



# **Identificación de Impactos, Evaluación de Vulnerabilidad del Sector Salud frente al Cambio Climático y Propuestas para la Adaptación**

**Estudio solicitado por Subsecretaría de Medio Ambiente**

**INFORME FINAL**

**Santiago, 15 de Enero de 2012**

**Equipo de Trabajo**

Luis Abdón Cifuentes Lira, Ingeniero Civil Estructural  
Ph.D. en Ingeniería y Políticas Públicas  
lac@ing.puc.cl

Camila Cabrera, Ingeniero Civil Industrial  
Especialidad Ambiental  
ccabrera@greenlabuc.cl

Andrés Romero, Geógrafo  
aromero@greenlabuc.cl

Carolina Soto, Ingeniero Civil Industrial  
Especialidad Ambiental  
cjsoto@uc.cl

Andrés Pica, Ingeniero Civil Industrial  
Especialidad Ambiental  
MSc Environmental Engineering, Politecnico di Torino

## Tabla de Contenidos

<b>TABLA DE CONTENIDOS</b> .....	<b>I</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>II</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS</b> .....	<b>V</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b> .....	<b>13</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>4. PRODUCTOS DEL ESTUDIO</b> .....	<b>14</b>
<b>5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
5.1 REPORTES INTERNACIONALES SOBRE EL ESTADO DEL ARTE DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL SECTOR SALUD.....	16
5.2 PUBLICACIONES PUBMED.....	17
5.2.1 Estrategia de Búsqueda.....	17
5.2.2 Documentos seleccionados para la revisión .....	18
5.3 PLANES DE ADAPTACIÓN INTERNACIONALES .....	20
5.4 DOCUMENTOS NACIONALES.....	21
<b>6. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS A LA SALUD ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>23</b>
6.1 FACTORES CLIMÁTICOS.....	24
6.1.1 Variación de las temperaturas promedio .....	25
6.1.1 Variación en la presión atmosférica .....	25
6.1.2 Variación en las precipitaciones promedio.....	25
6.1.3 Extremos climáticos.....	26
6.2 EFECTOS INTERMEDIOS.....	26
6.2.1 Inundaciones y sequías.....	27
6.2.2 Calidad del agua y alimentos.....	27
6.2.3 Vientos, Nubes y Tormentas.....	29
6.2.4 Calidad del aire.....	29
6.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD .....	30
6.3.1 Enfermedades asociadas al consumo de alimentos y consumo de agua .....	30
6.3.2 Variación en la presentación de enfermedades vectoriales .....	32
6.3.3 Variación en la morbilidad y mortalidad por cambios en la temperatura .....	34
6.3.4 Aumento de las enfermedades alérgicas.....	36
6.3.5 Enfermedades asociadas a mayor exposición a RUV .....	37
6.3.6 Aumento de Enfermedades cardiorrespiratorias.....	37
6.3.7 Lesiones y Defunciones.....	37
6.3.8 Salud Mental .....	38
6.4 COMENTARIOS GENERALES A LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS A LA SALUD PRODUCTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	38
<b>7. PROYECCIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS</b> .....	<b>41</b>
7.1 PROYECCIÓN DE TEMPERATURAS .....	41
7.1.1 Proyección de Temperaturas Diarias .....	45

7.2	PROYECCIONES DE PRECIPITACIÓN .....	47
<b>8.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS RELEVANTES PARA CHILE Y DEFINICIÓN DE ZONAS VULNERABLES.....</b>	<b>51</b>
8.1	CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.....	51
8.1.1	Impactos globales.....	52
8.1.2	Impactos zonales.....	54
8.2	CUANTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	56
8.2.1	Estadísticas Salud.....	56
8.2.2	Curvas Exposición Respuesta.....	57
8.2.3	Proyección de Impactos en Salud producto de modificación en los patrones de Temperatura .....	61
<b>9.</b>	<b>LÍNEAS DE ACCIÓN INTERNACIONALES PARA PLANES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO – SECTOR SALUD.....</b>	<b>66</b>
<b>10.</b>	<b>LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS A IMPLEMENTAR EN UN PLAN DE ADAPTACIÓN SECTORIAL PARA CHILE72</b>	
10.1	LÍNEA DE ACCIÓN: PROMOCIÓN DE LA SALUD .....	72
10.2	LÍNEA DE ACCIÓN: LEVANTAMIENTO Y MONITOREO INFORMACIÓN.....	73
10.3	LÍNEA DE ACCIÓN: CREACIÓN DE CAPACIDADES .....	73
10.4	LÍNEA DE ACCIÓN: DISMINUCIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE EVENTOS EXTREMOS .....	74
10.5	LÍNEA DE ACCIÓN: DISMINUCIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE ENFERMEDADES INFECCIOSAS .....	75
10.6	INSTITUCIONALIDAD RESPONSABLE.....	75
<b>11.</b>	<b>TEMAS PROPUESTOS PARA PRÓXIMOS ESTUDIOS .....</b>	<b>77</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>78</b>
<b>13.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>
13.1	DOCUMENTOS REVISADOS DE PUBMED.....	80
13.2	LISTA DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE PROYECTO CAS (CLIMA ADAPTACIÓN SANTIAGO).....	82
13.3	DETALLE DOCUMENTOS PLANES DE ADAPTACIÓN INTERNACIONALES .....	83
13.4	PRINCIPALES CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA A NIVEL LOCAL.....	85
13.5	RESUMEN DOCUMENTO “DIAGNOSTICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE” .....	87
13.6	DETALLE DE EFECTOS INTERMEDIOS .....	91
13.6.1	Efectos primarios.....	91
13.6.2	Efectos secundarios.....	92
13.6.3	Efectos terciarios y cuaternarios .....	93
13.7	RELACIONES DE CAUSALIDAD ENTRE FACTORES CLIMATICOS, EFECTOS INTERMEDIOS Y EFECTOS A LA SALUD HUMANA .....	95
13.8	CAMBIO EN LA TASA DE INGRESOS HOSPITALARIOS PRODUCTO DE LA MODIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA .....	96
13.8.1	Temperatura diaria media.....	96
13.8.2	Temperatura diaria máxima.....	99
13.9	TALLER DE DIFUSIÓN Y DISCUSIÓN EN MARCO DEL PRESENTE ESTUDIO.....	102
<b>14.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>105</b>

## Lista de Tablas

Tabla 5-1: Contenido de documentos de PubMed utilizados en este estudio .....	18
Tabla 5-2 Tipo y contenido de documentos analizados asociados a planes de adaptación al cambio climático internacionales .....	21
Tabla 7-1. Modelos GCM considerados en análisis de temperatura futura .....	46
Tabla 7-2. Monitores considerados para el análisis de series de temperatura históricas.....	47

Tabla 8-1 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura – Arica .....62

Tabla 8-2 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura - Antofagasta .....62

Tabla 8-3 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura – La Serena .....63

Tabla 8-4 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura - Santiago .....63

Tabla 8-5 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura - Concepción .....63

Tabla 8-6 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura - Temuco .....64

Tabla 8-7 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura – Puerto Montt .....64

Tabla 8-8 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura – Punta Arenas .....65

Tabla 13-1: Tabla Resumen documentos revisados de PubMed .....80

Tabla 13-2 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Arica .....96

Tabla 13-3 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Antofagasta .....96

Tabla 13-4 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria – La Serena.....97

Tabla 13-5 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Santiago .....97

Tabla 13-6 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Concepción .....98

Tabla 13-7 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Temuco .....98

Tabla 13-8 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria – Puerto Montt .....98

Tabla 13-9 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria – Punta Arenas.....99

Tabla 13-10 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Arica.....99

Tabla 13-11 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Antofagasta .....99

Tabla 13-12 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria – La Serena .....100

Tabla 13-13 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Santiago.....100

Tabla 13-14 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Concepción .....101

Tabla 13-15 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Temuco .....101

Tabla 13-16 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria – Puerto Montt .....101

Tabla 13-17 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria – Punta Arenas .....102

Tabla 13-18 Programa de Actividades Taller de Difusión y Discusión .....103

Tabla 13-19 Lista de asistentes a Taller de Difusión y Discusión .....103



## Lista de Figuras

Figura 2-1: Diagrama de factores influyentes en la ocurrencia del riesgo de impacto .....9

Figura 2-2 Representación de escenarios de proyección de emisiones .....11

Figura 2-3 Proyecciones de calentamiento global de la superficie según escenarios de emisiones GEI IPCC .....12

Figura 6-1: Diagrama de vías de impacto del cambio Climático a la Salud.....24

Figura 6-2: Dirección y magnitud de los efectos del cambio climático en la salud humana .....40

Figura 7-1 Proyecciones de temperatura para el escenario A2.....43

Figura 7-2 Proyecciones de temperatura para el escenario B2.....44

Figura 7-3 Proyecciones de precipitación para el escenario A2 .....49

Figura 7-4 Proyecciones de precipitación para el escenario B2 .....50

Figura 8-1 Impactos a la Salud relevantes para Chile producto del Cambio Climático según Zona Geográfica.....52

Figura 8-2 Curva Exposición Respuesta de Arica – Antofagasta – La Serena – Santiago para Temperatura Diaria Media y Riesgo (aumento de riesgo relativo) de admisión hospitalaria por causa no accidental (todas las edades) 58

Figura 8-3 Curva Exposición Respuesta de Arica – Antofagasta – La Serena – Santiago para Temperatura Diaria Media y Riesgo (aumento de riesgo relativo) de admisión hospitalaria por causa no accidental (todas las edades) 59

Figura 8-4 Curva Exposición Respuesta de Arica – Antofagasta – La Serena – Santiago para Temperatura Diaria Máxima y Riesgo (aumento de riesgo relativo) de admisión hospitalaria por causa no accidental (todas las edades) .....60

Figura 8-5 Curva Exposición Respuesta de Arica – Antofagasta – La Serena – Santiago para Temperatura Diaria Máxima y Riesgo (aumento de riesgo relativo) de admisión hospitalaria por causa no accidental (todas las edades) .....61

## Acrónimos y Abreviaturas

### Instituciones

CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
IPCC:	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
PAHO:	Organización Panamericana de la Salud
WHO:	Organización Mundial de la Salud

### Países

EE.UU.:	Estados Unidos de América
---------	---------------------------

### Abreviaturas

ENSO:	El Niño–Oscilación Austral
GEI:	Gases Efecto Invernadero
RUV:	Radiación solar Ultra Violeta

## 1. Introducción

El cambio climático es un proceso de cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima que han ocurrido en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años y a diferentes escalas espaciales. En la actualidad estos patrones de cambio se han intensificado en el tiempo debido a la acción entrópica, lo que se traduce en una evidente amenaza para la salud no tan solo por los efectos directos del cambio climático sino también por su repercusión en los ecosistemas que sustentan algunos de los determinantes ambientales de la salud más importantes como lo son el agua, los alimentos y el aire. Esto plantea una nueva manera en que debemos considerar el cambio climático y la protección de las poblaciones más vulnerables.

En particular, este estudio pretende generar la información necesaria para avanzar en las líneas de acción establecidas en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC) y ser un aporte a la preparación de un plan de adaptación para el sector Salud.

En ese contexto, este informe busca entregar los antecedentes necesarios para el futuro desarrollo de un plan de adaptación llevando a cabo la identificación de los principales impactos a nivel global asociados al Cambio Climático y sus posibles efectos en la salud de las personas, mediante la revisión exhaustiva de material bibliográfico nacional e internacional. Además, se efectúa un análisis de la proyección futura en Chile de variables climáticas relevantes, como lo son la temperatura y precipitaciones, para la posterior identificación de zonas vulnerables e impactos a nivel nacional y local a los que se vería enfrentado nuestro país.

También se presentan en este informe las principales líneas de acción para la adaptación ante los impactos del cambio climático en la salud que han tomado o tomaran diferentes países alrededor del mundo. Esta información fue consolidada luego de la revisión de los planes de adaptación desarrollados (o en estado de avance) de diferentes países, y se busca que sea un referente para el desarrollo en Chile, de un plan de adaptación nacional del sector salud ante el cambio climático.

## 2. Antecedentes

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha sugerido que aproximadamente el 25% de las enfermedades prevenibles en el mundo está directamente relacionada con una pobre calidad del medio ambiente (PNUMA, 2002). Más recientemente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que cerca de 1.2 millones de personas enfermas por causas atribuibles a la contaminación atmosférica, 2.2 millones de personas por enfermedades gastrointestinales debido a la falta de agua potable e higiene y 3.5 millones debido a la mal nutrición y aproximadamente 60.000 en desastres naturales (WHO, 2009). El informe más reciente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) indica que "el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar". Entre otras cosas, el informe destaca consecuencias directas (variaciones extremas de la temperatura, pérdida de vidas y lesiones en inundaciones y tormentas) e indirectas del cambio climático en la salud humana (alteración del alcance de los vectores transmisores de enfermedades, como mosquitos, y de los patógenos transmitidos por el agua; así como la calidad del agua, calidad del aire y disponibilidad de los alimentos). El impacto real dependerá mucho de las condiciones ambientales locales y las circunstancias socioeconómicas, así como de las diversas adaptaciones sociales, institucionales, tecnológicas y de comportamiento, orientadas a reducir el conjunto de amenazas para la salud.

Sin embargo, a nivel general, se indican los siguientes posibles impactos: disminución de la mortalidad humana por una menor exposición al frío; mayor riesgo de mortalidad por causas térmicas (olas de calor), especialmente entre los ancianos, los enfermos crónicos, los niños pequeños y las personas socialmente aisladas; mayor riesgo de defunciones, lesiones e infecciones, por aumento de precipitaciones e inundaciones; mayor riesgo de escasez de alimentos y de agua, y por lo tanto de malnutrición, debido a las sequías; aumento enfermedades transmitidas por agua y alimentos, debido a inundaciones y sequías; trastornos de estrés postraumático por el aumento de la intensidad de los ciclones tropicales; efectos sobre la salud relacionados con las migraciones; aumento en enfermedades respiratorias por la mala calidad del aire; y aumentos en enfermedades a la piel por la mayor exposición a rayos UV.

Es importante mencionar que el riesgo que corre la salud de las personas ante el cambio climático, es tal, sólo si se presentan tres condiciones fundamentales: vulnerabilidad del sistema (personas y su entorno) ante el cambio climático, exposición del sistema al cambio climático y la ocurrencia del cambio climático (de eventos y condiciones climáticas que lo caracterizan). La forma por lo tanto, de afrontar el cambio climático y de disminuir los riesgos de la salud humana ante éste, es a través de políticas que hagan al

sistema menos vulnerable, disminuyan su exposición o que atenúen de alguna forma la ocurrencia de eventos y condiciones producto del cambio climático.

Por vulnerabilidad ante el cambio climático, se entiende al nivel al que un sistema (natural o humano) es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos (McCarthy, Canziani et al. 2001). La vulnerabilidad de un sistema depende, entre otras variables, de su capacidad de adaptación, es decir, de la capacidad de efectuar ajustes, como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada (McCarthy, Canziani et al. 2001).

Por lo tanto, de acuerdo a lo mencionado anteriormente, una forma de disminuir el riesgo de afectación a la salud humana, es mediante políticas de adaptación, que entreguen capacidad al sistema para hacer frente a los impactos del cambio climático, disminuyendo así su vulnerabilidad y también su exposición.

