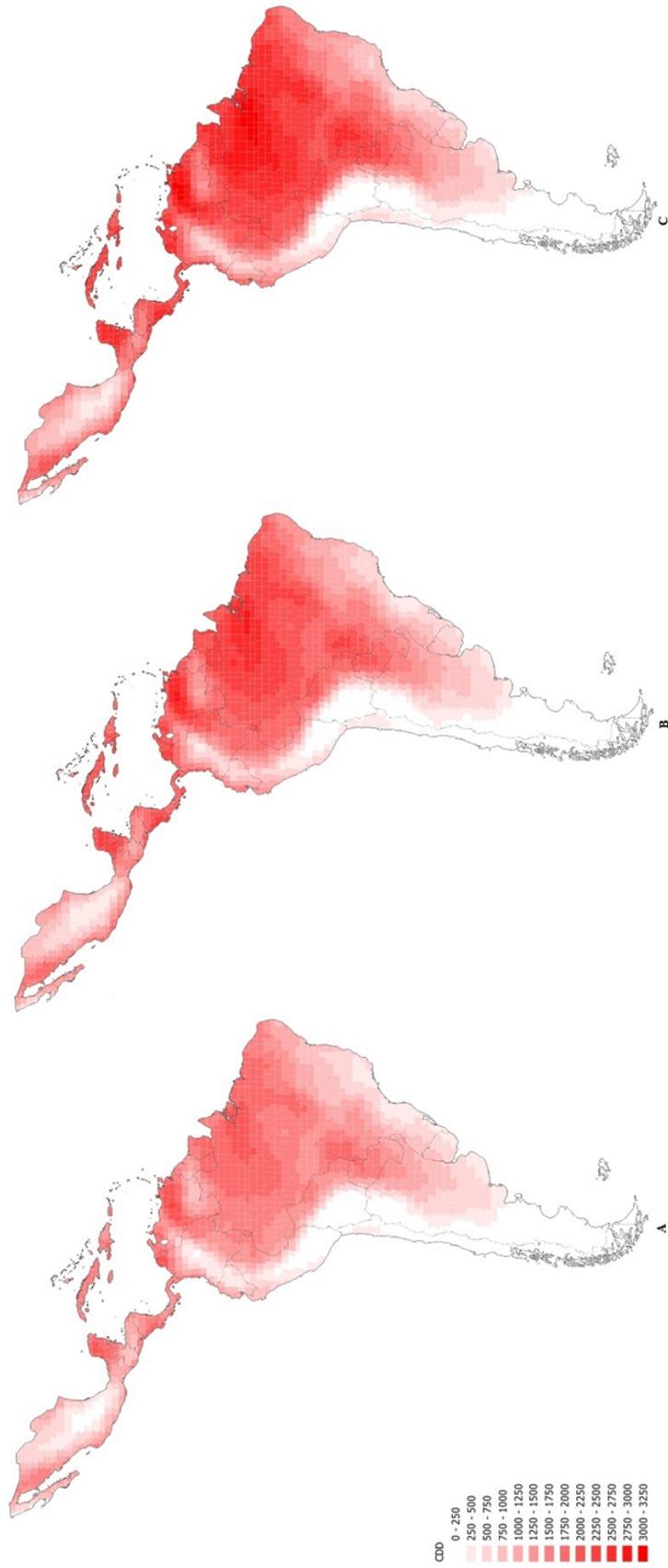


FIGURA 6 Mapa CDD, periodos 1995-2014 (panel A), 2041-2060 (panel B) y 2081-2100 (panel C). Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

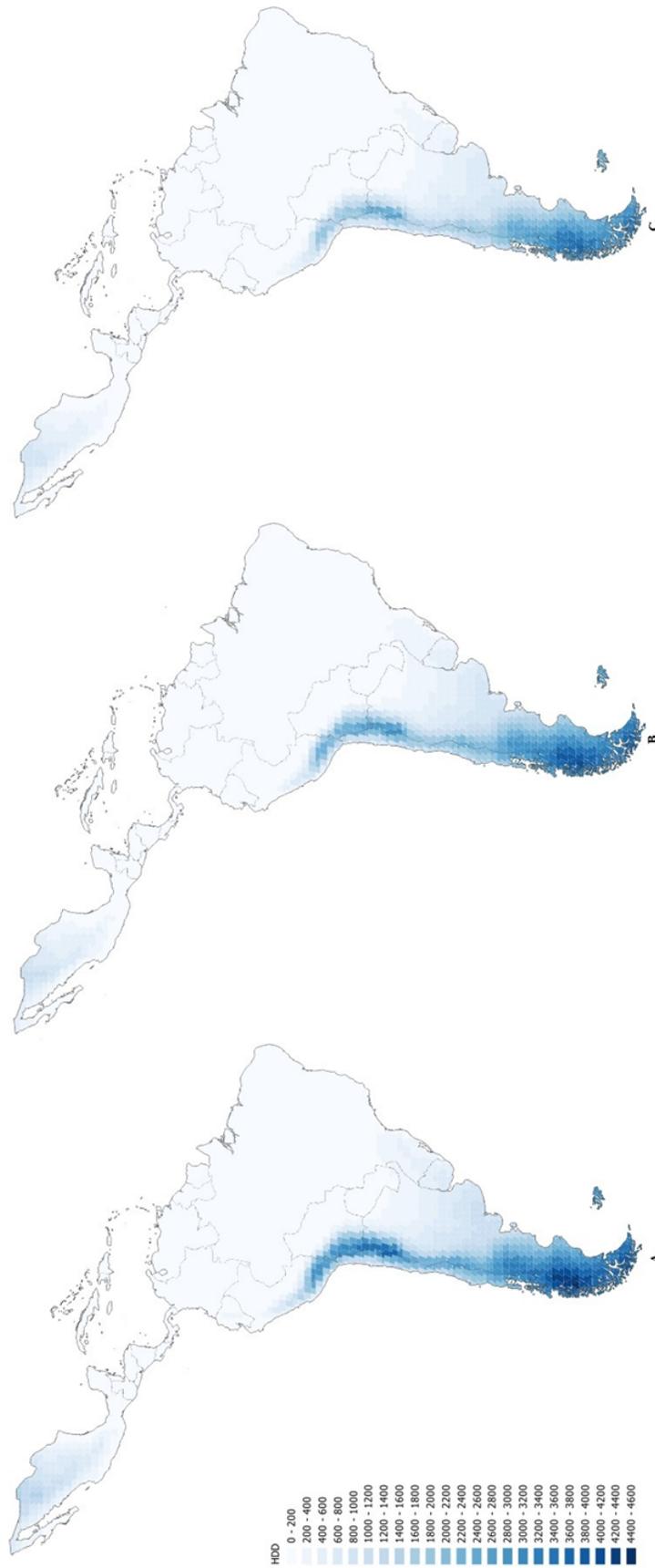


FIGURA 7 Mapa HDD, periodos 1995-2014 (panel A), 2041-2060 (panel B) y 2081-2100 (panel C). Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schivavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

## l Necesidades de calefacción y refrigeración y patrones utilización de energía a nivel residencial

Es razonable que este patrón de necesidades de climatización se refleje en el uso final de la energía por parte de los hogares de la región. Aquellos (pocos) países con altos valores de HDD destinarán una mayor parte de su consumo energético a calefaccionar ambientes o incluso calentar agua, mientras que en el grupo con mayores CDD se priorizará la utilización de aire acondicionado, ventiladores y/u otros aparatos que permitan reducir la temperatura dentro del hogar. Lo anterior se verá condicionado por el nivel de ingreso, una barrera para satisfacer las necesidades de enfriamiento. En la última sección de este documento se desarrolla una aplicación para la distribución de CDD-población, sobre la posesión de aire acondicionado en el hogar.

