Vulnerabilidad de las comunas de Chile a condiciones de Calor Extremo[1]

En este documento se revisan las principales consideraciones metodológicas para el establecimiento de la vulnerabilidad en las comunas de Chile. Estas apreciaciones surgen en el marco del desarrollo de la meta calor extremo en Chile, CDC 2024, para la cual se debería representar en términos territoriales la forma en que el calor extremo afecta a los diferentes componentes del espacio geográfico chileno.

De la revisión de la bibliografía disponible se desprende un análisis de la vulnerabilidad de las comunas en Chile en términos de una dimensión sociodemográfica por sobre una física o ambientalista, el cual recoge los aportes de publicaciones tanto latinoamericanas como de la literatura anglosajona. A partir de ello, el objetivo central de este documento es realizar una propuesta metodológica para el posterior desarrollo en una segunda etapa, con el fin de aportar en el ámbito de la consecución de la totalidad de los planteamientos realizados.

1. Conceptualización y métodos

Debido al aumento en las repercusiones que ha tenido el cambio climático durante el siglo 21, ha crecido la necesidad y el interés por estudiar los impactos que el proceso está provocando en las comunidades y sociedades globalmente. Dentro de los aspectos más recurrentes se encuentra las alteraciones extremas de la meteorología y las condiciones climáticas en general, sin embargo, resulta altamente deseable para fines metodológicos, delimitar y declarar lo que se entiende en los conceptos, como en la forma en que se analiza.

1.1 Del concepto de calor extremo

Aunque existe mucha difusión de las manifestaciones de lo que se ha venido a denominar clima extremo, la realidad de la discusión es que lo que se observa suelen ser importantes eventos o alteraciones en las condiciones meteorológicas, por sobre auténticas variaciones sobre el clima. De esta forma quedan habitualmente constatadas anomalías y fluctuaciones de los elementos y de los factores climáticos (Viento, Precipitaciones, Temperatura, etc.). Sin embargo, estas situaciones no implican necesariamente cambios reales en el

[1] Elaborado por Francisco Mardones, Geógrafo, SIIT, Departamento de Estudios, Publicaciones y Extensión. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. septiembre de 2024.

clima si es que no poseen cierta recurrencia, la cual empieza a modificar o desdibujar lo que habitualmente encontrábamos en los dominios climáticos de las zonas en cuestión.

Cuando dichas anomalías se incrementan en extensión y periodicidad, comienzan a ser establecidos como manifestaciones del llamado Cambio Climático[2]. Desde esa perspectiva, en este documento se revisan los efectos del calor extremo, el cual se puede definir cómo períodos o lapsos en los que la temperatura diaria máxima presenta valores que se encuentran por sobre las mediciones promedio normales. Esta situación provoca interacciones de distinta índole sobre la población, y que debido a la proyección al alza de dichos eventos[3] requiere un estudio de las repercusiones qué se pueden generar en la población, así como exige un marco de prognosis en los estamentos de toma de decisión y regulación en el país.

1.2 Del concepto de vulnerabilidad

Uno de los aspectos relevantes para alcanzar el objetivo de este documento es declarar o definir qué se entenderá como vulnerabilidad, vinculada especialmente a su dimensión territorial y social. Un primer acercamiento realizado por las Naciones Unidas se asocia con la acepción que la vulnerabilidad es la tendencia o nivel de susceptibilidad que presenta un territorio de verse afectado por los efectos dañinos de ciertas amenazas, ya sean de tipo social, ambiental o demográficas de su emplazamiento. ￼

Desde esa misma línea, el Atlas de Riesgo Climático de Chile[4], se hace cargo del concepto desde el punto de vista de la sensibilidad que muestran los distintos territorios al cambio de las actuales condiciones, en el entendido que la exposición y el aumento en la periodicidad en la exposición a olas de calor o a condiciones de sequía puede generar efectos nocivos para las comunidades que se localizan en un territorio (ya sean miembros de un ecosistemas o población).