Otro tipo de medidas que se deben implementar, para hacer frente a los efectos del cambio climático, son las llamadas medidas de mitigación. Por mitigación se entiende a la intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros<sup>1</sup> de gases de efecto invernadero (McCarthy, Canziani et al. 2001). Mediante estas medidas se busca principalmente disminuir las concentraciones de contaminantes atmosféricos que han llevado al desarrollo del cambio climático, con el objetivo de lograr algún efecto positivo inmediato, pero más que nada pensando en las condiciones ambientales futuras.

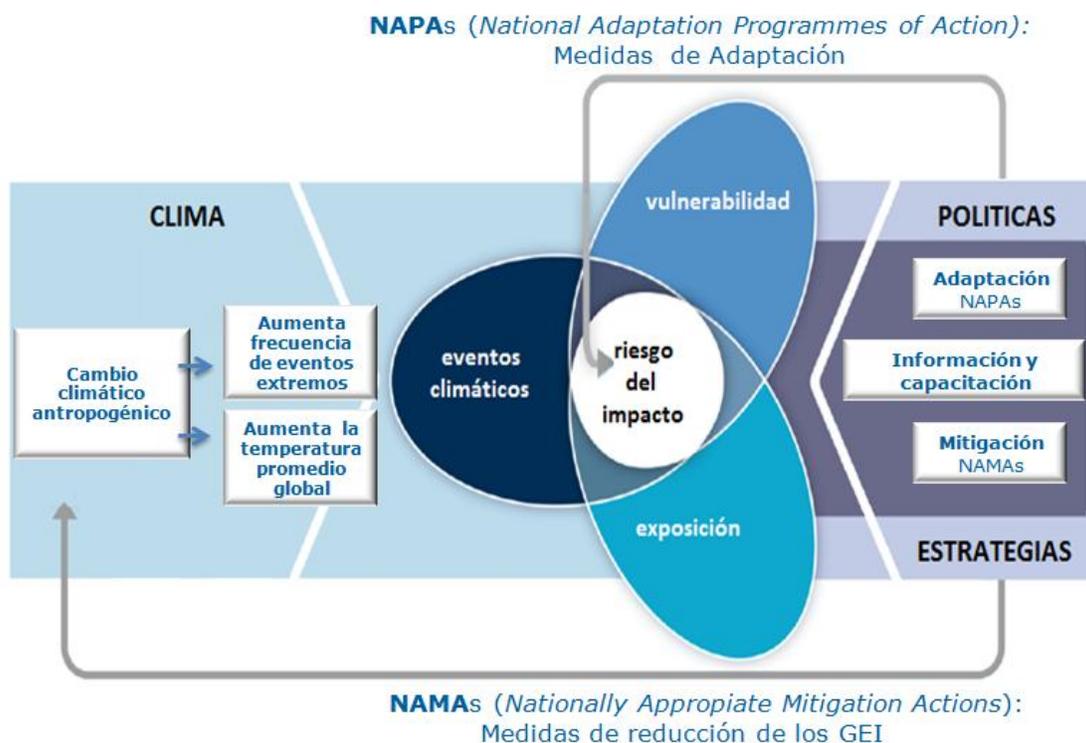
Es necesaria también la creación de capacidades y la disponibilidad de información, para la elaboración de las políticas necesarias para hacer frente a los impactos del cambio climático y para que el tema del cambio climático sea una prioridad y dichas políticas sean implementadas.

La Figura 2-1 muestra la interacción entre las diferentes políticas y estrategias mencionadas, y su influencia en cada uno de las condiciones que deben darse para que el riesgo de impacto sí exista.

---

<sup>1</sup> Sumidero: cualquier proceso, actividad o mecanismo que retira de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de gases de efecto invernadero.

**Figura 2-1: Diagrama de factores influyentes en la ocurrencia del riesgo de impacto**



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2012)

En la búsqueda de tomar posicionamiento frente al tema del cambio climático y sus posibles impactos, Chile ratificó en 1994 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático e igualmente se hizo parte del Protocolo de Kioto, en el convencimiento de que se requería una respuesta mundial a un fenómeno de importantes consecuencias ambientales, en particular para los países vulnerables como es el caso nacional.

Tomando en consideración la necesidad de coordinar los esfuerzos internos y la política exterior nacional en esta materia, el Gobierno de Chile estableció en 1996, por decreto supremo, un Comité Nacional Asesor para el Cambio Global, cuya integración consideró tanto representantes del sector público como de la academia, además de contemplar la posibilidad de resolver la incorporación de otras instituciones u organismos privados. El Comité jugó un rol relevante en el año 2006 en la preparación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, la que considero como sus ejes la adaptación, la mitigación y, el fomento y creación de capacidades. Con el objeto de poner en operación dicha estrategia, el año 2008 se aprobó el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC).

El plan presenta un diagnostico que indica la alta vulnerabilidad del país de acuerdo a los criterios de vulnerabilidad establecidos por la Convención Marco de las Naciones Unidas:

cuenta con áreas de borde costero de baja altura, áreas áridas, semiáridas y de bosques, susceptibilidad a desastres naturales, áreas propensas a sequía y desertificación, zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos como las cordilleras de la Costa y de los Andes. Los estudios desarrollados en Chile en los últimos años en materia de impactos y vulnerabilidad al cambio climático dan cuenta de esta situación, así como de una mayor comprensión del fenómeno y de sus potenciales efectos negativos sobre los planes de desarrollo sustentable de la nación.

El plan de acción articula un conjunto de lineamientos de política pública que llevan a cabo diversos organismos públicos competentes en materia de cambio climático. Al estar acotada su ejecución a cuatro años, se buscó generar en un corto plazo la información necesaria para lograr la preparación, al final del periodo, de planes nacionales y sectoriales de adaptación y mitigación con un horizonte de aplicación más extendido. En materias de adaptación se consideraron 7 sectores prioritarios para la identificación de impactos y determinación de medidas de captación al cambio climático; Recursos Hídricos, Biodiversidad, Sector silvoagropecuario, Energía, Infraestructura y zonas urbanas costeras, Pesca y Salud, además de establecer una línea de acción para el análisis de escenarios climáticos.

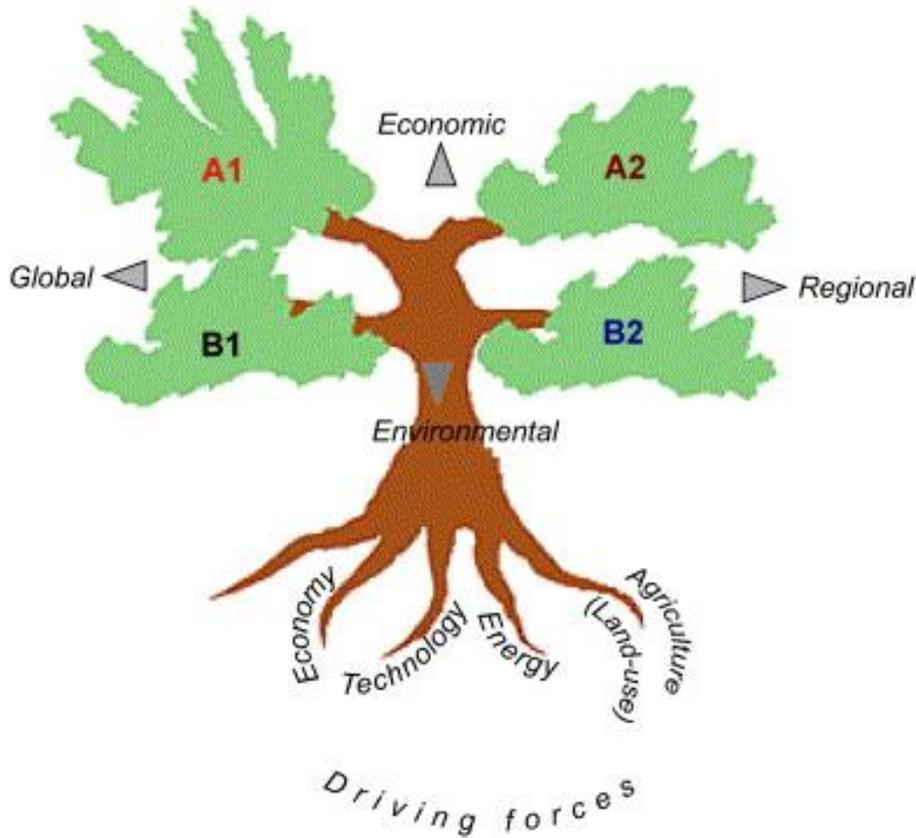
Para el sector salud se establecen 2 líneas de acción; Fortalecer los sistemas de salud pública para hacer frente a las amenazas que plantea el cambio climático y Fortalecer las capacidades del sector en relación con los efectos del cambio climático; y 9 acciones específicas para desarrollar ambas líneas, bajo la responsabilidad del Ministerio de Salud.

Para el desarrollo del presente estudio, uno de los antecedentes principales que se utiliza corresponde a los escenarios de proyección de emisiones GEI desarrollados por el IPCC, los cuales se describen a continuación.

- ✓ Escenario A1: Un mundo futuro de muy rápido crecimiento económico, la población mundial alcanza su máximo a mediados de siglo y posteriormente disminuye, existe una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes.
- ✓ Escenario A2: Un mundo muy heterogéneo con población mundial que crece continuamente y un crecimiento económico orientado regionalmente que es más fragmentado y lento que en otras líneas evolutivas.
- ✓ Escenario B1: Un mundo convergente con la misma población mundial que en A1 pero con cambios rápidos en las estructuras económicas hacia una economía de servicios e información, con reducciones en la intensidad de uso de material y la introducción de tecnologías limpias y eficientes en el uso de recursos.
- ✓ Escenario B2: Un mundo en el cual predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental, cuya población aumenta (inferior a A2) y existe un desarrollo económico intermedio.

La Figura 2-2 muestra una representación de cada uno de los escenarios, indicándose cuáles tienen un mayor desarrollo en el aspecto económico o en lo ambiental, y con un enfoque global o regional. Además, se indica que las fuerzas motrices que caracterizarán a cada uno de estos escenarios son: la economía, uso de tecnología, energía y agricultura.

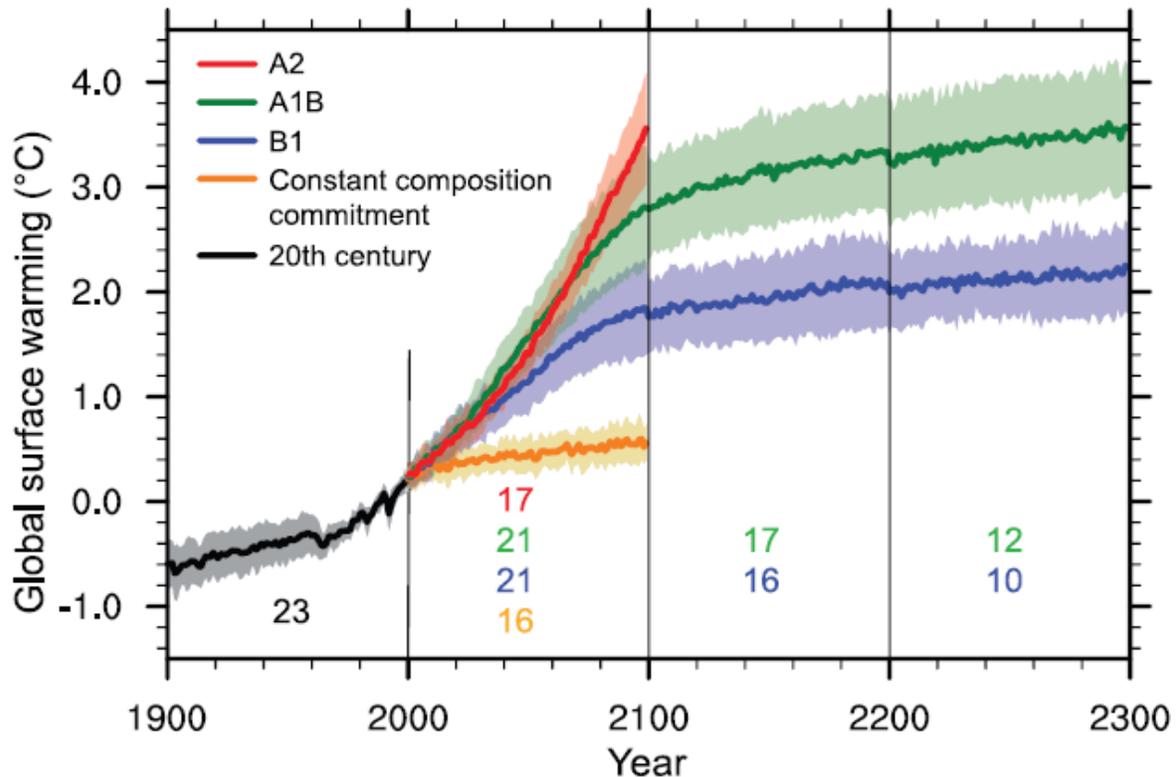
**Figura 2-2 Representación de escenarios de proyección de emisiones  
SRES Scenarios**



Fuente: Nakicenovic, Alcamo et al. (2000)

Los escenarios desarrollados por el IPCC entregan resultados de proyección de temperatura tal como lo muestra la Figura 2-3.

Figura 2-3 Proyecciones de calentamiento global de la superficie según escenarios de emisiones GEI IPCC



Fuente: IPCC (2007b)

En base a estas y otras proyecciones producto del cambio climático (variación de la temperatura, variación en las precipitaciones y variaciones en el nivel del mar) se han identificado diferentes impactos en diferentes receptores (salud de la población, agricultura, bosques, agua, áreas costeras, etc.) En particular, la bibliografía ha asociado los impactos en la salud de la población a tres categorías:

- ✓ Mortalidad relacionada con el “clima” (temperatura y precipitaciones)
- ✓ Enfermedades Infecciosas
- ✓ Enfermedades respiratorias asociadas a la calidad del aire

Lo que busca el presente estudio es ahondar en la identificación de impactos asociados a estas tres categorías y en base a las proyecciones de variables climáticas a nivel local, establecer los impactos a la salud de la población y las zonas vulnerables relevantes para Chile.

### 3. Objetivos del estudio

#### 3.1 Objetivo General

Generar los insumos para un plan de adaptación nacional del sector salud, que apunte a minimizar los efectos negativos de cambio climático en la salud de los chilenos, esto es; información de los impactos del cambio climático y de la vulnerabilidad en el sector, y análisis de medidas para la adaptación de los servicios y la infraestructura del sector salud.

#### 3.2 Objetivos específicos

- I. Sistematizar, analizar, construir y redactar un informe sobre el estado del arte del Cambio Climático y gestión de riesgo en el sector salud a partir de la información procedente de investigaciones internacionales y nacionales, proyectos, conocimientos locales y otros estudios realizados por diversas instituciones públicas, privadas, la academia y otros relacionados con el cambio climático tomando los ejes temáticos de salud pública, salud ambiental, salud nutricional, salud mental y la epidemiología.
- II. Analizar y evaluar los impactos en la salud en Chile, e identificar las zonas más vulnerables o de mayor riesgo a la salud por los diferentes factores, considerando una línea de base en salud (datos estadísticos) y los cambios en ella por escenarios climáticos futuros.
- III. Identificar y evaluar medidas de adaptación del sector y las nuevas demandas que ellas significan para la infraestructura y personal de la salud en el país, como también de los sistemas de monitoreo y vigilancia, y hacer una evaluación preliminar de los costos de implementación y sus beneficios esperados.

## 4. Productos del Estudio

Los contenidos y actividades del estudio se listan a continuación. El detalle y resultados de estos se aprecian en las siguientes secciones.