En Argentina, el tercer país con mayor nivel de HDD en la región, el 45 % del consumo residencial de electricidad y gas (que explican casi el 90 % del consumo de energía) se destina a calefaccionar ambientes y el 24 % al calentamiento de agua (Gil, 2021). El porcentaje usado para enfriamiento alcanza el 4 %, lo cual es consistente con que este país es uno de los 5 con menores necesidades potenciales de refrigeración. Algo similar ocurre con la gran mayoría de los países que conforman la Unión Europea (Eurostat, 2022). En contraste, en el norte de México, la región más calurosa del país, la calefacción cae al 11,2 % del consumo energético residencial y el enfriamiento asciende a más de 21 % (Contreras et al., 2022). Este patrón se asemeja en gran medida al de la región sur y sureste de EEUU, caracterizada por un clima húmedo y cálido (EIA, 2020). Allí, el peso del enfriamiento de ambientes alcanza el 28 % del consumo. En República Dominicana, un país con altas necesidades de refrigeración e ínfimas de calefacción, los hogares destinan a estos usos el 0 % y 5,6 % de su consumo de energía, respectivamente (Ministerio de Energía y Minas y Fundación Bariloche, 2020). Cabe mencionar que la adopción de aire acondicionado, uno de los principales componentes del gasto energético en enfriamiento, depende en gran medida del nivel de ingreso de los hogares.

Es probable que la riqueza de cada país también afecte el mix energético empleado para calefaccionar, en favor de energías menos limpias (en cuanto a generación de emisiones de sustancias que contaminan el ambiente del hogar) cuanto menos rica sea su sociedad. En este sentido la evidencia es muy escasa en la región. Los hogares chilenos y uruguayos dependen fundamentalmente de leña y biomasa para generar calor (60 % y 42 %, respectivamente), mientras que en Argentina se utiliza casi exclusivamente gas natural (90 %) para este fin (AIE, 2022; Instituto Nacional de Estadística, 2022). A modo de referencia, para el promedio de 35 países de la Unión Europea (donde las temperaturas son considerablemente inferiores a las de ALC) la calefacción de ambientes ocupa más del 60 % del consumo de energía residencial, y esta necesidad es atendida principalmente utilizando gas natural (38 %) y biocombustibles sólidos primarios (26 %), donde se incluye la leña (Eurostat, 2022). Este mix varía considerablemente entre países y de acuerdo al nivel de ingreso, ganando preponderancia el gas en detrimento de la biomasa a medida que aumenta la riqueza.

## l Necesidades futuras de calefacción y refrigeración

Como se explicó en la sección metodológica, se obtuvieron proyecciones de la distribución población-CDD-HDD para distintos periodos y bajo el escenario SSP 2-4.5 de IPCC, que asume un incremento medio de la temperatura global de 2,7°C para el largo plazo. Las Figuras 8 y 9 presentan la evolución del promedio ponderado por la población de CDD y HDD, respectivamente, entre el periodo 1995-2014 y el largo plazo (2081-2100). En el anexo pueden consultarse los Cuadros A.1, A.2, A.3 y A.4 de estadísticos resumen que caracterizan

toda la distribución de ambas variables en los dos periodos futuros: 2041-2060 y 2081-2100.

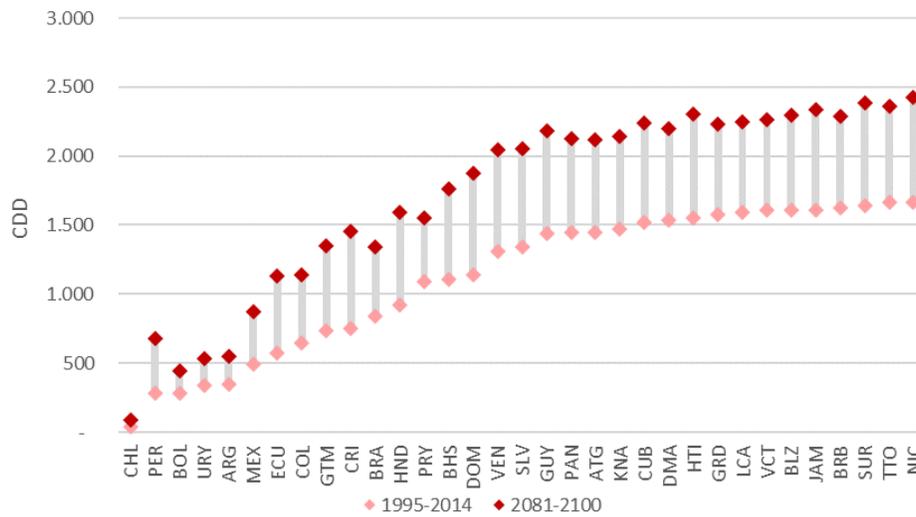


FIGURA 8 Evolución proyectada de los CDD promedio por país. Largo plazo. Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

Todos los países de la región verían incrementadas sus necesidades de refrigeración en el mediano y largo plazo, con un crecimiento promedio de 60 % en los CDD. El crecimiento absoluto en CDD es parejo y considerable (688 grados-días en promedio) para la mayoría de los países, pero no tanto para los casos de Chile, Bolivia, Uruguay y Argentina (alrededor de 150 grados-días), que constituyen el grupo de clima templado, con menores necesidades de refrigeración. La curva de incrementos se aplatina a partir de Guatemala, con un aumento de poco más de 600 CDD respecto del presente. Como consecuencia de esto, el incremento relativo es menor en los que tienen mayores necesidades (entre 40 % y 50 %) actuales.

La situación se agrava al concentrarse sobre el 10 % de la población más expuesto al calor. En Venezuela, Nicaragua, Colombia, Haití, Brasil y Belice los CDD superarían el valor de 2.500 para ese segmento poblacional (en el primer caso, incluso, el 5 % más afectado tendría más de 3.200 CDD), un valor comparable a los promedios nacionales de países árabes como Arabia Saudita, Kuwait u Omán<sup>6</sup>, que se encuentran entre los primeros 15 países con mayores necesidades de refrigeración a nivel mundial (AIE, 2023).

Este comportamiento, previsible en parte por las perspectivas de calentamiento global, incrementará las presiones sobre la demanda de energía para enfriamiento, ya sea por aumentos en el margen extensivo (i.e., mayor penetración de equipos de aire acondicionado) o intensivo (por mayor frecuencia, duración o intensidad de utilización de los aparatos existentes). Aquellos países donde la variación absoluta será superior (como Nicaragua, Haití o Guyana) son los que se verán afectados en mayor medida por ascenso de las temperaturas, dado que allí será mayor la exposición de la población. Por otro lado, para los casos donde lo relevante es el incremento relativo en los CDD (Perú y Chile), esto constituirá un desafío de adaptación dado que se trata de regiones poco expuestas al calor en la actualidad (Miranda et al., 2023).