En función de lo planteado, la idea de vulnerabilidad para este estudio se basa en la susceptibilidad de la población de las comunas del país a experimentar

---

[2] Comisión Europea, CE (2024). Consecuencias del cambio climático. Comisión de Energía, Medio Ambiente y Cambio Climático. https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_es

[3] Gil, Magdalena, et Alt (2023). Calor extremo: estrategia de gestión y medidas de adaptación para la Región Metropolitana de Santiago. Concurso Políticas Públicas, Propuestas para Chile, Concurso Políticas Públicas 2023, Centro de Estudios Públicos, Pontifica Universidad Católica de Chile (PUCH). https://politicaspublicas.uc.cl/web/content/uploads/2024/04/PROPUESTAS-PARA-CHILE-2023.pdf

[4] Pica-Téllez, A, et Alt. 2020. Informe Proyecto ARClim: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile. Santiago, Chile. En https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2021/03/Informe_ARCLIM_Consolidado.pdf

efectos dañinos frente a eventos de calor extremo, proponiendo un método de análisis que explore en las principales características y atributos vinculados con la temática.

1.3 De la discusión del método

Dentro del análisis de los métodos usados para abordar la vulnerabilidad, se ha observado que aparte de las consideraciones respecto de las variables, también existe una dualidad en la familia de métodos para el establecimiento del propio índice que a grandes rasgos presenta estudios centrados en un análisis de componentes principales versus aquellos estudios que pretenden establecer un modelo de regresión múltiple.

Esta discusión, que podría parecer muy elevada y academicista, en realidad encierra una concepción de fondo respecto del resultado de los mismos: por una parte la reducción de data involucrada con muchas variables que permita observar cuál de las dimensiones presentan mayor trascendencia en la vulnerabilidad y por ende, delimita similitudes mediante el establecimiento de clústeres; y por otro lado un modelo de que cumple un rol predictivo de la vulnerabilidad pero siempre en función de una variable dependiente que fluctúa en término de múltiples variables independientes.

De acuerdo con la observación de la disponibilidad de datos, y pensando principalmente en el fin de este documento, el cual persigue establecer una prognosis del tema en estudio en términos de la cercanía o similitud en la vulnerabilidad al calor extremo que poseen los territorios, es que se ha decidido la utilización del método de los componentes principales como el abordaje más apropiado.

En virtud de lo planteado en diferentes publicaciones y estudios realizados alrededor del mundo[5], y en el propio país, se puede observar que existen consideraciones metodológicas para abordar la vulnerabilidad respecto del calor extremo que se sintetizan en al menos 5 dimensiones: demografía, condiciones socioeconómicas, condiciones de salud, condiciones ambientales, disponibilidad de infraestructura. Eventualmente podría incorporarse el marco regulatorio o normativo, sin embargo, debido a que en nuestro país estas iniciativas pueden tener un carácter nacional y transversal, difícilmente se podría distinguir esto como un aspecto que permita discriminar, dada la escala de análisis de este documento.

---

[5]Junzhe Bao, Xudong Li , Chuanhua Yu (2015). The Construction and Validation of the Heat Vulnerability Index, a Review. Int. J. Environ. Res. Public Health 2015, 12, 7220-7234; doi:10.3390/ijerph120707220. Disponible en http://www.mdpi.com/journal/ijerph

1.4 Selección de Variables

En una revisión amplia, aunque no completamente exhaustiva de las fuentes que abordan los aspectos metodológicos, se estableció que, dentro de las dimensiones previamente enumeradas en este documento, en los textos que abordaban esta temática se incorporaron variables cuyo correlato no se observa totalmente vinculado a la realidad nacional, entendiéndose las metodologías ligadas a desequilibrios territoriales y/o sociales los que más se asemejaban al objeto de estudio de este documento[6]. De esta manera y luego de un proceso de reducción metodológica, se estableció que las variables a seleccionar serán las siguientes:

1.4.1 Variables demográficas

- Población total menor de 5 años (% sobre total comunal)

- Población total mayor de 65 años (% sobre total comunal)

- Población Urbana (% sobre total comunal)

- Densidad demográfica promedio (habitantes por kilómetro cuadrado)

1.4.2 Variables socioeconómicas

- Población pobre por ingresos (Índice de pobreza comunal por ingresos)

- Nivel educacional de la población (% Población sin estudios Universitarios o superiores)

- Presencia de hogares unifamiliares con población mayor de 65 años (%).

- Precariedad de las viviendas (% de viviendas precarias)

- Hacinamiento (Porcentaje comunal de viviendas en situación de hacinamiento)

1.4.3 Variables de Salud

- Prevalencia de enfermedades crónicas (% de población comunal con enfermedades crónicas)

- Personas con dependencia moderada o severa (% de personas con dependencia por comuna)

- Prevalencia comunal por Desnutrición

---

[6] Renteria, Roger, y otros (2021). Social disparities in neighborhood heat in the Northeast United States. Environmental Research Magazine, Volumen 203, enero 2022. 111805.