- ✓ **Revisión Bibliográfica (ver Sección 5)**  
Esta revisión contempló la revisión de reportes internacionales sobre el estado del arte del cambio climático y los impactos a la salud de la población, revisión de publicaciones en PubMed que complementan los reportes del estado del arte, revisión de planes de adaptación al cambio climático y en específico los análisis sectoriales para el sector salud para un total de 12 países y por último, la revisión de bibliografía nacional que diera cuenta de diagnósticos e identificación de impactos para el sector salud.
- ✓ **Identificación de Impactos a la Salud asociados al Cambio Climático (ver Sección 6)**  
A partir de la revisión bibliográfica es que se genera este capítulo el cual contiene una consolidación y estructuración de los impactos en el sector salud identificados, asociando a ellos, los efectos directos e indirectos del cambio climático que los generan. La elaboración de este capítulo, el cual establece el estado del arte de los impactos causados por el cambio climático al sector salud (desarrollado en base a la revisión bibliográfica), permite, en base a la proyección de las variables climáticas (precipitación y temperatura) para Chile, lograr identificar los impactos relevantes para Chile junto con las zonas vulnerables a estos.
- ✓ **Proyección de Variables Climáticas Chile (ver Sección 7)**  
Para lograr la identificación de los impactos relevantes para Chile es necesario conocer cuál es la proyección de las variables climáticas (precipitaciones y temperatura) para todo el país según los escenarios de proyección de emisiones GEI del IPCC. Para esto se utilizan, en primera instancia, los resultados de proyecciones de las variables climáticas desarrollados en el estudio “La Economía del Cambio Climático en Chile” (CEPAL 2009). Adicionalmente, en base a la misma metodología utilizada en este último documento, se han proyectado las temperaturas diarias hasta el año 2100 para 8 ciudades a lo largo de Chile. Esto último es un insumo para proyectar los impactos a la salud de la población (admisiones hospitalarias) específicos para cambios en los patrones de temperatura a partir de las curvas de exposición respuesta que son elaboradas por el presente estudio.
- ✓ **Identificación y Caracterización de Impactos relevantes para Chile y definición de Zonas Vulnerables (ver Sección 8)**  
En función de la identificación de impactos a la salud asociados al cambio climático y a la proyección de las variables climáticas para Chile es que se presenta en este capítulo los impactos y zonas vulnerables identificadas a nivel nacional.

Adicionalmente en esta sección se presenta la metodología y resultados de la cuantificación de impactos a la salud (ingresos hospitalarios) producto del cambio en los patrones de temperatura. En esta sub sección se describen los análisis de las estadísticas en salud y de variables climáticas (en especial temperatura) las cuales son utilizadas para elaborar las curvas de exposición respuesta. También se describe el método de estimación del aumento de riesgo (funciones exposición respuesta) por causa del cambio en los patrones de temperaturas medias y se presentan los resultados a partir de este análisis (curvas y aumento de tasas de ingresos hospitalarias para cada ciudad analizada).

- ✓ **Líneas de Acción de los Planes de Adaptación Internacionales (ver Sección 9)**  
Se presenta este capítulo como una consolidación de las líneas de acción que han planteado los diferentes países estudiados. Este capítulo servirá como antecedente para plantear las líneas de acción y medidas de adaptación que se identificaran para la realidad nacional.
- ✓ **Líneas de Acción y Medidas a implementar en un Plan de Adaptación Sectorial para Chile (ver Sección 10)**  
Este capítulo contiene las líneas de acción y medidas específicas para la creación de un plan de adaptación para Chile, del sector salud. Las líneas de acción y medidas aquí descritas son fruto de todos los antecedentes recopilados, identificación de impactos para Chile, Planes de Adaptación Internacionales y participación de la opinión experta en la materia la cual fue recopilada en un taller de discusión realizado. Este capítulo también contiene, a grandes rasgos, cual debiera ser la institucionalidad asociada a la implementación de estas líneas de acción.
- ✓ **Temas propuestos para próximos estudios (ver Sección 11)**  
En este capítulo se mencionan las brechas de información identificadas, proponiendo en términos generales y específicos las temáticas en las que se debe profundizar la investigación para conseguir una adecuada caracterización de los impactos a la salud a nivel local.

## 5. Revisión Bibliográfica

La revisión bibliográfica fue realizada a partir de diversas fuentes tanto nacionales como internacionales contemplando la revisión de reportes internacionales sobre el estado del arte del cambio climático y los impactos a la salud de la población, revisión de publicaciones en PubMed que complementan los reportes del estado del arte, revisión de planes de adaptación al cambio climático y en específico los análisis sectoriales para el sector salud para un total de 12 países y por último, la revisión de bibliografía nacional que diera cuenta de diagnósticos e identificación de impactos para el sector salud.

A continuación se detalla brevemente los documentos analizados. Estas revisiones permitieron construir los capítulos que se presentan durante el desarrollo del presente documento.

### 5.1 Reportes internacionales sobre el estado del arte del Cambio Climático y el Sector Salud

En cuanto a los reportes internacionales sobre el estado del arte del Cambio Climático en el Sector Salud, cabe destacar que el equipo consultor concentró sus esfuerzos en la revisión de dos fuentes primarias, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), y la Organización Mundial de la Salud (WHO, según su acrónimo en inglés).

La principal razón para trabajar con dichas organizaciones es que ambas son reconocidas a nivel mundial en sus respectivas temáticas. Por un lado el IPCC es un organismo dependiente de las Naciones Unidas, el cual cuenta con cientos de expertos en cambio climático, los cuales abordan diversos tópicos alrededor de esta materia, con más de 20 años de experiencia. Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud es la principal entidad en temas asociados al Sector Salud en el orbe, con aproximadamente 90 años de experiencia.

Para el IPCC el reporte analizado fue: “Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC” (IPCC 2007a). Este texto, es un estudio bastante amplio de los efectos del cambio climático en el mundo, en este sentido, se destaca que presenta ciertos capítulos de gran utilidad para el presente informe, en donde se destacan los capítulos de “*Salud Humana*”, y “*Latinoamérica*”, sin embargo este texto trata otros temas de interés en cuanto a los efectos del Cambio Climático en el Sector Salud, como los efectos del Cambio Climático en el recurso hídrico, o la evaluación de los cambios y respuestas de los sistemas naturales ante este fenómeno global. La principal característica de este texto es que corresponde a un compendio exhaustivo de diversas investigaciones en temáticas de cambio climático, que incluye decenas de investigadores ampliamente reconocidos.

En la WHO, el texto elegido corresponde al texto “Cambio climático y salud humana – Riesgos y respuestas” (WHO 2008), el cual tiene como principal característica ser una revisión de la interacción del cambio climático y la salud humana, con énfasis especial en este último punto, es decir, se enfoca principalmente en los efectos en la salud humana, a diferencia del texto precedente que se concentra en los factores del CC que afectan a la población.

La gran ventaja de estos dos textos, es que ambos son un compendio multidisciplinario del estado del arte en estudios de sus respectivas temáticas, en donde en su análisis conjunto permite caracterizar de forma completa el proceso que genera los efectos en la población, debido al cambio climático, identificando: factores climáticos, efectos intermedios e interrelaciones, y las distintas formas como estos afectan al salud humana.

## 5.2 Publicaciones PubMed

Tal como se expuso en la propuesta, el equipo consultor decidió utilizar PubMed como su principal base de datos en línea para conocer el “estado del arte” en estudios de Salud humana y Cambio Climático. Esto se debe a que, la base de datos MEDLINE es una de las más completas y amplias que existen, obteniendo a partir de esta búsqueda los artículos que presenten la identificación de impactos en salud más actualizada.

La búsqueda de documentos en esta base de datos se concentró en documentos que estudiaran casos observados<sup>2</sup> y que estuviesen asociados al cambio climático. De esta forma, estos documentos fueron un complemento a la elaboración del capítulo de Identificación de Impactos a la Salud Producto del Cambio Climático (ver Sección 6) y del capítulo de Líneas de Acción de los Planes de Adaptación Internacionales (ver Sección 9), sin entregar nuevos antecedentes de impactos a la salud producto del cambio climático, pero sí entregando antecedentes y casos en los que se han observado estos impactos y en los que se han tomado ciertas medidas para su adaptación.

### 5.2.1 Estrategia de Búsqueda

La estrategia utilizada en la búsqueda de documentos en la base de datos PubMed se basó en la metodología propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (PAHO 2005), para buscar artículos en esta base de datos en línea.

La búsqueda se inició mediante la combinación de palabras claves que pudiesen llevar a documentos de interés. En primera instancia, la dimensión temporal de la búsqueda se

---

<sup>2</sup> Documentos científicos que describen y estudian efectos en la salud humana producto de eventos asociados al cambio climático ya ocurridos.

centró en documentos publicados principalmente en el periodo 2007-2012, con excepción de documentos que pudiesen tratar la ola de calor europea del año 2003, los cuales podían ser de mayor antigüedad. Además, los documentos mostrados en la búsqueda fueron del tipo *Journal Article*, *Case reports* o *Evaluation Studies* (obtenidos mediante el sistema de filtro de Pubmed).

Las palabras claves en la realización de la búsqueda fueron una combinación de palabras como "*mortality*", "*morbidity*", "*vector-borne diseases*", "*cardiorespiratory diseases*" y "*human health*", entre otras, todas ellas combinadas con "*climate change*", de manera de obtener artículos que relacionaran muertes y enfermedades, con el cambio climático. De los documentos obtenidos, fueron revisados sólo aquellos que trataran casos específicos que registraran datos sobre los afectados luego de algún evento extremo, o que relacionara, con datos reales de algún caso, el clima y la mortalidad (o morbilidad).

En la Sección 5.2.2 se puede ver más detalle de los documentos que finalmente fueron revisados e incluidos en el presente estudio. Adicionalmente, se muestra en el Anexo 13.1 el detalle de la totalidad de los documentos revisados a partir de PubMed (incluyéndose un resumen de su contenido).

## 5.2.2 Documentos seleccionados para la revisión

Siguiendo la estrategia de búsqueda mencionada, se seleccionó, de entre la totalidad de documentos que arrojó la búsqueda realizada en PubMed, aquellos que entregaran información sobre casos en los que se hayan presentado efectos sobre la salud asociados al cambio climático (olas de calor, enfermedades diarreicas, brotes de dengue, etc.), con la intención de contar con datos que mostraran de manera más real y concreta los impactos del cambio climático sobre la salud de las personas. La Tabla 5-1 muestra los documentos revisados y que, finalmente, fueron incorporados de alguna forma en este estudio. Adicionalmente, en la Tabla 13-1 del Anexo 13.1 se da un resumen del contenido de la totalidad de documentos revisados de la base de datos PubMed.

**Tabla 5-1: Contenido de documentos de PubMed utilizados en este estudio**

Documento	País	Año	Contenido	Información de interés*	
				Caso	Datos
Climate change and human health: Indian context	India	2012	Impactos en India del cambio climático en la salud humana (impacto del calor, calidad del aire, desastres, enfermedades diarreicas, enfermedades transmitidas por vectores, malnutrición,	Enfermedades diarreicas	DALY (2006) 23.801.447  DALY estimado (2016) 21.486.636

			encefalitis japonesa)		
Challenges in predicting climate and environmental effects on vector-borne disease epistystems in a changing world	EE.UU	2011	Efectos del cambio climático en la distribución de patógenos y vectores artrópodos y en la capacidad de estos últimos de transmitir enfermedades. Estudio de BTV en Europa y de WNV en EE.UU	Enfermedades transmitidas por vectores	Casos anuales a nivel mundial (MM): Malaria: 300 Dengue:50-100 Filariasis:120
How to use near real-time health indicators to support decision-making during a heat wave: the example of the French heat wave warning system	Francia	2012	Estudio que busca establecer cuáles son los indicadores adecuados a considerar para establecer, mantener o dar fin a una alerta ante una ola de calor	Ola de calor europea (2003)	Muertes en Francia: 15.000 Población más vulnerable: ancianos, personas en aislamiento (enfermos crónicos, personas solitarias), personas que trabajaban al aire libre.
				Del documento se obtuvieron además los indicadores necesarios a monitorear ante olas de calor, información incluida en la Sección 9 Líneas de Acción Internacionales para Planes de Adaptación al Cambio Climático – Sector Salud	
Climate and heat-related emergencies in Chicago, Illinois (2003–2006)	EE.UU	2010	Estudio que busca establecer la relación entre las condiciones climáticas y las llamadas de emergencia al 911, del tipo HRD ( <i>heat-related dispatches</i> ), de manera de no sólo evaluar el impacto en la mortalidad de las olas de calor, si no que su impacto general en la salud de las personas. Periodo utilizado para el estudio: 2003-2006	Ola de calor en Chicago, Illinois, 2006	-Promedio de HDR de los 5 días con mayor HRD, durante el periodo 2003-2006: 25.7 (promedio índice de calor: 35.9°C) -Promedio de HDR de los 5 días con mayor HRD, en el año 2006: 60.8 (promedio índice de calor: 41.1°C)
The impact of	Australia	2011	Estudio que busca	Olas de Calor en	A un aumento

<p>summer temperatures and heatwaves on mortality and morbidity in Perth, Australia (1994–2008)</p>			<p>relacionar la mortalidad y morbilidad ante olas de calor, utilizando datos de temperaturas máximas y mínimas, mortalidad, presentaciones en departamentos de emergencia y admisiones hospitalarias totales, durante el periodo 1994-2008, para la ciudad de Perth</p>	<p>Perth, periodo 1994-2008</p>	<p>de 10°C sobre el umbral de T° máxima (34-36°C) se asocia un aumento en la mortalidad de un 9,8%, un aumento de las presentaciones en departamentos de emergencia de un 4,4%.</p>
---	--	--	--	---------------------------------	---

\*Información obtenida del documento revisado, que finalmente fue utilizada en el presente estudio.

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Planes de Adaptación Internacionales

Para tener un mayor conocimiento del estado en que se encuentran otros países en lo relacionado a las medidas de adaptación necesarias para hacer frente a los impactos que tendrá en la salud humana el cambio climático, se realizó una revisión bibliográfica de diferentes documentos internacionales referidos al tema. Entre estos documentos se encuentran aquellos desarrollados y reconocidos oficialmente por el gobierno de cada país y que se clasificarán como Planes de Adaptación propiamente tal, Estrategias o Reportes, siendo los primeros aquellos que contienen las líneas de acción para la adaptación (desarrolladas en mayor o menor medida), ya reconocidas y oficializadas por el gobierno; las Estrategias, aquellas que indican los pasos a seguir y las medidas necesarias que se deben tomar previo al desarrollo de un Plan de Adaptación; y por último, los Reportes, que pueden ser artículos desarrollados para algún sector gubernamental y que contengan información de consideración para el desarrollo de Planes y Estrategias, o que presenten un Plan de Adaptación en estado de avance. Aquellos documentos que no son gubernamentales son clasificados como Documentos Científicos y entregan información referente al cambio climático y sus efectos en la salud.

La Tabla 5-2 resume los tipos de documentos revisados para cada país y los temas generales desarrollados en estos.