<sup>6</sup>Los promedios nacionales de estos países, ponderados por población, surgen de considerar una temperatura base de 21°C para el cálculo de CDD.

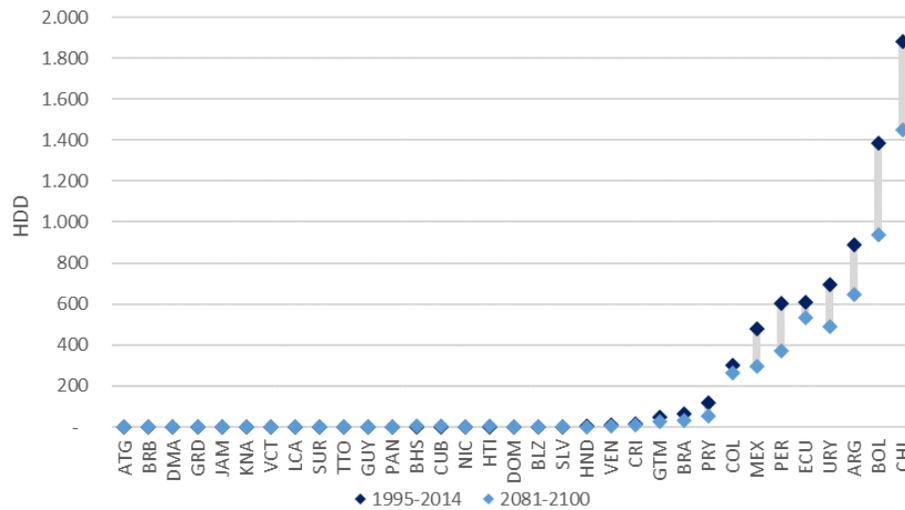


FIGURA 9 Evolución proyectada de los HDD promedio por país. Largo plazo. Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

En cuanto a las necesidades de calefacción ocurriría lo contrario en el largo plazo: para el reducido grupo de países donde estas son relevantes, se reducirán significativamente producto del incremento global de las temperaturas. La reducción promedio de los HDD en Bolivia, Chile, Argentina, Perú, Uruguay y México alcanza el 31,5%. Sin embargo, aunque en menor medida, continuarán existiendo poblaciones afectadas a temperaturas muy bajas: el 10% de la población boliviana pasará a estar expuesta a poco más de 2.700 HDD promedio en el largo plazo, en lugar de los 3.400 actuales. Por ende, no desaparecería el consumo de energía destinado a calefacción en estos casos, aunque podría verse considerablemente atenuado o redireccionado a la refrigeración de ambientes. Mientras hoy el promedio de Bolivia es similar al de Italia y el de Chile es parecido al de Francia<sup>7</sup>, en el futuro será el segundo el que se encuentre próximo a Italia, mientras que Bolivia se asemejará a Portugal (AIE, 2023).

A raíz de esta evolución, cabría esperar que en el futuro se vea afectada la distribución de uso de la energía de los hogares latinoamericanos en favor de atender las crecientes necesidades de refrigeración de ambientes. A su vez, en los países andinos y del cono sur se reducirá considerablemente la porción destinada a calefacción. Naturalmente, esto afectará la composición de la matriz energética residencial, considerando que la refrigeración solo puede alcanzarse empleando electricidad y la calefacción suele consumir combustibles fósiles.

## 5 | APLICACIÓN: ADOPCIÓN RESIDENCIAL DE AIRE ACONDICIONADO

El incremento global de las temperaturas y el consecuente impacto sobre las necesidades de refrigeración de ambientes requerirán mayor adaptación por parte de los hogares. De acuerdo con la AIE (2023), alrededor de 2.000 millones de unidades de aire acondicionado (AA) se encuentran operativas en el mundo, el 70% de ellas en manos del sector residencial. Esta cantidad se ha triplicado desde el año 2000, llevando a incrementar a un ritmo promedio del 4% anual la demanda energética para refrigeración desde entonces. Esta tendencia

<sup>7</sup>La temperatura base considerada para el cálculo de HDD en esta fuente es de 16°C.

constituirá uno de los principales motores del incremento de la demanda de energía en las próximas décadas, a medida que se intensifique su uso y adopción, generando así un desafío en términos de generación y distribución de electricidad.

El objetivo de esta aplicación es analizar los determinantes de la adopción de AA y obtener estimaciones actuales y proyecciones de la penetración de estos equipos en los hogares de ALC, una temática sobre la cual sólo la mitad de los países de la región cuentan con información. Los trabajos de [Biardeau et al. \(2019\)](#), [Colelli et al. \(2023\)](#), [Davis and Gertler \(2015\)](#), [Pavanello et al. \(2021\)](#) y [Sivak \(2009\)](#) coinciden en que el nivel de ingresos del hogar y la exposición a altas temperaturas son dos importantes variables para explicar la adopción.

Siguiendo al trabajo de [Pavanello et al. \(2021\)](#), se combina la distribución geográfica de población y CDD descrita en secciones anteriores con microdatos provenientes de encuestas de hogares para Argentina y Brasil para analizar la relación que existe entre la adopción residencial de aire acondicionado, el nivel de ingreso y la exposición a altas temperaturas.

## | Datos

La Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGHo) llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) releva información sobre la estructura de gastos, ingresos, características sociodemográficas y ocupacionales, y el inventario de bienes durables, entre otras variables, para alrededor de 21.500 hogares urbanos de Argentina ([Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2018](#)). La versión empleada en este trabajo fue implementada entre noviembre de 2017 y noviembre de 2018. El diseño muestral es tal que los resultados son representativos de la población urbana nacional, regional o provincial. De este modo, el máximo nivel de desagregación geográfica que puede efectuarse es a nivel provincial.

La *pesquisa de orçamentos familiares* 2017-2018 elaborada por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) de Brasil releva información del mismo tipo que la ENGHo, aunque considera áreas rurales además de urbanas ([Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018](#)). Aquí los datos también son representativos a nivel nacional, regional o estatal. A diferencia de la encuesta argentina, en la brasileña es posible obtener, para cada Estado, una desagregación en municipio capital, área metropolitana, resto urbano y resto rural. El levantamiento de datos se hizo a lo largo de 12 meses, a partir de julio de 2017, sobre aproximadamente 57.900 hogares.

De ambas bases de datos se recuperaron, a nivel hogar, las variables correspondientes al ingreso per cápita familiar y la cantidad de equipos de aire acondicionado en posesión. El ingreso fue ajustado por el factor PPA correspondiente al periodo 2017-2018 para los dos países ([Mundial, 2023](#)).