1.4.4 Variables ambientales

- Temperaturas Medias mensuales (promedio por comuna mes de enero 2021)

- Índice de vegetación (NDVI promedio por comuna para enero 2024)

- Índice de humedad (Índice de humedad por comuna enero de 2024)

- Porcentaje de áreas urbanas en el total comunal (% de Superficie Urbana en la comuna)

1.4.5 Variables de infraestructura

- Vivienda con cobertura de la red de agua potable (Porcentaje)

- Disponibilidad de establecimientos de salud de urgencia (cantidad)

- Superficie Total de Parques Urbanos (Porcentaje)

- Superficie de Áreas Verdes Mantenidas (m2)

- Cantidad de Parques urbanos por comuna

Este conjunto de variables permite realizar un análisis adecuado de la problemática, balanceando el ámbito físico-ambiental con lo sociodemográfico. Se pretende alcanzar un equilibrio en las correlaciones que se esperarían en este tipo de análisis, para que se permita realizar el análisis de componentes principales.

Análisis y Resultados

Análisis de Componentes Principales (ACP)

Luego de la realización del análisis de componentes principales, se redujeron las 20 variables hasta una expresión de 6 dimensiones, las cuales explican el 70% de la varianza. Desde esa perspectiva, se observa que las principales consideraciones de vulnerabilidad quedarían explicadas por los siguientes aspectos

Dimensión	Componentes explicativos
1- Infraestructura pública Carenciada	Cobertura de establecimientos de emergencia, cantidad de áreas verdes con mantención, presencia de hogares unipersonales, y la cantidad de parques urbanos.
2- Emplazamiento en ambientes cálidos	Cantidad de población urbana, concentración de hogares con agua potable de red pública, temperaturas medias altas, y hogares unipersonales.

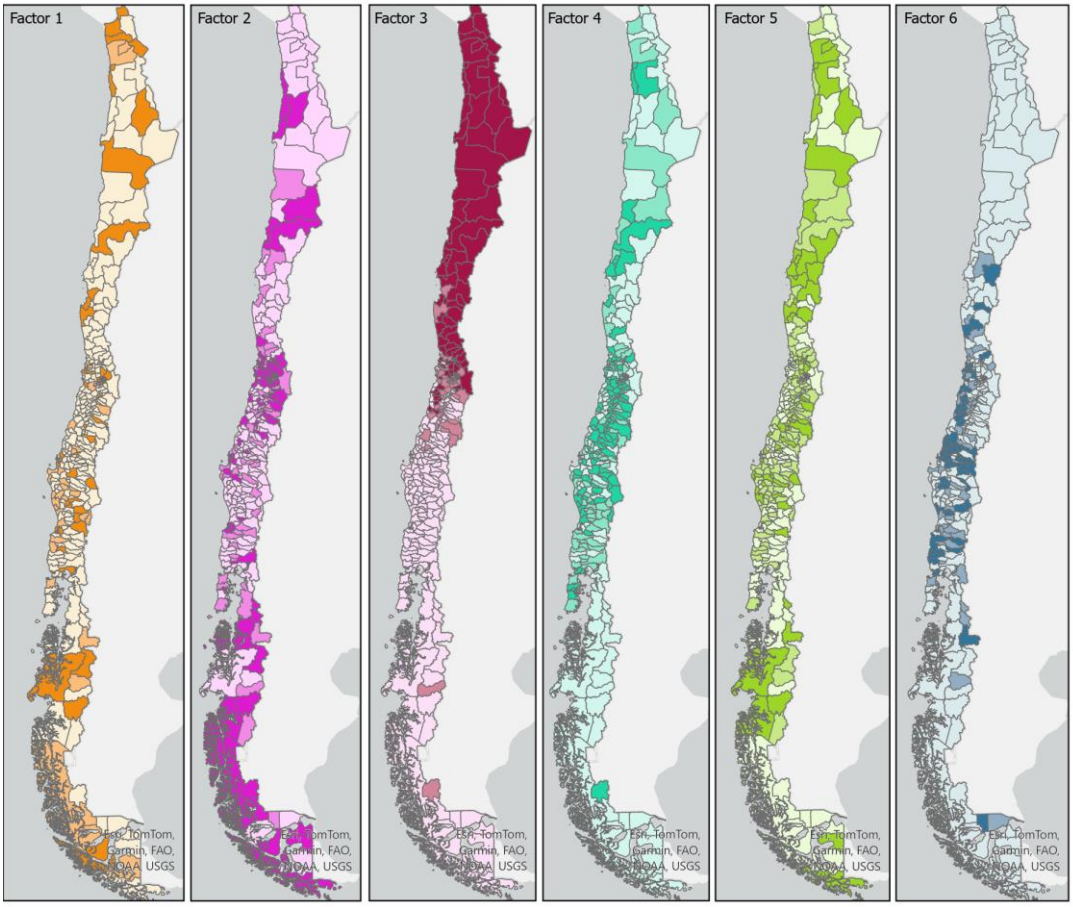
3- Aglomeraciones	Comunas con temperaturas medias altas, con una fuerte densidad demográfica, un porcentaje de hacinamiento.
4- Fragilidad Sanitaria	Comunas con cobertura de salud primaria municipal, temperaturas medias, población pobre y presencia de población menor de 5
5- Pobreza	Presencia de población menor de 5 años, en comunas según porcentaje de pobreza, y habitantes con presencia de estudios superiores.
6- Dependencia	Presencia de personas con más de 65 años, presencia de personas con dependencia moderada o severa, en hogares unipersonales y densidad de población.