**Tabla 5-2 Tipo y contenido de documentos analizados asociados a planes de adaptación al cambio climático internacionales**

	Tipo de documento				Contenido del Documento			
	Plan de Adaptación	Estrategia	Reporte	Documento Científico	Impactos Climáticos	Efectos en la Salud	Adaptación	
							Medidas generales	Medidas concretas
<b>Alemania*</b>		✓						
<b>Australia</b>			✓		✓	✓	✓	
<b>California</b>			✓		✓	✓	✓	✓
<b>España</b>	✓				✓	✓	✓	
<b>EU</b>		✓				✓	✓	
<b>Francia</b>	✓				✓		✓	✓
<b>Holanda</b>			✓		✓	✓		
<b>México</b>			✓	✓		✓	✓	✓
<b>Nueva Zelanda</b>				✓		✓	✓	
<b>Portugal</b>		✓			✓	✓	✓	
<b>Sudáfrica</b>			✓				✓	
<b>UK</b>		✓					✓	

\* En el caso de Alemania, el documento revisado es un programa nacional que contiene sólo medidas para la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Fuente: Elaboración propia

Los documentos que se revisaron asociados a cada uno de los países se detallan en el Anexo 0.

## 5.4 Documentos Nacionales

Los estudios nacionales que entregan información relevante para lograr identificar los impactos esperados en el sector salud han estado mayormente concentrados en la proyección de la variabilidad climática. Dentro de estos destacan el “Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI” (Universidad de Chile 2006) y “La Economía del Cambio Climático en Chile” (CEPAL 2009). Ambos modelan los escenarios A2 y B2 del IPCC y concluyen efectos en la variabilidad climática similares. Un breve resumen de las conclusiones que plantean estos documentos se puede apreciar en el Anexo 13.1. Cabe destacar que el análisis de proyecciones de variables climáticas realizados en (CEPAL 2009) fue realizado por el mismo equipo de investigadores de (Universidad de Chile 2006), específicamente por el de Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, en donde se utilizó el modelo PRECIS<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> El Modelo PRECIS es un proceso de downcalling dinámico que utiliza como información de entrada el modelo de circulación general de la atmósfera (GCM) desarrollado por la Oficina Meteorológica de Inglaterra, el modelo HadCM3.

Con el objetivo de incluir la vulnerabilidad de las áreas costeras, se revisó también el documento “Evaluación de la vulnerabilidad de las áreas costeras a incrementos en el nivel del mar como consecuencia del calentamiento global, caso de estudio: Bahía de Concepción” (PNUMA & CPPS 1997) que considera los siguientes impactos probables :

- ✓ Los centros poblados costeros desde la V a la XII Región (33º S a 56º S) verán sobrepasados la capacidad de descarga de los sistemas de evacuación de aguas servidas como consecuencia del incremento en el nivel del mar, provocando problemas de saneamiento urbano.
- ✓ Los pescadores artesanales ente la VIII y X Región se verán obligados a migrar a localidades interiores producto de la readecuación de la distribución de los recursos productivos pesqueros como consecuencia del cambio de temperatura.
- ✓ Las captaciones superficiales de agua potable cuya bocatoma se encuentra bajo la influencia de las mareas pueden tornarse salobres.
- ✓ Los recursos hídricos en las principales cuencas de la zona central se verán afectados como consecuencia del aceleramiento del derretimiento de las nieves
- ✓ En la agricultura los efectos negativos se reflejarán en una mayor precocidad de los ciclos biológicos lo cual disminuye la productividad de los frutales debiendo éstos desplazarse hacia el sur, una menor productividad de las praderas naturales y menor rendimiento de los cereales del secano costero e interior, aumento de los costos de producción por la menor disponibilidad de agua y en la zona austral mayores dificultades de explotación de los ecosistemas y acentuamiento de los riesgos de erosión por el potencial aumento de la pluviosidad.

Otro de los documentos revisados corresponde a “Diagnostico del Cambio Climático en Chile” (2011) el cual, en base a los antecedentes de proyecciones de variables climáticas a nivel nacional disponibles, realiza una primera aproximación de diagnóstico e identifica las diferentes relaciones entre salud y cambio climático. Las relaciones identificadas son las listadas a continuación. Un detalle del diagnóstico presentado en este documento se describe en el Anexo 13.5.

- ✓ Cambio Climático y Desastres Naturales
- ✓ Cambio Climático y Zoonosis
- ✓ Cambio Climático y Alimentos
- ✓ Cambio Climático y Agentes Infecciosos

Por último, se revisó el documento con las medidas de adaptación propuestas en el marco del proyecto Clima Adaptación Santiago (CAS), el cual entrega medidas de adaptación específicas para Santiago en las áreas de energía, agua, uso de suelo y vulnerabilidad. La revisión de este documento sirvió para tener cierta referencia en el enfoque de las medidas (las catorce medidas se encuentran listadas en el Anexo 13.2).

## 6. Identificación de Impactos a la Salud asociados al Cambio Climático

Este capítulo corresponde a la identificación de los impactos a la salud asociados al cambio climático a nivel global, el cual busca comprender las relaciones causales entre los factores climáticos y los efectos a la salud, de tal forma que, posteriormente caracterizadas dichas relaciones se puedan identificar con mayor precisión los impactos que se generarían en Chile (Sección 8 del presente documento).

Tras la revisión de los distintos documentos identificados como relevantes, el equipo consultor logró identificar los factores que determinan los efectos del cambio climático sobre la salud humana, en este sentido, dichos factores fueron clasificados para una mejor comprensión de la problemática de este estudio, según Factores Climáticos, Efectos Intermedios y Efectos sobre la Salud. Esta clasificación es coincidente con la clasificación realizada en (WHO 2008) presentada en la Figura 6-1.

**Factores Climáticos:** los factores climáticos son aquellos elementos del cambio climático que pueden generar efectos adversos a la salud humana, ya sea de forma directa (como las olas de calor) o de forma indirecta (como la malnutrición). Dichos factores se pueden observar de forma resumida en la Figura 6-1 bajo el nombre de “Exposiciones humanas”.

**Efectos Intermedios o moduladores:** los efectos intermedios, son los eventos derivados directamente de los factores climáticos, o bien de efectos precedentes que tienden a modificar el medio en el cual viven las personas (influencias Moduladoras, Figura 6-1), generando efectos en la salud humana como paso final en una cadena causal.

**Efectos sobre la Salud:** los efectos en la salud corresponden a los impactos en la Salud humana producto de los factores climáticos y efectos intermedios.

**Figura 6-1: Diagrama de vías de impacto del cambio Climático a la Salud**



Fuente: (WHO 2008)

El consultor adicionalmente realizó una esquematización de mayor complejidad que explica en detalle las relaciones de causalidad entre los factores climáticos, los efectos intermedios y finalmente los impactos en la salud de la población. Este diagrama es presentado en el Anexo 13.7.

### 6.1 Factores Climáticos

Los factores climáticos revisados en la literatura corresponden a aquellos elementos propios del clima que han presentado y/o presentarán variaciones asociadas al cambio climático, y no representan necesariamente modificaciones en el ambiente físico. Cabe destacar, que dicha variación corresponde a cambios sostenidos en el tiempo alrededor del globo, sin embargo, también pueden representarse como *Extremos Climáticos*, los cuales corresponden a eventos extraordinarios, de corta duración pero de gran impacto (WHO 2008).

En cuanto al detalle de estos factores climáticos, estos se pueden clasificar en dos tipos principalmente, la variación de las temperaturas y la variación en las precipitaciones. En este sentido, cabe señalar que, si bien causalmente la variación de las precipitaciones es un efecto directo del primer factor, ambos son tratados de igual forma, ya que ambos son los cambios que generan un mayor impacto tanto al medio como a la población.

### 6.1.1 Variación de las temperaturas promedio

Este factor climático es ciertamente el más importante en el Cambio Climático, ya que a partir de él se generan gran parte de los efectos del cambio global, de la misma forma que genera cambios en otros factores del clima.

En este sentido, al referirse a los principales factores del clima derivado de la variación de las temperaturas medias, es necesario referirse a la *Variación de las temperaturas promedio* y la *Variación en los patrones de viento*. Así mismo, este Factor genera múltiples efectos intermedios que se verán más adelante como la *Disminución de reservorios de agua dulce*, *Aumento de la aridez* y *Cambios en la estación de polen primaveral* entre otros

A pesar que la tendencia global en el mundo indica un aumento de la temperatura promedio alrededor del mundo, existe un factor de gran impacto en la salud humana, las llamadas olas de calor/frío.

Estos eventos extremos corresponden a variaciones diarias o estacionales que generan efectos directos sobre la salud, al *augmentar la morbilidad y mortalidad*. En este sentido, la tendencia muestra un aumento en la frecuencia y la intensidad de los días cálidos y las olas de calor, situación opuesta a las olas de frío, las cuales se proyecta disminuyan en intensidad y frecuencia.

### 6.1.1 Variación en la presión atmosférica

La variación en la presión atmosférica si bien es un efecto con poca influencia en la salud humana al menos de forma directa, adquiere importancia al ser un factor climático que se deriva de la variación de las temperaturas globales y que genera cambios en la distribución de los centros de alta y baja presión sobre el globo.

Además, los cambios de presión generan a su vez una variación de los patrones de viento globales, cambiando con esto lo *patrones de movimiento de las nubes y las precipitaciones*.

En este sentido, uno de los principales efectos derivados es el reposicionamiento de los centros de alta y baja presión producto del cambio en la distribución de la temperatura, provocando precipitaciones en zonas donde no llueve comúnmente, y generando mayor aridez en lugares donde antes no existían problemas de este tipo.

### 6.1.2 Variación en las precipitaciones promedio

La variación en las precipitación promedio si bien es caracterizado como un factor, a la vez corresponde a un efecto de la variación de la presión atmosférica y del aumento de temperaturas, el cual tiene fuertes impactos en la población ya que puede modificar

drásticamente el entorno en que viven, además de generar efectos directos a la salud humana.

En cuanto a su origen, este factor proviene del aumento de las temperaturas globales, lo cual genera un aumento en la temperatura del mar, generando una mayor evaporación de agua y por consiguiente aumenta la cantidad de nubes con potencial de generar lluvia. Según esto, se espera un aumento en la cantidad e intensidad de precipitaciones en gran parte del mundo.

Por otro lado, al referirnos a los efectos de la variación de las precipitaciones es necesario diferenciar entre la disminución de las precipitaciones, lo que se cree provocará un *aumento de las sequías y aridez* en ciertas zonas, y el aumento de precipitaciones, que generaría un *aumento en la humedad relativa del aire* y un *aumento de la probabilidad de inundaciones*, solo por mencionar los efectos más importantes.

### 6.1.3 Extremos climáticos

También conocidos como eventos extremos, son situaciones extraordinarias, de corta duración y gran intensidad, caracterizados por generar cambios fuertes en las temperaturas, precipitaciones y además generar eventos naturales poco frecuentes como tormentas e inundaciones de gran impacto.

Sus efectos a la salud humana son igual a los de los eventos ordinarios, sin embargo, debido a su gran intensidad puede generar episodios agudos de distintas enfermedades. En este sentido hay que considerar que cualquier efecto a la salud que se pueda generar por variación de las temperaturas o precipitaciones promedios, también puede presentarse por eventos extraordinarios.

De la misma forma cabe destacar otros eventos poco frecuentes que se mencionan en la literatura como El Niño y La Niña (ENSO), el cual puede generar condiciones climáticas que no son habituales en ciertas zonas, como intensas precipitación y fuertes sequías.

## 6.2 Efectos intermedios

Tal como se mencionó previamente, los denominados efectos intermedios, son aquellos derivados de los Factores climáticos, los cuales tienden a modificar el entorno de la población humana, generando efectos adversos en su salud (principalmente). Es por esta razón que WHO los denomina “influencias moderadoras”, tal como se observó en la Figura 6-1.

En este sentido, cabe destacar que en la medida que dichos efectos modifican el entorno, generan a su vez nuevos efectos, pudiendo a generar distintos efectos a la salud humana,

de forma directa o indirecta. A continuación se listan los principales efectos intermedios identificados por la revisión bibliográfica<sup>4</sup>.

### 6.2.1 Inundaciones y sequías

Las inundaciones y sequías son un efecto de la variación en las precipitaciones y en las precipitaciones, las cuales se combinan de formas distintas sobre la superficie de la tierra. Específicamente, los climas más cálidos, con su alta variabilidad climática, incrementarán el riesgo inundaciones y sequías. Así mismo, a nivel global se proyecta que independiente de la proyección climática utilizada, es altamente probable que en dichos climas aumenten las precipitaciones extremas y con ello las inundaciones (IPCC 2007a).

Las inundaciones son conocidas como eventos de baja probabilidad pero de alto impacto, sin embargo son el desastre natural climático más frecuente. Además, las inundaciones tienden a ser un factor de contaminación de las aguas, agregando peligrosos químicos, metales pesados y otras sustancias peligrosas, que pueden estar libres en el ambiente o almacenadas (IPCC 2007a).

Por el contrario, en lo referente a las sequías, se espera que el número de sequías extremas se dupliquen en los próximos 100 años (IPCC 2007a), en donde una disminución en la cantidad de precipitaciones veraniegas, sumado a un aumento en las temperaturas, aumentaría la evaporación, disminuyendo la humedad del suelo, generando más frecuentes e intensas sequías.

Otro punto a destacar sobre las sequías es que se proyecta que el periodo de derretimiento de nieve sea más temprano, por lo cual sería menos abundante en la época de deshielo común, aumentando el riesgo de sequías en periodo estival, cuando la demanda es mayor (IPCC 2007a).

Como resultado de esto, se espera un aumento en las enfermedades diarreicas (WHO 2008) y las asociadas a la calidad y cantidad de agua (IPCC 2007a), tal como se verá en el punto siguiente.

### 6.2.2 Calidad del agua y alimentos

En cuanto a los efectos asociados a la calidad del agua y los alimentos, el primer punto a mencionar es que estos suelen ser un efecto directo de la variabilidad climática, específicamente de las sequías e inundaciones las cuales tienden a generar una menor calidad del agua, ya sea por un agua con mayor cantidad de sólidos disueltos (en caso de

---

<sup>4</sup> La totalidad de los efectos intermedios se encuentra disponible en el Anexo 13.6.

las sequías (IPCC 2007a), o por una contaminación del abastecimiento del agua (WHO 2008).

Además de los efectos recién mencionados, existen efectos directos del aumento de las temperaturas sobre la calidad del agua, en este sentido el IPCC (IPCC 2007a) destaca los siguientes efectos, asociados a la variación de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas:

- La disminución en el nivel de agua en ríos y lagos, provocaría una re-suspensión de los sedimentos en el fondo de estos cuerpos de agua, liberando compuestos con efectos negativos en el suministro de agua.
- Las lluvias más intensas llevarían a un aumento de los sólidos en suspensión en lagos y reservorios, debido a la erosión fluvial del suelo.
- El aumento de las temperaturas superficiales promovería el aumento de las algas y el contenido fúngico.
- Un aumento de nutrientes y sedimentos debidos a una mayor escorrentía, sumado a una bajo nivel de las aguas, afectaría la calidad de las aguas.
- En regiones donde las lluvias intensas se espera aumenten, los contaminantes serian incrementalmente lavados desde los suelos hacia los cuerpos de agua.
- La acidificación en ríos y lagos, se espera, aumente como resultado de la depositación atmosférica acida.
- Aumento de la salinidad en estuarios y entradas de mar con un decreciente caudal. (se espera que esto sea una gran problemática en las islas pequeñas), y en las zonas Ardas y semiáridas.
- Las **WBD**<sup>5</sup> se espera aumenten durante lluvias extremas. Así mismo, en regiones que sufren de sequías, se espera aumente la incidencia de enfermedades diarreicas, y otras patologías asociadas con el agua, todo de forma unánime con el deterioro en la calidad del agua.
- En aquellos sitios donde la recarga de aguas superficiales y subterráneas disminuya, la calidad del agua también disminuirá debido a una disminución de la disolución.