Como se detalla en la siguiente subsección, los datos de Argentina y Brasil se utilizaron para estimar un modelo de predicción de la posesión de aires acondicionados a partir del ingreso y la temperatura. A partir de este modelo, se utilizaron datos agregados de otros 31 países de la región para generar estimaciones y proyecciones de posesión de AA. Para ello se recurrió a la base SEDLAC ([CEDLAS y Banco Mundial, 2022](#)) para obtener datos del ingreso per cápita familiar, disponible para 15 países. Para los demás países se recurrió al PIB per cápita ([Mundial, 2023](#)) y se obtuvo un ingreso per cápita del hogar aplicando la proporción promedio entre ingreso per cápita y PIB per cápita observada en los 15 países. Todos los datos fueron expresados en USD PPA. Para proyectar los ingresos y contar con escenarios futuros de posesión de AC, se utilizaron tasas históricas de crecimiento del PIB per cápita de los últimos 30 años. También se recurrió a información de [Hub de Energía \(2020\)](#) para obtener el precio promedio de la electricidad residencial en el periodo 2015-2020.

## | Metodología de estimación

En primer lugar, fue necesario vincular la distribución bivariada de población y CDD y su correlato espacial con los microdatos provenientes de las dos encuestas mencionadas. En Argentina, se asignó a cada hogar el valor promedio de CDD ponderado por población referido a la provincia en la cual se sitúa, dado que este es el mayor nivel de desagregación geográfica posible. Para Brasil, a aquellos hogares residentes en municipios capital de estado, se le asignó el promedio de CDD ponderado por población asociado a la FUA correspondiente a dicha capital. En cuanto a los residentes en áreas metropolitanas, el promedio fue obtenido incluyendo todas las FUA que constituyen regiones metropolitanas (identificadas por el IBGE), que también puede ser parte de la capital del estado. Para el resto de las áreas urbanas (dentro del mismo estado) participaron del promedio las FUA restantes, que no corresponden al municipio capital o regiones metropolitanas, y para el resto de áreas rurales se les asignó el CDD promedio ponderado por área de todo el estado.

El procedimiento anterior implicó asignar 24 valores distintos de CDD para los microdatos de la ENGHo y 94 para la POF, permitiendo explotar así la variabilidad conjunta en la exposición a las altas temperaturas (que marcan las necesidades de refrigeración) y el nivel de ingreso per cápita de los hogares para explicar la adopción de aire acondicionado. Los datos fueron reunidos en una única base que será utilizada para las estimaciones.

El 55,3 % de los hogares argentinos posee al menos un aire acondicionado, con una media de 1,3 equipos por hogar (entre los que tienen). En Brasil la posesión de este aparato es considerablemente menor, de 21,3 %, aunque con mayor cantidad de equipos, 1,5 por hogar. Esto puede parecer contradictorio dadas las diferencias en términos de exposición al calor: los CDD promedio en Brasil más que duplican los de Argentina (843 frente a 348). Sin embargo, como se verá a continuación, parte de ello es explicado por el mayor nivel de ingreso per cápita y el menor costo de la electricidad en Argentina respecto a Brasil. Mientras los hogares argentinos tienen un ingreso per cápita familiar promedio de 11.400 USD PPA anuales, los brasileños alcanzan 7.400, un 35 % menos. Además, de acuerdo con la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE), el precio promedio de la electricidad residencial en el periodo 2015-2020 fue de 83,5 USD/MWh en Argentina y más del doble en Brasil, alcanzando 188,8 USD/MWh. Es por ello que en las estimaciones que se presentarán a continuación se optó por incluir un efecto fijo que permita captar esta diferencia y otras no observables como podrían ser factores culturales, educativos o financieros (la falta de acceso al financiamiento constituye un impedimento para la adquisición de bienes durables).

Dada la naturaleza discreta y acotada de los datos (el valor máximo de la variable cantidad de AA es 9) se optó por emplear un modelo de regresión para datos de conteo del tipo hurdle o en dos partes, introducido por [Cragg \(1971\)](#). Este permite dar cuenta también que la variable se encuentra acotada por debajo (el mínimo es 0), sin asumir que los ceros y los demás valores provienen del mismo proceso generador de datos. Es decir, diferentes variables (o las mismas de diferente forma) pueden explicar la decisión de adquirir un aire acondicionado y la de cuántos comprar. Se trata de un modelo en dos partes porque en primer lugar se trata la decisión, binaria, de adquirir o no un AA. Típicamente en esta etapa está involucrado un modelo del tipo probit, o un logit como en este caso. Luego, se adopta un supuesto acerca de la distribución de los datos no nulos, como puede ser una distribución Poisson truncada o, más generalmente, binomial negativa truncada. Esta última será la adoptada cuando exista sobredispersión en los datos, lo cual ocurre si la varianza es superior a la media, mientras que estos momentos son idénticos en la distribución Poisson.

Teniendo en cuenta lo anterior, la estimación se llevó a cabo en dos etapas. En primer lugar, se ajustó un modelo logit sobre la decisión de adquirir o no equipos de AA. Luego, bajo una distribución binomial negativa truncada (por el 0) se estimó la ecuación que

explicaría cuántos equipos adquirir, una vez que se decidió hacerlo. Para esto último se utilizó solo aquella fracción de la muestra que reúne a los hogares que poseen AA. al tiempo que se testeó por sobre dispersión. En ambas etapas participan las mismas dos variables, nivel de ingreso y CDD promedio, además de un efecto fijo a nivel país.

CUADRO 3 Resultados de las estimaciones

	(1) Tiene AA	(2) Cantidad AA
CDD	0,263*** (0,0229)	0,112*** (0,0277)
Ingreso	0,128*** (0,003)	0,0555*** (0,0028)
CDD × Ingreso	0,0269*** (0,00191)	0,00182* (0,00111)
Ingreso <sup>2</sup>	-0,00181*** (5,27e-5)	-0,000530*** (4,43e-5)
Brasil	-1,347*** (0,0216)	0,520*** (0,0267)
Observaciones	78.092	22.508
Alfa		0,2726*** (0,0337)

Notas: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Errores estándar robustos entre paréntesis. Columna (1): Modelo logit. Columna (2): Modelo binomial negativa truncada. El número de observaciones surge de combinar los datos para Argentina y Brasil. Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

## 1 Resultados

El Cuadro 3 presenta, en las columnas 1 y 2, los resultados de las estimaciones de las etapas 1 y 2, respectivamente. En la primera columna, tanto la exposición a temperaturas altas como el nivel de ingreso son estadísticamente significativos y se asocian positivamente con la probabilidad de que un hogar decida adquirir uno (o más) AAs. Recordando que se trata de una estimación logit, para obtener efectos marginales es necesario fijar el valor de todas las variables independientes. Fijando dichos valores en la media, un incremento de 1.000 CDD en Brasil, equivalente a pasar de Campo Grande (Mato Grosso do Sul) a Manaus (Amazonas) o Salvador (Bahía), se asocia con 0,08 puntos adicionales en la probabilidad de tener AA. Para Argentina la respuesta es mayor, de 0,12 puntos (como pasar de la provincia de Formosa a Salta o Tucumán, manteniendo el ingreso constante en la media). Respecto del ingreso, un incremento en 1.000 USD PPA al año (manteniendo CDD constantes en la media) se asocia con un alza en la probabilidad de tener AA en 0,02 y 0,04 en Brasil y Argentina, respectivamente. Este movimiento es equivalente a la diferencia que existe en el ingreso promedio de los estados Minas Gerais (7.800) y Paraná (8.760) o entre las provincias de Tucumán (8.635) y San Luis (9.714).