Fuente: Elaboración propia

El componente infraestructura pública carenciada explica la mayor parte de la varianza acumulada (27%), y en particular presenta una vulnerabilidad significativa para comunas en las cuales existe poca asistencia en casos de descompensación por temperaturas extremas, o espacios a los cuales recurrir para soportar o atenuar los efectos del calor.

Adicionalmente, el emplazamiento en ambientes cálidos se hace particularmente desafiante para comunas que presentan concentraciones significativas de población urbana, y cuyas temperaturas medias adicionalmente sean superiores al panorama nacional.

Figura 1. Mapa de Componentes por comuna para todo Chile.



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 1, la distribución geográfica de los componentes que explican la vulnerabilidad al calor extremo posee matices. Dispuestos de la misma forma en que explican el porcentaje de la varianza,

El factor 1, en el cual se relaciona a la vulnerabilidad con la infraestructura pública carenciada, posee una fuerte correlación con las cabeceras regionales y zonas desconectadas o aisladas.

Factor 2, emplazamiento en ambientes cálidos, se observa cierta una correlación más intensa en los sectores en algunas comunas del norte, como así mismo una vulnerabilidad en sectores patagónicos.

El factor 3 relacionada con aglomeraciones se relaciona con mayor intensidad en la zona centro y norte del país.

El factor 4, denominado fragilidad sanitaria, muestra una presencia en buena parte del territorio nacional, sin embargo, posee una mayor presencia entre la región de Atacama y la de Los Lagos.