Desafortunadamente, dichas aguas de mala calidad serán necesarias en aquellas regiones que presenten una disminución en los reservorios de agua, como en los andes del sur (WHO 2008). Se estima que al menos un 10% de la población mundial consumirá cultivos regados con aguas residuales (IPCC 2007a).

---

<sup>5</sup> Water Borne Diseases, enfermedades transmitidas por la ingesta de agua y alimentos.

Por otro lado, en cuanto a los alimentos, cabe señalar que las sequías tienden a disminuir la diversidad dietaria, y reducir el consumo de comida, y con esto producir una baja en el consumo de nutrientes. Además, es sabido que las sequías tienden a generar grandes migraciones poblacionales del campo a la ciudad, provocando nuevas problemáticas a los centros urbanos como el hacinamiento, falta de agua potable, comida y albergue (IPCC 2007a).

Así mismo, el IPCC (2007a) señala que existe una fuerte relación entre los efectos de las altas temperaturas con formas comunes de envenenamiento por alimentos, como la Salmonelosis. Sin embargo, los efectos del cambio climático irán mas allá, ya que también se asocian sus efectos al contacto entre comidas y algunas especies consideradas como plagas (como los mosquitos y los roedores), los cuales son altamente sensibles al calor.

### 6.2.3 Vientos, Nubes y Tormentas

La asociación de estos tres elementos al cambio climático es inequívoca, el aumento en las temperaturas promedio en altamar, y los cambios en la distribución de los sistemas de ciclones y anticiclones globales se proyecta que generen grandes consecuencias sobre la población humana, principalmente al aumento de la vulnerabilidad de la población en el mundo (densidad y exposición) (WHO 2008).

En este sentido, las tormentas son un fenómeno de gran implicancia a nivel global ya que según las proyecciones se espera aumenten en intensidad y cantidad (IPCC 2007a), aumentando con ello la cantidad de inundaciones y morbilidad y mortalidad accidentales, lo cual se vería incrementado en las zonas costeras.

Por otro lado, este nuevo patrón de los vientos, y por consecuencia de las nubes generaría en la población una mayor exposición a la Radiación UV (RUV) (IPCC 2007a).

Finalmente, el ultimo efecto asociado a esta temática es el asociado a los alérgicos, los cuales se esperan varíen en estacionalidad, y debido al cambio en los vientos, en extensión, afectando grandes áreas, generando un aumento en los problemas alérgicos en la población (IPCC 2007a).

### 6.2.4 Calidad del aire

Los efectos en la calidad del aire son muy variados, en este sentido se destacan efectos asociados a eventos estacionales como la inversión térmica invernal en Santiago de Chile (CEPAL 2008) o la disminución de contaminación por el menor uso de calefactores, ante el aumento de las temperaturas promedio mensuales.

Sin embargo, existen efectos adversos de gran impacto, en este sentido el IPCC (2007a) señala que, los efectos de las extensas sequías provocarían cambios en la matriz energética de muchos países que depende de la hidro-energía para la generación eléctrica debiendo generar esta energía a partir de combustibles fósiles los cuales presentan un mayor nivel de emisión de contaminantes locales. En este sentido, en dicho texto se destacan los efectos adversos en la salud y la economía de los países de los andes del sur como Chile, Perú y Colombia.

## 6.3 Efectos sobre la salud

### 6.3.1 Enfermedades asociadas al consumo de alimentos y consumo de agua

Este tipo de efectos son ampliamente estudiados en la literatura, principalmente por sus efectos en las poblaciones más vulnerables, como niños, ancianos, personas de escasos recursos y también, mujeres embarazadas.

En este sentido, los efectos del Cambio Climático, tal como se mencionó anteriormente, provienen principalmente de la falta de agua, la baja en su calidad y el aumento en las temperaturas.

En cuanto a la falta de agua, se destaca que en la época de sequías tienden a disminuir la diversidad dietaria y reducir el consumo de comida, y con esto producir una baja en el consumo de nutrientes. Además, es sabido que las sequías tienden a generar grandes migraciones poblacionales del campo a la ciudad, provocando nuevas problemáticas a los centros urbanos como el hacinamiento, falta de agua potable, comida y albergue.

Por otro lado, al referirnos a la calidad del agua, es necesario destacar dos tipos, las transmitidas por el agua (ingerida) y enfermedades asociadas al lavado con agua (causadas por la falta de higiene). Se destacan patologías como la meningitis meningocócica, y las enfermedades diarreicas e infecciosas.

Las enfermedades diarreicas están altamente relacionadas con la ingesta de alimentos contaminados o en mal estado y son altamente sensibles al clima, especialmente a inundaciones y sequías, producto de que estos eventos provocan una baja en la calidad del agua y por ende, en la calidad de los alimentos. Las patologías identificadas en los textos son: Colera, Criptosporidiosis, Infecciones por E. Coli, Giardiasis, Shigelosis y Fiebre tifoidea.

Dentro de los impactos a la salud debido al cambio climático considerados en India, se encuentra el aumento en la cantidad de casos de enfermedades diarreicas, como el cólera. Esto, debido a las excesivas inundaciones que contaminan el agua potable. Este tipo de enfermedades provocaron en el año 2006 un valor estimado del parámetro DALY (Disability-Adjusted Life Year) de 23.801.447 . El mismo parámetro se proyecta que tome un valor de 21.486.636, en el año 2016 (Singh & Dhiman 2012).

*DALY: parámetro que indica el número de años perdidos debido a mala salud, discapacidad o muerte prematura. Se calcula como la suma de los años perdidos por muerte prematura, YLL (years of life lost) y los años vividos con discapacidad o enfermedad, YLD (years lived with disability).*

Con respecto a las enfermedades infecciosas, se ha constatado en todo el mundo un incremento de la frecuencia de muchas de estas, incluidas algunas de reciente aparición (VIH/SIDA, hantaviriosis, hepatitis A y C, SRAS, etc.). Según WHO (2008), ello refleja el impacto combinado de los rápidos cambios demográficos, ambientales, sociales, tecnológicos y de otro tipo sobre nuestros modos de vida, los cuales estarían siendo gatillados por el cambio climático, el cual también modificará la frecuencia de estas enfermedades infecciosas.

En este sentido, es importante destacar la transmisión de infecciones por medio del agua, en donde son las precipitaciones, el principal factor que da origen a estas patologías. Esto se debe a que puede influir en el transporte y la propagación de agentes infecciosos hacia los cursos de agua, mientras que la temperatura afecta a su desarrollo y supervivencia.

Al referirse a los efectos de la temperatura, existen diversos estudios que han confirmado y cuantificado los efectos de las altas temperaturas con formas comunes de envenenamiento por alimentos, como la **Salmonelosis**. Sin embargo, los efectos del cambio climático irán más allá, ya que también se asocian sus efectos al contacto entre comidas y algunas especies consideradas como plagas (como los mosquitos y los roedores), las cuales son altamente sensibles al calor.

En resumen, los principales efectos a la salud humana asociados a la ingesta de alimentos (agua y comida) según Menne (2000) son:

- Fallecimientos
- Malnutrición (desnutrición, déficit de proteínas y energía y/o déficit de micronutrientes)
- Enfermedades diarreicas
- Enfermedades infecciosas
- Enfermedades respiratorias

### 6.3.2 Variación en la presentación de enfermedades vectoriales

Si bien las enfermedades vectoriales se encuentran dentro de la clasificación de enfermedades infecciosas, se analizan de forma detallada por su estrecha relación a los cambios climáticos y gran impacto en la salud humana.

En la literatura, las enfermedades transmitidas por vectores se suelen diferenciar en dos tipos: las transmitidas por insectos, y las transmitidas por roedores y garrapatas. La agrupación de estas dos últimas especies se debe principalmente a que su comportamiento responde de manera similar ante los cambios en el clima (WHO 2008).

Las enfermedades transmitidas por vectores son conocidas por ser sensibles a las temperaturas y las lluvias. Este tipo de consideraciones sugieren que las temperaturas más altas (asociadas al cambio climático) tienen dos posibles efectos: Cambios en los vectores *per se*, y cambios en los efectos de las enfermedades transmitidas por vectores.

En este sentido, el cambio climático ha provocado que las condiciones de supervivencia de los vectores cambien, y que las zonas en las que se presentan se extiendan y contraigan en diferentes partes del mundo, por lo que se estima que exista un cambio en su área de distribución, desapareciendo en algunos sectores, aumentando en otros, e inclusive trasladándose hacia áreas aledañas a donde actualmente no se encuentran.

#### 6.3.2.1 Enfermedades asociadas a insectos transmisores

Para poder estudiar el comportamiento de este tipo de vectores ante el cambio climático es necesario conocer cuáles son las características que intervienen en su supervivencia, como: reproducción de los vectores, su tasa de picadura, y la tasa de incubación de microorganismos patógenos en su interior. Sin embargo el tema principal es la existencia de las condiciones climáticas óptimas como la temperatura y las precipitaciones, además de la altitud, el viento y la duración de la luz diurna (WHO 2008).

Los mosquitos necesitan de aguas estancadas para reproducirse y los adultos requieren un medio húmedo para sobrevivir. Así mismo, las temperaturas elevadas favorecen la reproducción de los vectores y reducen el periodo de maduración de los patógenos en su interior. Por el contrario, las condiciones de mucho calor y secas reducen las probabilidades de supervivencia de los mosquitos (IPCC 2007a).

Entre las enfermedades más comunes en este tipo de vectores se destacan: el dengue, la malaria, la fiebre amarilla, la enfermedad de chagas, todas presentes en Latinoamérica, y además, en los países que limitan con Chile. En la literatura se hace hincapié en las dos primeras, ya que son las enfermedades transmitidas por vectores con un mayor impacto en la población mundial (IPCC 2007a).

**Dengue:**

Según la Organización mundial de la Salud (2008) el dengue es la arbovirosis más importante del ser humano, la cual se presenta principalmente en áreas tropicales y subtropicales, pero específicamente con más fuerza en áreas urbanas.

Así mismo, dicho documento (WHO 2008) menciona que en muchos países de Latinoamérica se asocia fuertemente al ENSO, específicamente a La Niña (ya que genera más calor y más humedad).

El dengue es transmitido principalmente por el mosquito *Aedes aegypti*, principal vector en el continente, está presente en toda América a excepción de Canadá y Chile continental (WHO & WMO 2012) y se encuentra en forma endémica en Isla de Pascua. Según expertos nacionales, existe un alto riesgo de que ocurra la reintroducción de este vector al territorio continental de Chile.

**Malaria:**

Entre las características más importantes de dicha patología, se encuentra que su distribución está confinada a regiones tropicales y subtropicales, viviendo en áreas limítrofes de desiertos y mesetas donde un aumento de temperaturas o precipitaciones por ENSO pueden incrementar la transmisión (WHO 2008).

Esta enfermedad ha sido altamente estudiada ya que genera millones de muertes al año, especialmente en África. Se ha demostrado la importancia de la variabilidad de la temperatura en la transmisión de malaria en tierras altas, sin embargo, la relación aun es incierta (IPCC 2007a).

Así mismo, cabe destacar que existen diversos factores que afectan en la transmisión de esta patología (como: resistencia a los fármacos, disminución en el control de los vectores y cambios ecológicos) que pueden ser los responsables de la resurgencia de la malaria en los últimos años (IPCC 2007a).

En resumen, si bien el clima es un factor limitante, al referirnos a la distribución espacial y temporal de la malaria, existen diversos factores no-climáticos que pueden alterar e inclusive anular los efectos del clima.

En Chile, esta enfermedad fue eliminada a mediados del siglo XX permaneciendo focos residuales en el extremo norte del país, los que están bajo permanente vigilancia y control. Sin embargo, existe alto riesgo de dispersión a otras áreas del norte y centro del país debido a los probables cambios en los patrones de precipitaciones que se pronostican en el área.

*The World Health organization (WHO), estima 300 millones de casos de malaria al año, 50-100 millones de casos de dengue y 120 millones de casos de filariasis (Tabachnick 2010). Estas cantidades podrían incluso ir en aumento debido a las nuevas condiciones de temperatura y humedad que generaría el cambio climático.*

### 6.3.2.2 Enfermedades asociadas a roedores y garrapatas

Este tipo de vectores se caracteriza por presentarse en regiones templadas, con inviernos suaves y húmedos, sin embargo, su época de auge se asocia a la variabilidad climática (ENSO) más que a ciertas condiciones para su supervivencia como en el caso de los insectos.

Se han detectado cambios en la distribución latitudinal y abundancia de los vectores de la enfermedad de Lyme, asociados con inviernos suaves. Cabe destacar que estos cambios bien pueden ser influenciados por cambios en el comportamiento humano, y en la calidad de la información (por ejemplo, falta de reportes e inconsistencia en series temporales) . Sin embargo, es inevitable la asociación entre los nuevos climas generados por el cambio climático a estas nuevas distribuciones (IPCC 2007a).

Entre las principales problemáticas derivadas se encuentra que este tipo de vectores corresponden a reservorios de enfermedades, entre las cuales se destaca: Leptospirosis, Tularemia y Virosis hemorrágica (ante inundaciones); y Lyme, Encefalitis y hantavirus (por variabilidad climática)

### 6.3.3 Variación en la morbilidad y mortalidad por cambios en la temperatura

Como ya se mencionó al inicio de este capítulo, la variación de temperaturas es un factor sumamente importante en los efectos a la salud humana del cambio climático, principalmente por todos los efectos secundarios que ya se han revisado, sin embargo, también existen efectos directos en la salud humana, los que se revisaran detalladamente a continuación.

En este sentido, cabe mencionar que los episodios calor o fríos extremos han sido asociados fuertemente con un aumento de la mortalidad, tal como sucede en los inviernos en el Reino Unido, o como la ola de calor del 2003 en Europa. Sin embargo, específicamente en cuanto a los efectos, cabe destacar que las tendencias históricas demuestran que la población con mayores ingresos se vuelven menos vulnerables al frío y calor. En este sentido, cabe destacar que actualmente existe una aparente tendencia a la

disminución entre las olas de frío y las defunciones, sin embargo los autores destacan que la adaptación cumple un gran rol en esta disminución, por lo cual esta baja en los fallecimientos no es atribuible en su totalidad al cambio climático (IPCC 2007a) .

Es por esta razón, que es sumamente importante identificar los factores externos que afectan el aumento de la mortalidad asociada a estas temperaturas extremas (como la adaptación). Por ejemplo, la mayor parte del exceso de mortalidad en estas condiciones corresponde a personas que ya tenían enfermedades, principalmente cardiovasculares y respiratorias, por lo tanto, la población más vulnerable son las personas muy ancianas, de edad muy corta, y de salud frágil.

En cuanto al impacto de este efecto en la salud, se espera que aumente la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor en climas de inviernos suaves (presentes en latitudes medias). Además, se cree que la disminución de fallecimientos invernales supere el aumento estival, aunque es un tema aún incierto.

### 6.3.3.1 Olas de calor

Los días cálidos y las olas de calor se harán más frecuentes, lo cual, en un corto plazo, significa un aumento en la mortalidad. En este sentido, diversos estudios indican que el aumento en la mortalidad depende directamente de la severidad de la ola de calor, y el estado de salud de la población afectada (IPCC 2007a).