Al igual que en el trabajo de Davis and Gertler (2015) y Pavanello et al. (2021), el coeficiente de interacción entre el nivel de ingreso y CDD es también positivo y significativo.

Es decir, ambas variables se refuerzan positivamente para incrementar la probabilidad de poseer AA, por lo que en aquellas regiones más ricas y calurosas los hogares responden en mayor medida a incrementos en la exposición al calor o su nivel de ingresos.

Por otro lado, la relación entre el ingreso y la variable dependiente es no lineal. Luego de haber estimado el modelo con polinomios de distinto grado, la forma cuadrática resultó ser la que mejor ajusta los datos. Lo mismo encuentran [Colelli et al. \(2023\)](#) respecto de la no linealidad del ingreso para explicar adopción de AA. El efecto fijo negativo (que surge de introducir una variable dummy que adopta el valor 1 si el hogar es de Brasil) refleja la diferencia en la tenencia de AA entre los dos países, que podría atribuirse al bajo costo de la electricidad en Argentina.

La segunda columna presenta los resultados de la segunda parte de la estimación. Todos los coeficientes estimados son estadísticamente significativos y sus signos iguales a los del logit, con la excepción del efecto fijo. Es decir, entre los hogares que tienen AA, las respuestas de la cantidad de equipos ante la exposición al calor y el ingreso son mayores en Brasil que en Argentina, lo contrario de lo que ocurría en la etapa anterior. Cabe destacar que, a nivel muestral, la cantidad promedio de equipos que poseen los hogares en Brasil es de 1,54, mientras que en Argentina alcanza 1,29 por hogar.

El intervalo de confianza al 95 % sobre la estimación del parámetro alpha que figura al final del Cuadro 3 (0,21 a 0,35) no incluye al 0, por lo que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que es igual a 0. Es decir, se rechaza la hipótesis de que no existe sobredispersión y, por lo tanto, es correcto asumir una distribución binomial negativa para las estimaciones.

Finalmente, se utilizó el modelo estimado para predecir la posesión de AA para los demás países. El valor de la variable de efecto fijo de país se calculó según la posición relativa del precio de la electricidad residencial en cada país respecto a los precios en Argentina y Brasil. Así, por ejemplo, para Uruguay la variable vale 0,52 porque el precio promedio de la electricidad (134 USD/MWh) en dicho país se ubica casi exactamente en el medio de los de Argentina y Brasil. También se efectuaron ajustes sobre aquellas regiones que no superaban un umbral de 10 CDD, asignándoles un valor predicho de 0 AAs, para evitar sobrestimar la tenencia en zonas frías.

La Figura 10 muestra los resultados de la predicción como función del PIB per cápita y los CDD. El promedio de hogares con AA para la región alcanza el 31 %. Las predicciones de Chile (7 %) y Perú (12 %) son las más bajas, lo cual es consistente con su nivel de CDD. Por otro lado, el caso de Haití (13 %) se explica por su bajo nivel de ingreso. En el otro extremo se encuentran Trinidad y Tobago (76 %) y Suriname (65 %), dos de los países con mayores necesidades de refrigeración, en combinación con un ingreso muy alto para el primer caso. Le siguen Paraguay (53 %) y Argentina (51 %), dos de los países con la electricidad más barata de la región.

A modo de comparación, fuentes alternativas ubican la proporción de hogares con AA de Paraguay, Uruguay y Venezuela muy cercanas a estas estimaciones ([Corporación Latino-barómetro, 2020](#); [Puig and Tornarolli, 2023](#)); aunque la referencia difiere considerablemente en casos como Costa Rica, Ecuador y El Salvador.

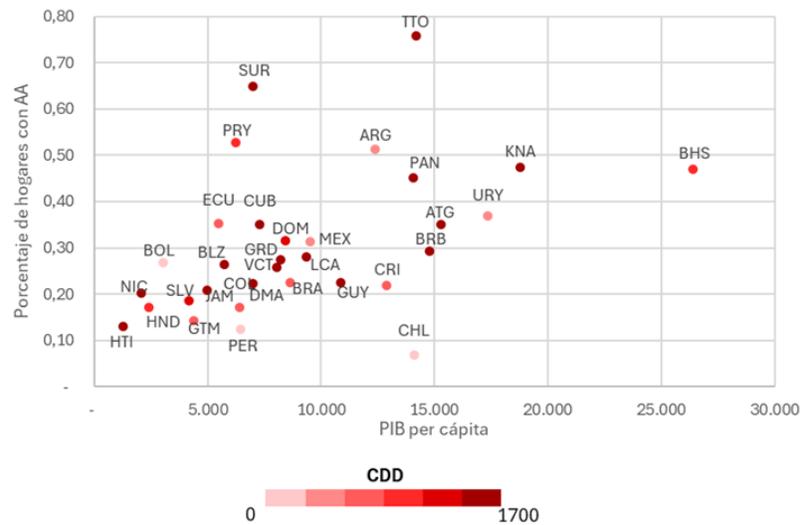


FIGURA 10 PIB per cápita, CDD y estimación del porcentaje de hogares con AA. Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), Mundial (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

El modelo estimado también se empleó para generar proyecciones hacia 2030 y 2050 de la tenencia de AA, como muestra el Cuadro 4. La menor tasa de penetración en la actualidad se da en Centroamérica, 7 puntos por debajo del promedio para toda la región. La cantidad promedio de equipos es muy similar entre regiones. La tenencia se incrementa 17 puntos hacia 2050, y la distancia se acorta entre las subregiones, por el mayor crecimiento absoluto en Centroamérica. Se mantendría la cercanía en cuanto a la cantidad de equipos.

CUADRO 4 Estimaciones y proyecciones de la penetración de aire acondicionado (AA) en los hogares

Región	Actual		2030		2050	
	% AA	Cant. AA	% AA	Cant. AA	% AA	Cant. AA
ALC	31	1,4	39	1,4	48	1,5
Sudamérica	32	1,3	39	1,3	50	1,4
Centroamérica y México	24	1,3	34	1,4	43	1,5
Caribe	34	1,4	41	1,5	50	1,6

Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

Hacia 2050 casi la mitad de los hogares de la región tendrán al menos un AA, frente a los uno de cada tres en la actualidad. Esto traerá aparejado un incremento en la demanda de electricidad, generando presión sobre el sistema de generación eléctrica de cada país. Manteniendo la participación actual en la distribución del uso de la energía, la expansión del AA podría incrementar la demanda eléctrica promedio en 13 % del consumo actual. En la medida que las matrices de generación no sean lo suficientemente limpias, podría agravarse la situación climática a través de un mayor calentamiento global.

Davis and Gertler (2015) afirman que el crecimiento en las ventas de AAs a nivel global no se explicará en el futuro por países de alto ingreso como Estados Unidos, donde su tenencia alcanza ya casi al 90 % de los hogares. Al contrario, se concentrará en países de

ingresos medios, potenciado por la exposición a las temperaturas elevadas. Estiman que, para finales de este siglo, la demanda eléctrica residencial se incrementaría en 15,4 %, similar a lo aquí calculado para ALC. Proyectan que la tenencia de AA para México a finales de siglo (bajo el escenario SSP 4.5) alcanzaría al 71 % de los hogares, asumiendo un crecimiento en el ingreso del 2 % anual, considerablemente superior a la tasa empleada en las proyecciones de este trabajo (0,79 % anual para México).