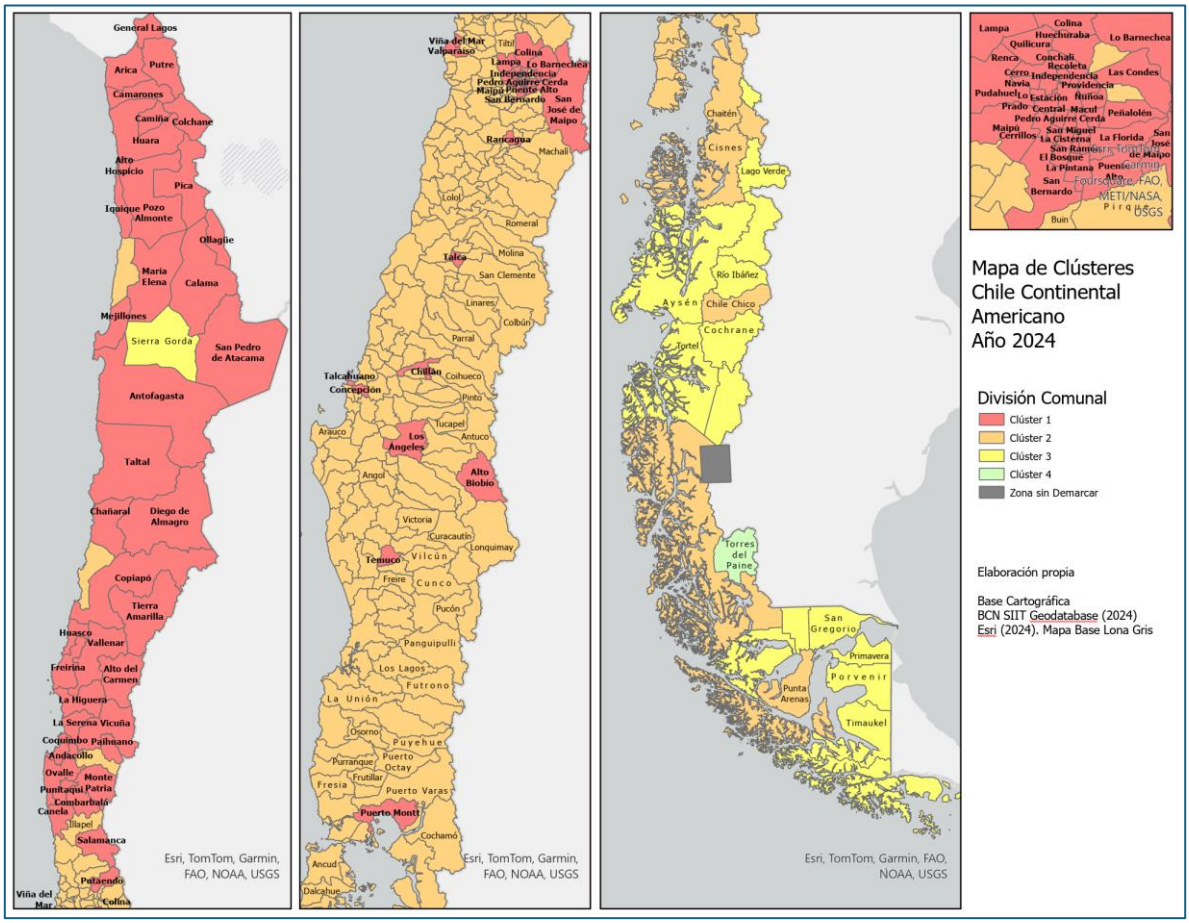
El factor 5, denominado pobreza, también presenta una alta variabilidad entre las comunas, aun cuando tiende a presentarse con más fuerza en los municipios que poseen carácter rural.

El factor 6, denominado dependencia, se hace presente principalmente entre las regiones de Atacama y Los Lagos, vinculándose principalmente con las comunas cercanas al litoral.

Análisis Clúster de componentes principales

El análisis de proximidad o clúster permite agrupar comunas con similitudes de vulnerabilidad. Esta técnica relaciona la similitud que poseen las unidades espaciales respecto de matices relevados en el análisis de componentes, y los encasilla en 4 categorías para todo el país. Estas categorías se presentan en la imagen que se adjunta a continuación.

Figura 2. Mapa de Clústeres respecto de vulnerabilidad por comuna.



Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 2, el clúster 1 empareja a gran parte de las comunas del norte y centro norte del país con condiciones de vulnerabilidad alta, emplazadas en territorios de aridez son bien reconocida, o sectores de altas aglomeraciones en las principales cabeceras regionales, incluyendo a una porción significativa de municipios de la Región Metropolitana, con sus símiles de las zonas desérticas o del semiárido. En general exponen la mayor vulnerabilidad por emplazarse en sectores áridos, con altas temperaturas estivales, gran concentración de población, y con infraestructura pública carenciada o deficitaria para cubrir a la población objetivo.

De la misma forma, el clúster 2 reúne a las comunas del centro y sur del país con una vulnerabilidad media, principalmente aquellas que poseen jerarquía urbana secundaria y mayor presencia de humedad y vegetación.

Por su parte el clúster 3 expone sectores con vulnerabilidad baja, principalmente influida por baja concentración de población susceptible a las temperaturas extremas,

y en términos más amplio por condiciones demográficas en la que predomina la falta de población adulta mayor e infantes menores de 5 años, en condiciones de baja densidad demográfica y mayor ruralidad.

El clúster 4 está relacionado con unidades en condiciones en general muy diferentes al resto del país, y tiene relación con un espacio patagónico escaso en población y vinculado a condiciones ambientales fuertemente contrastantes con el paisaje nacional.