Siguiendo esta línea, se estima que las olas de calor afecten especialmente a la población anciana, a los trabajadores al aire libre y a quienes tengan enfermedades pre-existentes.

En Francia, cerca de 15.000 muertes fueron registradas entre los días 1 y 20 de Agosto del año 2003 (Pascal, Laaidi et al. 2012), atribuibles a la ola de calor que azotó a Europa en esos días (35.000 muertes fueron las registradas en todo el continente (Hartz, Golden et al. 2012)). Los ancianos, personas con enfermedades crónicas, aquellos que vivían solos o aislados socialmente y las personas que trabajaban al aire libre, fueron los que presentaron mayor vulnerabilidad ante el evento (Pascal, Laaidi et al. 2012).

Considerando las temperaturas máximas y mínimas, mortalidad, visitas a establecimientos de emergencia y admisiones hospitalarias durante el periodo 1994-2008, en la ciudad de Perth, Australia, se concluye que un aumento de 10°C sobre el umbral máximo de temperatura (34-36°C) conlleva a un 9,8% de aumento en la mortalidad diaria, a un 4,4% de aumento en las visitas a establecimientos de emergencia y a un 10,2% de aumento en las visitas a establecimientos de emergencias por situaciones relacionadas con enfermedades renales (Williams, Nitschke et al. 2012).

Durante la ola de calor del año 2006, en Chicago se registró un promedio de 60.8 llamadas por día, del tipo HRD (*heat-related dispatches*), y se registró un índice de calor de 41.1oC. El promedio de HRD de los 5 días con mayor HRD, durante el periodo 2003-2006 fue de 25.7, con un índice de calor de 35.9oC (Hartz, Golden et al. 2012)

*HRD: Heat Related Dispatches, por sus sigla en inglés. Corresponden a todas las llamadas de emergencia al 911 por problemas de salud asociados a altas temperaturas.*

### 6.3.3.2 Olas de Frío

Las olas de frío se espera continúen siendo un gran problema en el hemisferio norte, donde las bajas temperaturas se extienden por varias horas. Se prevé que las muertes accidentales debido al frío se concentren en las personas socialmente aisladas, como alcohólicos y personas sin hogar, trabajadores y ancianos.

### 6.3.3.3 Estimaciones de los efectos del frío y el calor

La estimación de los efectos depende de distintos factores, entre los cuales se destaca: el clima, la topografía, el efecto de las islas de calor, los ingresos de la población y la cantidad de ancianos. Sin embargo, cabe destacar que, la sensibilidad de la población a la variación de la temperatura cambia en décadas, lo cual se asocia principalmente a la adaptación a estos extremos. Esto último, sería un factor a considerar al momento de analizar la disminución en los fallecimientos asociados al frío en las últimas décadas.

Por esta razón es que se estima que la sensibilidad a este tipo de eventos fríos sea mayor en aquellos lugares donde los inviernos suelen ser leves, ya que su población estaría menos preparada (IPCC 2007a).

### 6.3.4 Aumento de las enfermedades alérgicas

Según estudios incluídos en (IPCC 2007a), las tendencias recientes de este tipo de enfermedades muestran que en altas latitudes la temporada de polen tiende a retrasarse, mientras que en las bajas latitudes (y especialmente en Europa) tiende a adelantarse.

En cuanto al polvo, cabe señalar que los mismos autores (IPCC 2007a) señalan que sus efectos no han sido bien descritos en la literatura, sin embargo, existen referentes en donde se asocia el aumento de las enfermedades respiratorias en el Caribe a una mayor cantidad de polvo del Sahara en el aire, debido a los cambios en los patrones del viento.

### **6.3.5 Enfermedades asociadas a mayor exposición a RUV**

Es bien conocido que la Radiación solar Ultra Violeta (RUV) causa una amplia cantidad de efectos adversos en la salud, como cataratas corticales, melanoma maligno cutáneo, quemaduras de sol y problemas de inmunosupresión (disminución en la capacidad de respuesta del sistema inmunológico ante la presencia de antígenos).

En este sentido, los efectos que se acarrean desde hace algunos tiempos derivados del adelgazamiento de la capa de ozono, sumado al cambio en el patrón de los vientos, y por consecuencia de las nubes, generarían un cambio en la exposición de la población a dicha radiación. Además se espera que los aumentos en las temperaturas provoquen otros efectos menos importantes, como cambios en el tipo de ropa que usan las personas, y en el tiempo de actividades *outdoor* que lo expongan a la RUV.

### **6.3.6 Aumento de Enfermedades cardiorrespiratorias**

El aumento de las enfermedades cardio-respiratorias por efectos de la contaminación es un efecto altamente estudiado internacionalmente. Sin embargo, específicamente en lo referente al clima, es sabido que los efectos que éste puede provocar en la concentración de contaminantes es principalmente debido al aumento de contaminantes por el mayor uso de calefacción, y por los efectos del viento (y presión) en el transporte, dispersión y depósito de los contaminantes.

En este sentido, la tendencia muestra que los episodios críticos de contaminación son estacionales, en donde en invierno aumenta la concentración de contaminantes, y varía fuertemente las condiciones de ventilación en comparación con el verano.

Entre las principales patologías que se asocian a este tipo de efectos en la salud podemos encontrar un aumento en la morbilidad respiratoria por: neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, asma, enfermedades respiratorias alérgicas como la rinitis y otros, y con la mortalidad prematura.

### **6.3.7 Lesiones y Defunciones**

Las lesiones y defunciones se refieren principalmente a los eventos accidentales asociados a eventos climáticos extremos, como las inundaciones, incendios y tormentas costeras, los cuales afectan de forma directa e inmediata a la salud humana.

La importancia de este tipo de efectos, es que dependiendo de la magnitud del evento, estos pueden ser masivos, punto de suma importancia debido a que por el cambio climático este tipo de eventos está en alza.

### 6.3.8 Salud Mental

Los impactos del cambio climático pueden tener efectos adversos también en la salud mental. Estos efectos son considerados y explicados con especial atención en (Garibay M. & Bifani-Richard P. 2012). En el documento, estos impactos son diferenciados en tres tipos: Impactos agudos y directos, Impactos indirectos e Impactos psicosociales. Los primeros, están asociados a la ocurrencia de eventos extremos, como las inundaciones, los cuales desencadenan traumas psicológicos que conducen a enfermedades somáticas, depresión, abuso de drogas y alcohol, y apego al lugar deteriorado. Los Impactos indirectos por su parte, causados también por la ocurrencia de eventos extremos, generan reacciones posteriores de ansiedad, pena, angustia e insensibilidad, entre otros. Finalmente, los Impactos psicosociales son los que afectan la salud mental debido a sus efectos a nivel de comunidad. Estos son generados por diferentes impactos climáticos. Por ejemplo, las olas de calor pueden crear conflictos inter-grupales debido a las reacciones violentas que pueden tener las personas (debido a la exposición a las altas temperaturas); o la sequía, que debido a los impactos que tiene a nivel económico, puede provocar sensaciones de inestabilidad en las personas debido a la escasez de recursos y a las migraciones asociadas al fenómeno.

## 6.4 Comentarios Generales a la Identificación de Impactos a la Salud producto del Cambio Climático

Tras revisar cada factor y efecto del cambio climático, la relación entre este fenómeno y los efectos en la salud humana es sumamente compleja (para más detalles revisar Anexo 13.7)<sup>6</sup>. Sin embargo, es esta situación de complejidad la que resalta la importancia de conocer todas las interacciones para poder saber dónde debe concentrar sus esfuerzos el sector salud.

Así mismo, se puede observar que diversos efectos en la salud son productos de múltiples efectos del cambio climático, por lo cual, para lograr mitigar sus efectos, los esfuerzos deben focalizarse en múltiples puntos. Un ejemplo de esto es lo que sucede con las enfermedades infecciosas y diarreicas, las cuales requieren múltiples intervenciones para

---

<sup>6</sup> Al observar dicho anexo, se puede observar como en el centro de la figura se concentran la mayor cantidad de efectos, los cuales corresponden a aquellos derivados de la interacción entre las precipitaciones y la variación de la temperatura.

aseguras su disminución, tal como ocurre también con las enfermedades asociadas a la alimentación.

De la misma forma, se destacan otros tipos de efectos, que provienen directamente del cambio climático, en donde la problemática no se puede solucionar desde su origen, como lo sucedido en las variaciones en la morbilidad y mortalidad, por variación en la temperatura.

Finalmente, tras conocer los efectos del cambio climático en la salud humana es importante conocer cuál es la confianza de que sucedan dichos efectos, cuál es su magnitud y su dirección (impacto positivo o negativo). En este sentido, la Figura 6-2 (WHO 2009) muestra claramente que los efectos positivos a la salud humana tendrán un impacto menor que los negativos. En cuanto a la confianza de ocurrencia de dichos efectos, se puede observar que las enfermedades diarreicas presentan una menor confianza, sin embargo aun así es considerable. Así mismo, la confianza en los cambios en la malaria es calificada como muy alta, lo cual significa que existe un alto grado de certeza de que estos cambios ocurrirán.

**Figura 6-2: Dirección y magnitud de los efectos del cambio climático en la salud humana**

	Impacto negativo	Impacto positivo
<b>Confianza muy alta</b> Malaria: contracción y expansión, cambios en la estación de transmisión	←	→
<b>Confianza alta</b> Aumento de la malnutrición	←	
Aumento en el número de personas que sufren de muertes, enfermedades y lesiones debido al cambio extremo del clima	←	
Aumento de la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias debido al cambio de la calidad del aire	←	
Cambio en la variedad de vectores de enfermedades infecciosas	←	→
Reducción de las muertes relacionadas con el frío		→
<b>Confianza mediana</b> Aumento de la carga de enfermedades diarreicas	←	

Fuente: (WHO 2008)

## 7. Proyección de Variables Climáticas

Las proyecciones climáticas para Chile utilizadas en la presente revisión corresponden a las realizadas por el estudio “La Economía del Cambio Climático” (CEPAL 2009) el cual utiliza el modelo de clima global HadCM3 de la Oficina Meteorológica de Inglaterra, en el cual se aplican los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero A2 y B2. Como se comentó anteriormente, esta proyección fue realizada Departamento de Geofísica Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y se encuentra basado en lo desarrollado por (Universidad de Chile 2006) en base al Modelo PRECIS (que utiliza como información de entrada el GCM HadCM3).

El escenario A2 proyecta alto nivel de emisiones de GEI, mientras que el escenario B2 considera un futuro más moderado en este sentido, es decir, con una menor cantidad de emisiones de este tipo de gases.

En cuanto a la temporalidad de dichas proyecciones, el análisis de CEPAL se considera tres períodos distintos. Un período temprano que va de 2010 a 2040, uno intermedio de 2040 a 2070 y uno tardío de 2070 a 2100, lo cual permitiría en primera instancia conocer cuáles son los alcances del cambio climático en Chile a un corto, mediano y largo plazo.

### Incertidumbre

Tal como se consideró en el informe La Economía del Cambio climático en Chile (CEPAL 2009), es de suma importancia considerar los efectos de la incertidumbre de las distintas proyecciones de dicho modelo, ya que los sectores con cuyas proyecciones presentan una menor incertidumbre, permiten considerar para dichos sitios medidas más robustas para enfrentar la problemática que significa el cambio climático para el sector salud en Chile.

Cabe señalar que, según lo expuesto por CEPAL existen dos zonas con baja incertidumbre respecto a los resultados de las proyecciones, estas son entre la región de Coquimbo y los Lagos y la región de Magallanes, mientras que, por el contrario en el resto de las regiones, y más aún al norte de los 27°S, existe un gran nivel de incertidumbre, por la variabilidad entre las proyecciones de los modelos.

### 7.1 Proyección de temperaturas

Al analizar ambas proyecciones de temperatura<sup>7</sup> (Figura 7-2 (A2) y Figura 7-1 (B2)), se puede observar que en un corto plazo (2010-2040), ambos escenarios muestran aumentos en todo el país que van desde 0,5°C a 1,5°C, en donde los mayores aumentos se

<sup>7</sup> Al momento de hablar de proyecciones de temperaturas, se refiere a la modificación de las temperaturas medias, lo que considera la temperatura promedio diaria o anual, según sea el caso.

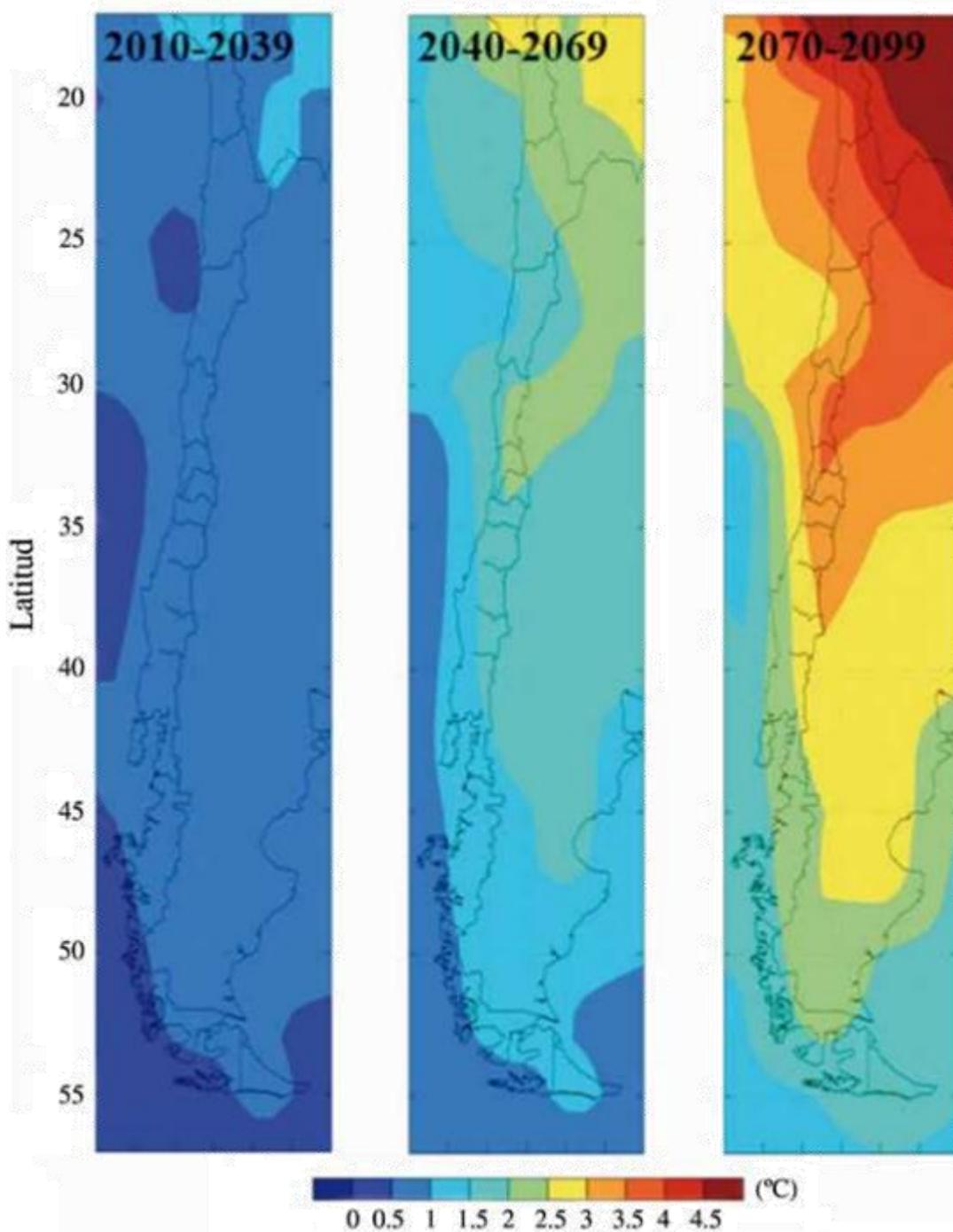
concentran en el altiplano del norte grande. Así mismo, cabe destacar que en este período los aumentos son mayores en el escenario B2.