Una posible vía para enriquecer el análisis de la respuesta de los hogares ante el incremento de las necesidades de refrigeración es incluir otros equipos sustitutos al AA, como es el caso de los ventiladores. Estos tienen la ventaja de ser más accesibles, lo cual puede colaborar con una difusión más rápida que en caso del AA. Por otro lado, resultaría interesante estudiar cómo afecta la exposición a altas temperaturas a la adopción de códigos o prácticas de construcción que requieran estándares mínimos de aislamiento y/o eficiencia.

Sería recomendable también incorporar más países a la base conjunta de microdatos, permitiendo así una mayor variabilidad en términos de CDD e ingresos, lo que ayudaría a mejorar la calidad predictiva del modelo. Esto también arrojaría luz sobre cómo distintos regímenes tarifarios influyen sobre la adopción de bienes durables intensivos en energía eléctrica.

## 6 | CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta la distribución completa actual y futura de necesidades de calefacción y refrigeración para la población y el territorio de América Latina y el Caribe. Se demostró que el principal desafío en el marco del calentamiento global pasa por adaptarse a las elevadas temperaturas, pero que en el presente existen también desafíos importantes de calefacción. Estas presiones climáticas y el potencial de la región para aumentar significativamente sus niveles de ingresos incrementarán la demanda de energía eléctrica para refrigeración.

En cuanto a las limitaciones del trabajo, su metodología no considera el factor humedad. Un ambiente saturado de humedad impide la evaporación de agua, por lo que la temperatura no puede descender como sí lo haría en un medio más seco. Futuros trabajos podrán incorporar fuentes de datos alternativas donde la medición de las temperaturas provenga de un termómetro de bulbo húmedo o considere las correcciones necesarias para reflejar este efecto. Las necesidades de refrigeración serían aún más apremiantes en regiones que combinen calor y alta humedad. Por otro lado, el confort término puede depender de factores adicionales a los ambientales, como culturales o institucionales. La distribución de población y necesidades de climatización podría contemplar este aspecto considerando umbrales variables por regiones o países.

La distribución geográfica de la población y sus necesidades de refrigeración y calefacción puede emplearse en numerosas aplicaciones además de la presentada en este trabajo. Por ejemplo, a partir de ella se podrían utilizar estimaciones existentes para extrapolar posibles efectos de las temperaturas extremas sobre la mortalidad, la productividad laboral o el nivel educativo, todos factores indispensables para el desarrollo de la región. Asimismo, su combinación con datos de posesión de aparatos de climatización puede ilustrar el grado de satisfacción de dichas necesidades y cómo este varía según regiones.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a María Florencia Buccari por su excelente asesoría e indispensable guía respecto a las distintas opciones disponibles en cuanto a distribución espacial de

temperaturas y población.

## REFERENCIAS

- AIE (2022) Energy Efficiency 2022. *Tech. rep.*, Agencia Internacional de la Energía, París. URL: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>.
- AIE (2023) Space Cooling. URL: <https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling>.
- AIE (2023) Weather for Energy Tracker. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/weather-for-energy-tracker>.
- Balsari, S., Dresser, C. and Leaning, J. (2020) Climate Change, Migration, and Civil Strife. *Current Environmental Health Reports*, 7, 404–414. URL: <https://link.springer.com/10.1007/s40572-020-00291-4>.
- Biardeau, L. T., Davis, L. W., Gertler, P. and Wolfram, C. (2019) Heat exposure and global air conditioning. *Nature Sustainability*, 3, 25–28. URL: <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0441-9>.
- Brassiolo, P., Estrada, R., Vicuña, S., Odriozola, J., Toledo, M., Juncosa, F., Fajardo, G. and Schargrodsky, E. (2023) RED 2023: Desafíos globales, soluciones regionales: América Latina y el Caribe frente a la crisis climática y de biodiversidad. *Tech. rep.*, CAF- banco de desarrollo de América Latina y el Caribe, Distrito Capital. URL: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2089>.
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., Jotzo, F., Krug, T., Lasco, R., Lee, Y.-Y., Masson-Delmotte, V., Meinshausen, M., Mintenbeck, K., Mokssit, A., Otto, F. E., Pathak, M., Pirani, A., Poloczanska, E., Pörtner, H.-O., Revi, A., Roberts, D. C., Roy, J., Ruane, A. C., Skea, J., Shukla, P. R., Slade, R., Slangen, A., Sokona, Y., Sörensson, A. A., Tignor, M., Van Vuuren, D., Wei, Y.-M., Winkler, H., Zhai, P., Zommers, Z., Hourcade, J.-C., Johnson, F. X., Pachauri, S., Simpson, N. P., Singh, C., Thomas, A., Totin, E., Arias, P., Bustamante, M., Elgizouli, I., Flato, G., Howden, M., Méndez-Vallejo, C., Pereira, J. J., Pichs-Madruga, R., Rose, S. K., Saheb, Y., Sánchez Rodríguez, R., Ürgé Vorsatz, D., Xiao, C., Yassaa, N., Alegría, A., Armour, K., Bednar-Friedl, B., Blok, K., Cissé, G., Dentener, F., Eriksen, S., Fischer, E., Garner, G., Guivarch, C., Haasnoot, M., Hansen, G., Hauser, M., Hawkins, E., Hermans, T., Kopp, R., Leprince-Ringuet, N., Lewis, J., Ley, D., Ludden, C., Niamir, L., Nicholls, Z., Some, S., Szopa, S., Trewin, B., Van Der Wijst, K.-I., Winter, G., Witting, M., Birt, A., Ha, M., Romero, J., Kim, J., Haites, E. F., Jung, Y., Stavins, R., Birt, A., Ha, M., Orendain, D. J. A., Ignon, L., Park, S., Park, Y., Reisinger, A., Cammaramo, D., Fischlin, A., Fuglestvedt, J. S., Hansen, G., Ludden, C., Masson-Delmotte, V., Matthews, J. R., Mintenbeck, K., Pirani, A., Poloczanska, E., Leprince-Ringuet, N. and Péan, C. (2023) IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. *Tech. rep.*, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Edition: First.
- CEDLAS y Banco Mundial (2022) SEDLAC. *base de datos*. URL: <https://www.cedlas.econo.unlp.edu.ar/wp/estadisticas/sedlac/>.
- Colelli, F. P., Wing, I. S. and Cian, E. D. (2023) Air-conditioning adoption and electricity demand highlight climate change mitigation–adaptation tradeoffs. *Scientific Reports*, 13, 4413. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-31469-z>.
- Contreras, M., Serrano-Medrano, M. and Masera, O. (2022) Patrones de consumo energético en el sector residencial de México: un análisis desde la perspectiva de usos finales. *Tech. rep.*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

- Corporación Latinobarómetro (2020) Latinobarómetro 2020. *base de datos*. URL: <https://www.latinobarometro.org/latContents.jsp>.
- Cragg, J. G. (1971) Some Statistical Models for Limited Dependent Variables with Application to the Demand for Durable Goods. *Econometrica*, **39**, 829. URL: <https://www.jstor.org/stable/1909582?origin=crossref>.
- Davis, L. W. and Gertler, P. J. (2015) Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **112**, 5962–5967. URL: <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1423558112>.
- EIA (2020) Residential Energy Consumption Survey. *Base de datos*, U.S. Department of Energy, Energy Information Administration. URL: <https://www.eia.gov/consumption/residential/data/2020/>.
- Eurostat (2022) Ambiente y Energía. *Base de datos*, Unión Europea. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat>.
- Gil, S. (2021) Principales consumos en la región AMBA. *Tech. rep.*, Eficiencia Energética en Argentina. URL: [https://www.eficienciaenergetica.net.ar/img\\_publicaciones/04271007\\_01.SectorResidencial-PrincipalesconsumosenelAMBA.pdf](https://www.eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04271007_01.SectorResidencial-PrincipalesconsumosenelAMBA.pdf).
- Hub de Energía (2020) Evolución de las tarifas eléctricas. URL: <https://hubenergia.org/es/indicators/evolucion-de-las-tarifas-electricas>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018. URL: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html>.
- Instituto Nacional de Estadística (2022) Encuesta Continua de Hogares 2022. *base de datos*. URL: <https://www4.ine.gub.uy/Anda5/index.php/catalog/730>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2018) Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017-2018. URL: <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-4-45-151>.
- IPCC (2021) IPCC WGI Interactive Atlas. *base de datos*, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. URL: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/atlas>.
- Isaac, M. and Van Vuuren, D. P. (2009) Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy Policy*, **37**, 507–521. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421508005168>.
- Jiang, J., Wang, D., Liu, Y., Xu, Y. and Liu, J. (2018) A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. *Building and Environment*, **134**, 102–113. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318301082>.
- Kennard, H., Oreszczyn, T., Mistry, M. and Hamilton, I. (2022) Population-weighted degree-days: The global shift between heating and cooling. *Energy and Buildings*, **271**, 112315. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778822004868>.
- Lai, W., Qiu, Y., Tang, Q., Xi, C. and Zhang, P. (2023) The Effects of Temperature on Labor Productivity. *Annual Review of Resource Economics*, **15**, 213–232. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-101222-125630>. eprint: <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-101222-125630>.
- Marí-Dell'Olmo, M., Tobías, A., Gómez-Gutiérrez, A., Rodríguez-Sanz, M., García de Olalla, P., Camprubí, E., Gasparrini, A. and Borrell, C. (2019) Social inequalities in the association between temperature and mortality in a South European context. *International Journal of Public Health*, **64**, 27–37. URL: <https://doi.org/10.1007/s00038-018-1094-6>.
- Ministerio de Energía y Minas y Fundación Bariloche (2020) Encuesta nacional a sectores de consumo final de energía de República Dominicana. *Tech. rep.* URL: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00949.pdf>.

- Miranda, N. D., Lizana, J., Sparrow, S. N., Zachau-Walker, M., Watson, P. A. G., Wallom, D. C. H., Khosla, R. and McCulloch, M. (2023) Change in cooling degree days with global mean temperature rise increasing from 1.5 °C to 2.0 °C. *Nature Sustainability*, **6**, 1326–1330. URL: <https://www.nature.com/articles/s41893-023-01155-z>.
- Moreno-Monroy, A. I., Schiavina, M. and Veneri, P. (2021) Metropolitan areas in the world. Delineation and population trends. *Journal of Urban Economics*, **125**, 103242. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0094119020300139>.
- Mundial, B. (2023) Datos de libre acceso del Banco Mundial. *base de datos*. URL: <https://datos.bancomundial.org>.
- Natural Resources Defense Council (2021) Global Warming 101 - Definition, Facts, Causes and Effects of Global Warming. URL: <https://www.nrdc.org/es/stories/calentamiento-global-101>.
- Noelke, C., McGovern, M., Corsi, D. J., Jimenez, M. P., Stern, A., Wing, I. S. and Berkman, L. (2016) Increasing ambient temperature reduces emotional well-being. *Environmental Research*, **151**, 124–129. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001393511630281X>.
- Park, R. J., Goodman, J., Hurwitz, M. and Smith, J. (2020) Heat and Learning. *American Economic Journal: Economic Policy*, **12**, 306–339. URL: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pol.20180612&&from=f>.
- Pavanello, F., De Cian, E., Davide, M., Mistry, M., Cruz, T., Bezerra, P., Jagu, D., Renner, S., Schaeffer, R. and Lucena, A. F. P. (2021) Air-conditioning and the adaptation cooling deficit in emerging economies. *Nature Communications*, **12**, 6460. URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-26592-2>.
- Puig, J. and Tornarolli, L. (2023) Acceso y consumo de energía residencial en América Latina y el Caribe.
- Schiavina, M., Freire, S. and MacManus, K. (2023) GHS-POP R2023A - GHS population grid multitemporal (1975-2030). URL: <http://data.europa.eu/89h/2ff68a52-5b5b-4a22-8f40-c41da8332cfe>.
- Schiavina, M., Moreno-Monroy, A., Maffenini, L. and Veneri, P. (2019) GHS-FUA R2019A - GHS functional urban areas, derived from GHS-UCDB R2019A. URL: <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/download.php?ds=FUA>.
- Sivak, M. (2009) Potential energy demand for cooling in the 50 largest metropolitan areas of the world: Implications for developing countries. *Energy Policy*, **37**, 1382–1384. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030142150800726X>.
- Yang, J., Ou, C.-Q., Ding, Y., Zhou, Y.-X. and Chen, P.-Y. (2012) Daily temperature and mortality: a study of distributed lag non-linear effect and effect modification in Guangzhou. *Environmental Health*, **11**, 63. URL: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-11-63>.

**APÉNDICE**

FIGURA A.1 Mapa de FUAs. Fuente: Elaboración propia en base a GHSL ([Schiavina et al., 2019](#)).