En el mediano plazo (2040-2069), en cambio, es el escenario A2 el que muestra los mayores cambios, sobre todo en la zona altiplánica (2,5°C), mientras que, además es necesario destacar una tendencia importante, la cual comienza a caracterizar un nuevo tipo climático en la zona centro-sur.

Al revisar las proyecciones a largo plazo, se puede ver que ambos escenarios pronostican aumentos de temperatura en todo el país, incluida la zona del extremo austral. Sin embargo, en el escenario A2 se muestran aumentos mayores, en el orden de 3°C a 4°C, abarcando estos aumentos de temperatura hasta la Región de Los Lagos. Por otro lado, el escenario B2 muestra aumentos de 2°C a 3°C, los cuales se concentran en la zona centro-sur del país.

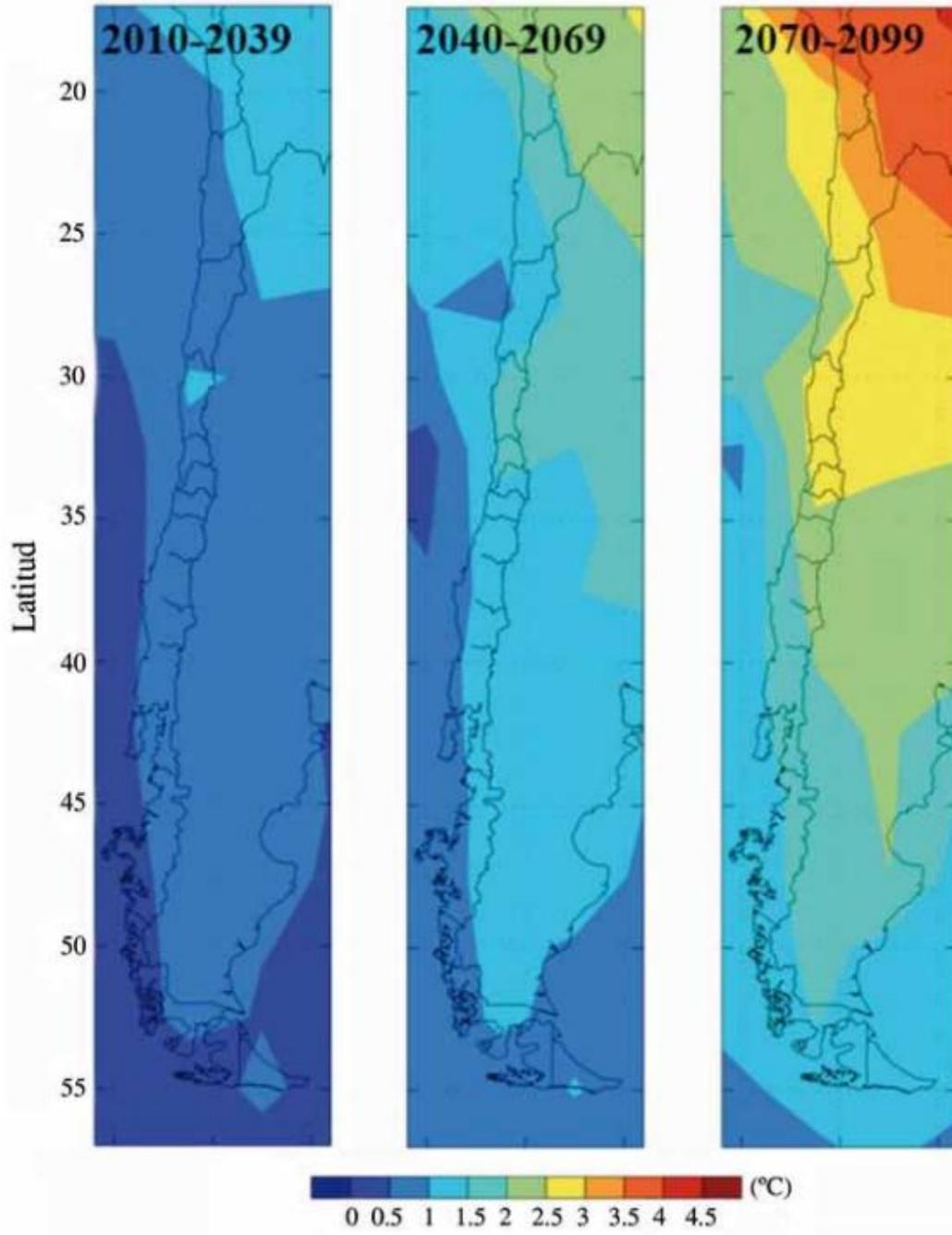
En general, se observan dos tendencias principales, la primera muestra un aumento considerable de las temperaturas en el centro y norte de Chile, bajo cualquiera de los dos escenarios, lo que haría pensar que esta es una zona crítica a futuro. Por otro lado, la segunda tendencia observada, hace referencia a que los aumentos de temperatura son más evidentes a medida que se aleja la influencia moderadora del océano (en altura o alejado de la costa).

Figura 7-1 Proyecciones de temperatura para el escenario A2  
(Cambios en grados centígrados sobre base histórica)



Fuente: (CEPAL 2009)

Figura 7-2 Proyecciones de temperatura para el escenario B2  
(Cambios en grados centígrados sobre base histórica)



Fuente: (CEPAL 2009)

### 7.1.1 Proyección de Temperaturas Diarias

La proyección de temperaturas diarias se realizó para un periodo de análisis hasta el año 2100 para 8 ciudades repartidas a lo largo de Chile. Estas corresponden a las ciudades de Arica, Antofagasta, La Serena, Santiago, Concepción, Temuco, Puerto Montt y Punta Arenas. Para cada una de estas ciudades, se realiza la proyección de temperaturas según el método que se describe en los siguientes párrafos.

La información relacionada a proyecciones futuras de clima se obtiene de los resultados de simulaciones hechas por modelos de clima global (GCM por sus siglas en inglés). Los modelos GCM proporcionan estimaciones cuantitativas sobre los cambios climáticos futuros, en particular a escala continental y más allá de ésta. La verosimilitud en los modelos se determina del hecho de que los modelos se basan en principios físicos aceptados y por su capacidad de reproducir las características observadas del clima actual y de cambios climáticos del pasado. La confianza que se tiene en las estimaciones de los modelos es mayor para algunas variables climáticas como la temperatura, que para otras como las precipitaciones.

La precisión de las estimaciones de las variables meteorológicas asociada a los GCMs disminuye a escalas menores, por lo que se han desarrollado específicamente otras técnicas, tales como el uso de modelos climáticos regionales o métodos de reducción gradual de la escala (*downscaling*), con el objetivo de estudiar los cambios climáticos a escalas regional y local.

La proyección de variables climáticas se realiza en base al método *downscaling*. Este método se asemeja a la asignación de cuantil y método de corrección de sesgo desarrollado (Wood, Leung et al. 2004). La principal diferencia es que, en lugar de desarrollar resultados con resolución basada en grillas, este método desarrolla estimaciones puntuales en las localidades de análisis.

A partir de este enfoque, se recrea la temperatura diaria para el escenario de GEI "A1b". El escenario A1b representa un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido, el crecimiento poblacional bajo y existe una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Las cuestiones importantes son la convergencia económica y cultural y la creación de capacidades, con una reducción sustancial de las diferencias regionales en los ingresos per cápita. En este mundo, la gente persigue la riqueza personal en lugar de la calidad ambiental.

Adicionalmente y en esfuerzo de capturar la variabilidad de los resultados, se consideran en el análisis de clima futuro (temperatura), las proyecciones de 12 modelos GSM disponibles en IPCC Fourth Assessment Report process (Christensen, Hewitson et al. 2007). Los modelos trabajados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 7-1. Modelos GCM considerados en análisis de temperatura futura**

Nombre Modelo	Desarrolladores - País
CGCM3.1(T47), 2005	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Canada
CNRM-CM3, 2004	Météo-France/Centre National de Recherches Météorologiques, Francia
ECHAM5/MPI-OM, 2005	Max Planck Institute for Meteorology, Alemania
ECHO-G, 1999	Meteorological Institute of the University of Bonn, Meteorological Research Institute of the Korea Meteorological Administration (KMA), and Model and Data Group, Alemania/Corea
FGOALS-g1.0, 2004	National Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG)/Institute of Atmospheric Physics, China
GFDL-CM2.1, 2005	U.S. Department of Commerce/National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA
GISS-AOM, 2004	National Aeronautics and Space Administration (NASA)/Goddard Institute for Space Studies (GISS), USA
INM-CM3.0, 2004	Institute for Numerical Mathematics, Rusia
IPSL-CM4, 2005	Institut Pierre Simon Laplace, Francia
MIROC3.2(hires), 2004	Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC), Japón
UKMO-HadCM3, 1997	Hadley Centre for Climate Prediction and Research/Met Office, UK
MRI-CGCM2.3.2	Meteorological Research Institute, Japan

Fuente: (Christensen, Hewitson et al. 2007)

Para realizar las proyecciones de temperatura se requieren las series climáticas históricas. Estas fueron obtenidas a partir de la Dirección Meteorológica de Chile utilizando la información de las estaciones meteorológicas (monitores) de las localidades de interés entre los años 1980 – 2000. Los monitores considerados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 7-2. Monitores considerados para el análisis de series de temperatura históricas**

Ciudad	Monitor
Arica	Chacalluta
Antofagasta	Cerro Moreno
La Serena	La Florida
Santiago	Quinta Normal
Concepción	Carriel Sur
Temuco	Manquehue
Puerto Montt	El Tepual
Punta Arenas	Carlos Ibañez

Fuente: Elaboración propia en base a información de la Dirección Meteorológica de Chile

Una vez estructuradas estas series se incorporan en el algoritmo de cálculo (implementado mediante rutinas programadas en Matlab) en donde se realiza todo el proceso y se obtienen las proyecciones de temperatura para los 12 modelos estudiados.

Estas proyecciones de temperaturas son utilizadas para la proyección de los impactos en salud (admisiones hospitalarias) producto de cambios en los patrones de temperatura (ver Sección 8.2.3). El detalle de las proyecciones diarias de temperatura según lo predicho en cada uno de los modelos utilizados es entregado en archivo Excel adjunto.

## 7.2 Proyecciones de precipitación

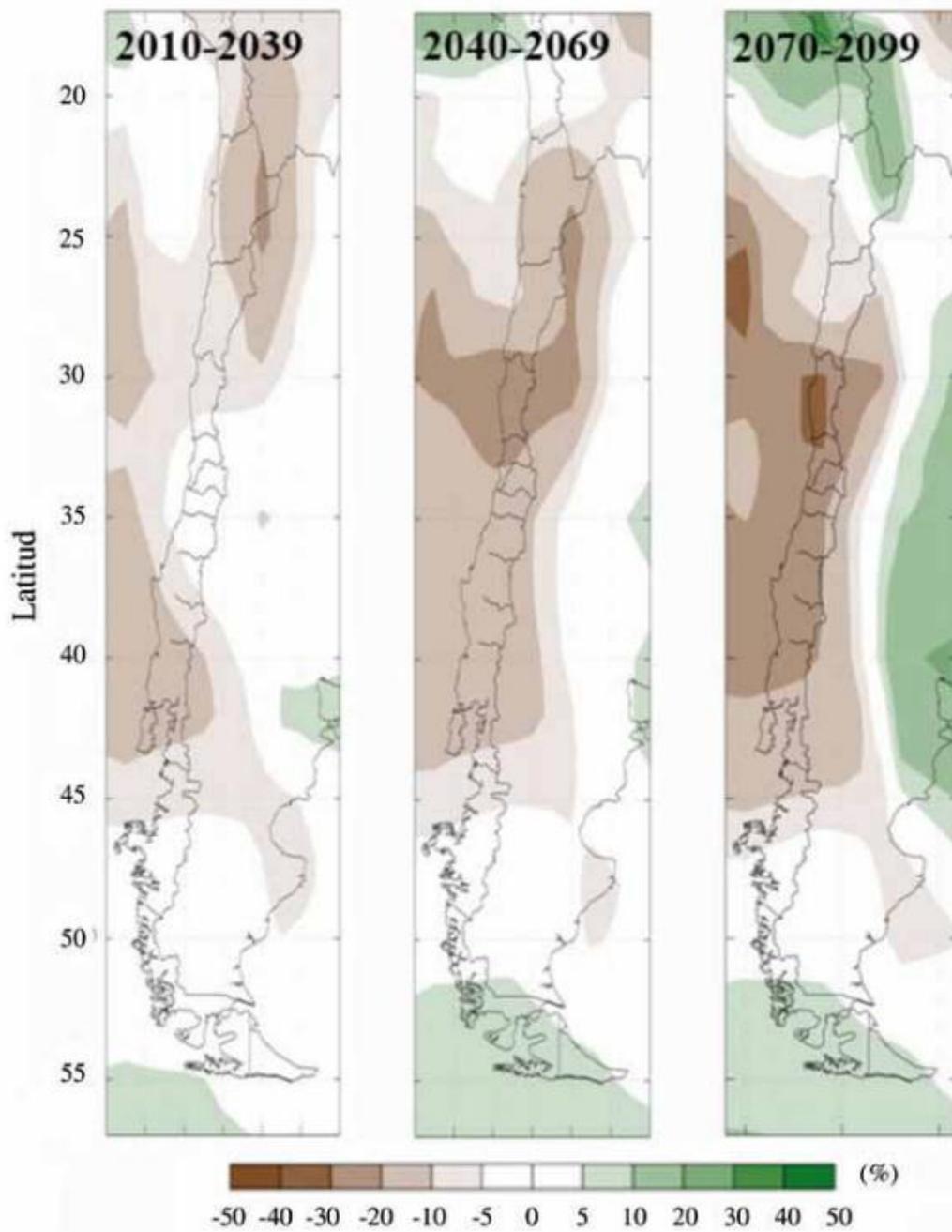
Con respecto a las proyecciones de precipitación, las proyecciones de la Figura 7-3 (escenario A2) y de la Figura 7-4 (Escenario B2) muestran la variación porcentual de las precipitaciones para ambos escenarios.

En este sentido, en el corto plazo (2010-2040), se pueden observar notables diferencias entre los escenarios. Según (CEPAL 2009), el escenario A2 se podría caracterizar como un escenario seco, en donde se proyecta que en gran parte del territorio nacional disminuyan las precipitaciones entre un 20% y 30%, principalmente en el sector altiplánico del norte grande y en las Regiones de Los Lagos y Los Ríos. Por otro lado, en el escenario B2, la disminución de las precipitaciones está entre un 10% y un 20%, y se concentran entre la tercera y quinta regiones, siendo el área mayor afectada, la cordillerana.

En el período intermedio (2040-2069), ambos escenarios proyectan aumentos de precipitación en la región de Magallanes y disminución de precipitación entre las regiones de Antofagasta y Los Lagos, pero principalmente en la Región de Coquimbo. Sin embargo, cabe señalar que, en el escenario A2 existe un aumento en la precipitaciones en la Región de Arica y Parinacota.