CUADRO A.1 Distribución de CDD ponderados por población, periodo 2041-2060

País	Promedio	P5	P10	Mediana	P90	P95
Antigua y Barbuda	1.893	1.891	1.891	1.891	1.891	1.915
Argentina	450	62	120	199	1.093	1.320
Bahamas	1.558	1.486	1.486	1.566	1.670	1.670
Barbados	2.062	2.019	2.019	2.076	2.076	2.076
Belice	2.045	1.803	1.803	2.053	2.247	2.247
Bolivia	367	10	10	35	997	1.631
Brasil	1.131	272	272	990	2.253	2.346
Chile	52	-	-	11	188	213
Colombia	956	211	211	697	2.342	2.448
Costa Rica	1.205	455	455	455	2.223	2.420
Cuba	1.999	1.693	1.738	2.051	2.241	2.241
Dominica	1.974	1.974	1.974	1.974	1.974	1.974
Ecuador	931	284	284	1.105	1.512	1.512
El Salvador	1.796	1.004	1.341	1.683	2.130	2.309
Granada	2.003	1.979	1.979	2.025	2.025	2.025
Guatemala	1.125	407	407	1.296	1.745	1.745
Guyana	1.911	1.788	1.788	1.880	2.066	2.213
Haití	2.054	1.390	1.390	2.193	2.316	2.316
Honduras	1.349	547	547	1.399	1.939	1.983
Jamaica	2.098	1.914	1.947	2.217	2.228	2.231
México	721	147	157	502	1.677	1.938
Nicaragua	2.149	1.782	1.829	2.231	2.560	2.566
Panamá	1.885	1.697	1.848	1.856	2.009	2.116
Paraguay	1.348	892	1.037	1.429	1.741	1.873
Perú	519	51	107	271	1.156	1.340
República Dominicana	1.639	1.335	1.335	1.817	2.047	2.099
San Cristóbal y Nieves	1.917	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915
San Vicente y las Granadinas	2.038	2.030	2.030	2.040	2.040	2.040
Santa Lucía	2.022	2.011	2.011	2.011	2.040	2.040
Suriname	2.098	1.974	2.038	2.038	2.206	2.234
Trinidad y Tobago	2.111	2.032	2.032	2.051	2.199	2.199
Uruguay	436	118	118	452	858	937
Venezuela	1.770	1.029	1.029	1.908	2.670	3.012

Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

CUADRO A.2 Distribución de CDD ponderados por población, periodo 2081-2100

País	Promedio	P5	P10	Mediana	P90	P95
Antigua y Barbuda	2.122	2.120	2.120	2.120	2.120	2.143
Argentina	548	97	170	299	1.227	1.512
Bahamas	1.762	1.688	1.688	1.769	1.879	1.879
Barbados	2.285	2.242	2.242	2.299	2.299	2.299
Belice	2.294	2.041	2.041	2.301	2.503	2.503
Bolivia	445	22	22	50	1.155	1.928
Brasil	1.342	427	427	1.184	2.523	2.639
Chile	88	3	12	51	247	266
Colombia	1.142	346	346	850	2.569	2.675
Costa Rica	1.459	704	704	704	2.488	2.689
Cuba	2.237	1.943	1.967	2.283	2.492	2.492
Dominica	2.201	2.201	2.201	2.201	2.201	2.201
Ecuador	1.129	438	438	1.296	1.765	1.775
El Salvador	2.054	1.261	1.575	1.940	2.387	2.558
Granada	2.229	2.206	2.206	2.249	2.249	2.249
Guatemala	1.352	634	634	1.515	1.984	1.984
Guyana	2.184	2.061	2.061	2.147	2.333	2.525
Haití	2.301	1.642	1.642	2.439	2.555	2.555
Honduras	1.592	795	795	1.647	2.221	2.258
Jamaica	2.335	2.147	2.186	2.452	2.468	2.470
México	869	249	262	627	1.915	2.164
Nicaragua	2.425	2.054	2.115	2.519	2.831	2.831
Panamá	2.125	1.941	2.075	2.098	2.258	2.354
Paraguay	1.556	1.110	1.233	1.623	1.970	2.121
Perú	677	65	194	455	1.375	1.582
República Dominicana	1.877	1.574	1.574	2.053	2.284	2.347
San Cristóbal y Nieves	2.145	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143
San Vicente y las Granadinas	2.262	2.254	2.254	2.264	2.264	2.264
Santa Lucía	2.246	2.235	2.235	2.235	2.264	2.264
Suriname	2.382	2.215	2.323	2.323	2.490	2.534
Trinidad y Tobago	2.360	2.282	2.282	2.301	2.449	2.449
Uruguay	530	197	197	574	976	1.062
Venezuela	2.044	1.297	1.297	2.181	2.974	3.286

Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

CUADRO A.3 Distribución de HDD ponderados por población, periodo 2041-2060

País	Promedio	P5	P10	Mediana	P90	P95
Antigua y Barbuda	1	1	1	1	1	1
Argentina	728	158	224	808	1.177	1.265
Bahamas	9	8	8	9	9	9
Barbados	-	-	-	-	-	-
Belice	2	1	1	1	3	3
Bolivia	1.054	-	-	959	2.904	2.904
Brasil	39	-	-	1	120	241
Chile	1.613	798	1.130	1.748	2.009	2.185
Colombia	270	-	-	17	1.187	1.187
Costa Rica	12	-	-	23	23	23
Cuba	6	4	5	6	7	7
Dominica	-	-	-	-	-	-
Ecuador	547	-	3	30	2.264	2.293
El Salvador	1	-	-	-	4	8
Granada	-	-	-	-	-	-
Guatemala	30	-	-	12	30	51
Guyana	0	-	-	-	-	-
Haití	3	1	1	2	4	4
Honduras	2	-	-	1	4	4
Jamaica	2	1	1	2	2	2
México	338	-	-	195	866	866
Nicaragua	0	-	-	-	-	-
Panamá	-	-	-	-	-	-
Paraguay	70	-	2	80	143	148
Perú	437	-	3	38	1.411	2.308
República Dominicana	2	-	-	2	4	4
San Cristóbal y Nieves	1	1	1	1	1	1
San Vicente y las Granadinas	-	-	-	-	-	-
Santa Lucía	-	-	-	-	-	-
Suriname	-	-	-	-	-	-
Trinidad y Tobago	-	-	-	-	-	-
Uruguay	560	324	354	503	723	723
Venezuela	8	-	-	-	1	1

Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).

CUADRO A.4 Distribución de HDD ponderados por población, periodo 2081-2100

País	Promedio	P5	P10	Mediana	P90	P95
Antigua y Barbuda	1	1	1	1	1	1
Argentina	648	126	147	730	1.057	1.141
Bahamas	8	7	7	8	8	8
Barbados	-	-	-	-	-	-
Belice	1	-	-	1	2	2
Bolivia	938	-	-	783	2.728	2.728
Brasil	31	-	-	-	93	191
Chile	1.448	687	994	1.569	1.807	1.954
Colombia	265	-	-	9	1.181	1.181
Costa Rica	12	-	-	23	23	23
Cuba	4	3	4	4	5	5
Dominica	-	-	-	-	-	-
Ecuador	532	-	-	19	2.233	2.265
El Salvador	0	-	-	-	2	5
Granada	-	-	-	-	-	-
Guatemala	26	-	-	7	19	46
Guyana	0	-	-	-	-	-
Haití	3	1	1	2	4	4
Honduras	1	-	-	1	2	2
Jamaica	2	1	1	2	2	2
México	295	-	-	157	796	796
Nicaragua	0	-	-	-	-	-
Panamá	-	-	-	-	-	-
Paraguay	53	-	-	61	113	116
Perú	369	-	2	26	1.164	2.013
República Dominicana	2	-	-	2	4	4
San Cristóbal y Nieves	1	1	1	1	1	1
San Vicente y las Granadinas	-	-	-	-	-	-
Santa Lucía	-	-	-	-	-	-
Suriname	-	-	-	-	-	-
Trinidad y Tobago	-	-	-	-	-	-
Uruguay	489	267	291	432	647	647
Venezuela	8	-	-	-	-	1

Fuente: Elaboración propia en base a AIE (2023), GHSL (Schiavina et al., 2019, 2023) e IPCC (2021).