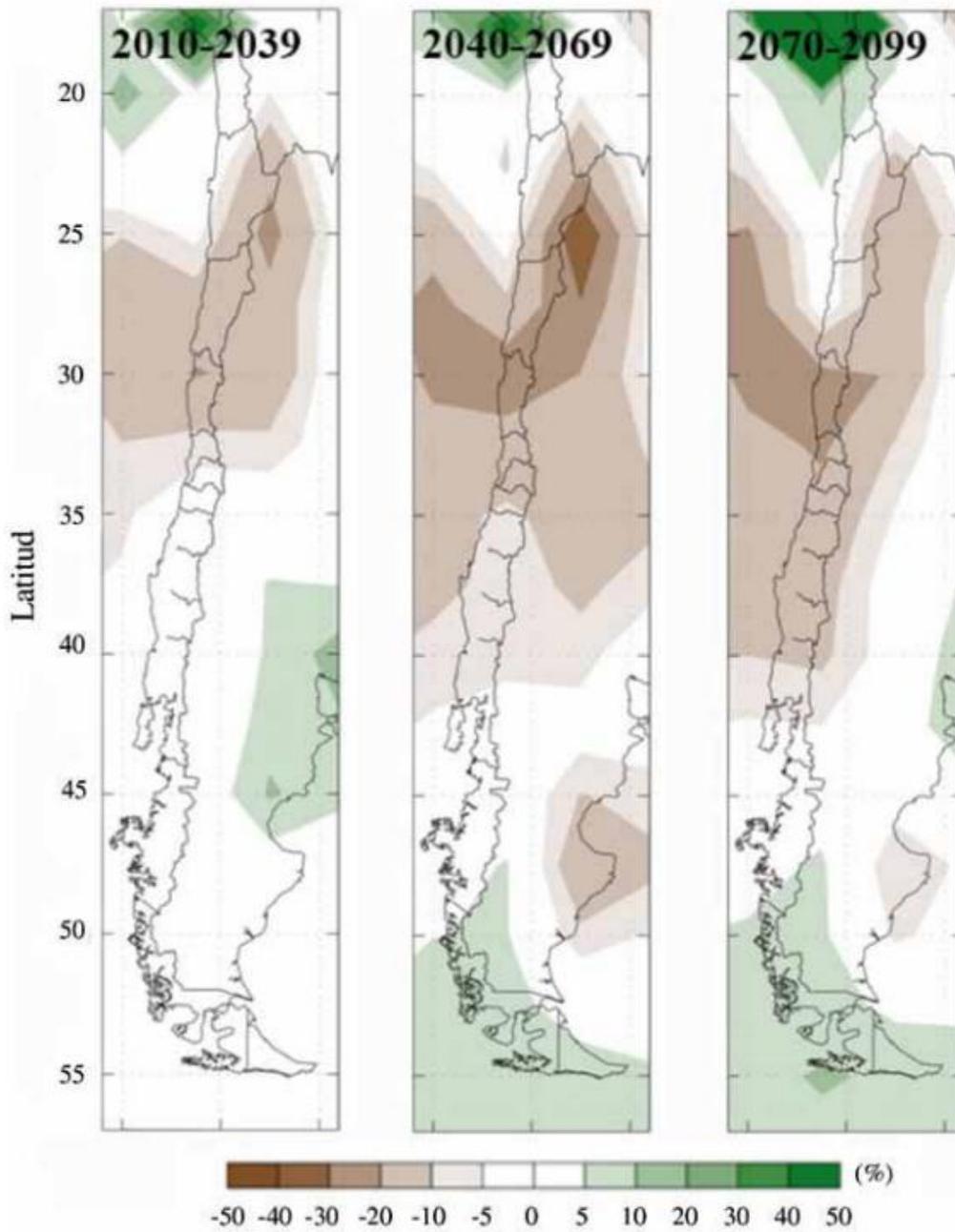
Para el largo plazo (2069-2100), en ambos escenarios se proyectan de manera similar aumentos de precipitación en el extremo austral y el altiplano, y un mismo rango de zonas con descenso de precipitación (también entre Antofagasta y Los Lagos), pero el escenario A2 nuevamente muestra los descensos más pronunciados para esta última zona, de entre un 30% y un 40 %. Así mismo, este último escenario muestra cambios más notorios en cuanto a la extensión de la zona de aumento de precipitación del extremo norte del país.

**Figura 7-3 Proyecciones de precipitación para el escenario A2**  
(Cambios porcentuales sobre base histórica)



Fuente: (CEPAL 2009)

**Figura 7-4 Proyecciones de precipitación para el escenario B2**  
(Cambios porcentuales sobre base histórica)



Fuente: (CEPAL 2009)

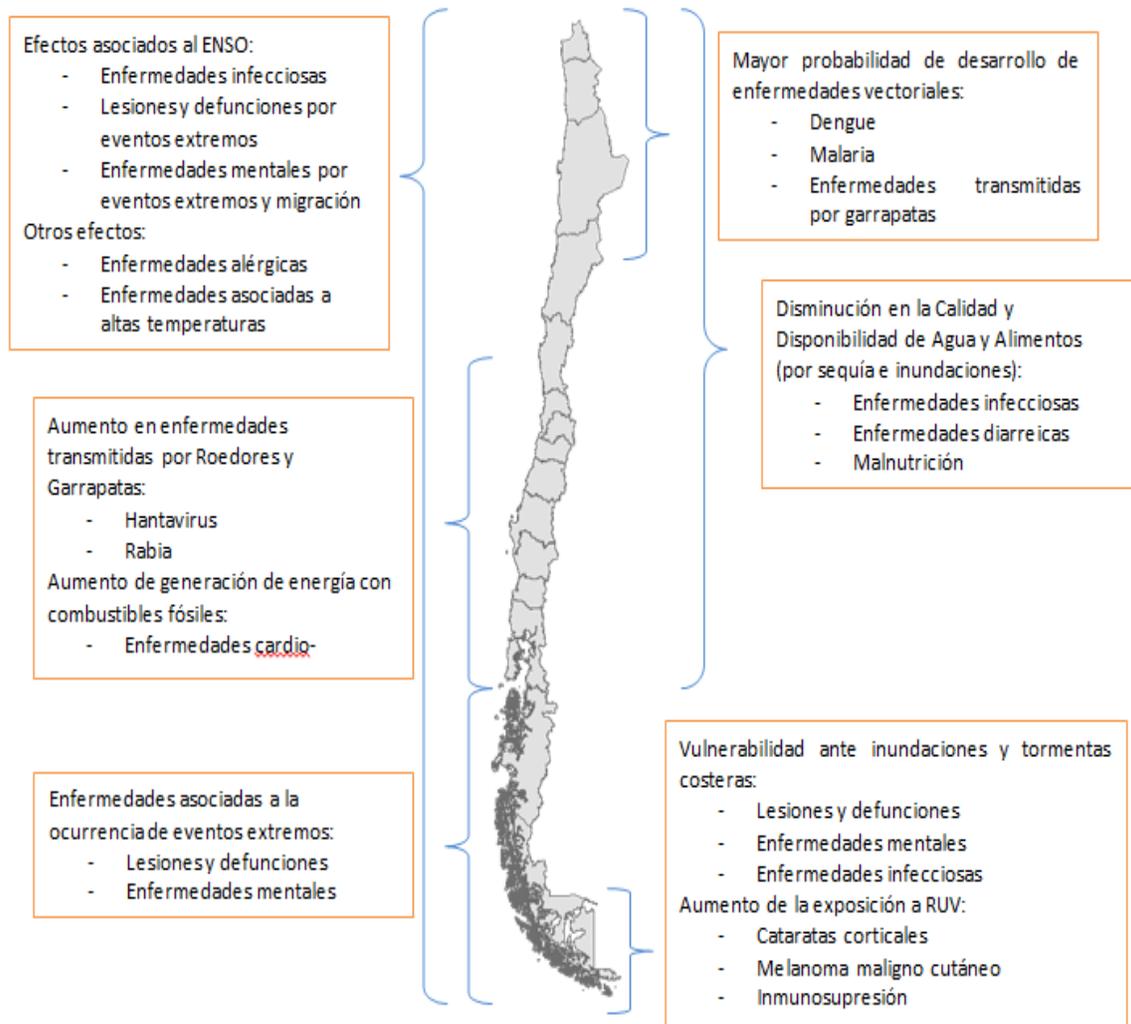
## 8. Identificación y Caracterización de Impactos relevantes para Chile y definición de Zonas Vulnerables

La identificación de impactos para Chile, se concentra en caracterizar cuáles son los efectos a la salud humana por efecto del cambio climático que afectarían al territorio nacional en base a lo establecido por las proyecciones de las variables climáticas (ver Sección 7). Esta caracterización se focaliza en conocer cuáles son los factores que determinan su existencia en el país, así como establecer como es la distribución esperada según la información contenida en la literatura. Cabe mencionar que pese a que este capítulo, y el estudio en general, está enfocado en la identificación de impactos a la salud, que en su mayoría son negativos, se debe entender que, luego de una adaptación a dichos impactos, existe la posibilidad de sacar ventaja y aprovechar las oportunidades que se generen debido a las nuevas condiciones climáticas y sociales que traerá consigo el cambio climático.

### 8.1 Caracterización de impactos

Para lograr caracterizar de forma más precisa los impactos que afectarían Chile en el futuro, se clasificarán en dos tipos principales, los globales y los zonales, los cuales se clasificaron a su vez según las temperaturas y precipitaciones proyectadas para el país. Un resumen de esto se puede observar en la Figura 8-1, donde se muestran los efectos locales y globales más importantes en el país. Las secciones que siguen a continuación detallan estos impactos.

**Figura 8-1 Impactos a la Salud relevantes para Chile producto del Cambio Climático según Zona Geográfica**



Fuente: Elaboración propia

### 8.1.1 Impactos globales

Los impactos globales son aquellos que se espera se manifiesten en todo el país, los cuales se asocian principalmente a los extremos climáticos, asociados principalmente al ENSO.

En este sentido, cabe señalar que la influencia del ENSO es de gran importancia ya que tiende a generar los denominados extremos climáticos, en el caso de El Niño precipitaciones extremas (incluidas tormentas e inundaciones), y en el caso de La Niña, sequías.

Específicamente, esto produce efectos en la salud como un aumento en las enfermedades infecciosas y diarreicas, enfermedades asociadas al consumo de agua y alimentos,

variación de la morbilidad por cambios de temperatura y lesiones y defunciones por efecto directo de los fenómenos extremos.

Por otro lado, según la literatura, un problema que afectaría a todo el país (pero de distintas formas, por la extensión latitudinal de Chile) sería el cambio en las temporadas alérgicas y el aumento de las enfermedades relacionadas.

Debido a que Chile posee una amplia costa y que pescados y mariscos son parte importante de la dieta, según la opinión de expertos, otro impacto global que se espera es el aumento de enfermedades causadas por el consumo de alimentos de este tipo que no se encuentren en condiciones óptimas para ser ingeridos, específicamente por el consumo de alimentos infectados con *Vibrio parahaemolyticus*, causante de gastroenteritis, septicemia e infección de heridas en los afectados. Esta bacteria se encuentra normalmente presente en las costas de Chile, sin que exista riesgo permanente de infección. Sin embargo, el riesgo aumenta considerablemente con el aumento de la temperatura (Mancilla 2005), condición que se dará de forma más recurrente producto del cambio climático y que también podría influir en el aumento de eventos de Floraciones Algales Nocivas (FAN), fenómeno comúnmente denominado "marea roja".

Otro impacto esperado a nivel nacional según opinión de expertos en la materia, es el impacto que tendrán los eventos de temperaturas extremas sobre la salud de personas, en específico, grupos de población vulnerables (ancianos, embarazadas, población de bajos recursos, personas con enfermedades crónicas, entre otros) y personas que trabajen o realicen otro tipo de actividades periódicamente al aire libre, las cuales podrían sufrir consecuencias como la deshidratación o aquellas relacionadas a la exposición a rayos UV (cataratas corticales, melanoma maligno cutáneo, etc.).

Finalmente, es necesario mencionar que hay consecuencias esperadas a nivel nacional para la salud mental; producto tanto de la ocurrencia de eventos extremos, los cuales pueden generar, por ejemplo, estrés post traumático; como de impactos climáticos como la sequía, la cual provoca inestabilidad económica y migraciones, principalmente debido a la escasez de agua, el cambio en el uso de la tierra y escasez de recursos (pesqueros y agrícolas, principalmente), lo cual genera sensación de inestabilidad en las personas que podría derivar en algún tipo de depresión. En el documento "Evaluación de la vulnerabilidad de las áreas costeras a incrementos en el nivel del mar como consecuencia del calentamiento global, caso de estudio: Bahía de Concepción" (PNUMA & CPPS 1997) se determina como uno de los efectos del fenómeno que "los pescadores artesanales ente la VIII y X Región se verán obligados a migrar a localidades interiores producto de la readecuación de la distribución de los recursos productivos pesqueros como consecuencia del cambio de temperatura".

Por otro lado, con respecto a la vulnerabilidad de las personas ante la ocurrencia de eventos extremos, es importante mencionar que el riesgo de la población aumenta no

sólo producto del cambio climático, sino que también debido a factores antropogénicos, como la urbanización de los territorios y el cambio en el uso de suelo, prácticas que se presentan a nivel nacional y que generalmente traen consigo la disminución de vegetación, suelos permeables y espacios libres, lo que deja a la población más vulnerables ante eventos extremos como olas de calor e inundaciones.

## 8.1.2 Impactos zonales

Los impactos llamados zonales, son aquellos que se espera se concentren en ciertas regiones del país. Estos impactos suelen estar asociados a efectos que se desarrollan de forma específica, en las distintas regiones climáticas del país.

### 8.1.2.1 Zona norte

La zona norte, que incluye las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y el sector cordillerano de la región de Antofagasta, se ha definido como el sector que, se proyecta, presente los mayores cambios en el territorio nacional. En ambos escenarios de proyección (A2 y B2) se esperan fuertes aumentos de las precipitaciones, así como los mayores aumentos de temperatura en el país. En este sentido, la diferencia de dichos escenarios es que en uno el impacto es más localizado y de mayor magnitud (B2), mientras que en el otro se presenta un impacto más extenso, pero de menor magnitud (A2).

Por otro lado, según (CEPAL 2009), esta es la zona que presenta un mayor nivel de incertidumbre, ya que existe una gran dispersión entre las proyecciones de diferentes modelos GSM. Esto hace que no existan resultados robustos con respecto a los cambios esperables en el futuro. Pese a eso, basándose en las proyecciones para el escenario A2, en el que se prevé un aumento de precipitaciones de un 30-40%, se puede identificar como principal efecto la generación en el territorio de condiciones aptas para la proliferación de vectores infecciosos, y por lo tanto, el aumento en la probabilidad de que se desarrollen enfermedades como la Malaria, el Dengue y la Enfermedad de Chagas, las cuales migrarían desde los países vecinos. También, según opinión experta, es posible que la población de garrapatas y las enfermedades transmitidas por éstas aumenten.

### 8.1.2.2 Zona central

La zona central, corresponde a una zona en donde, tal como sucede en el resto del país, existe un aumento de la temperatura, pero además existe una fuerte disminución de las precipitaciones. Dicha zona se extiende entre la región de Atacama y la Región de los Ríos.

Los principales efectos en esta zona es una disminución en la cantidad de agua disponible, asociado a una menor precipitación (entre un 30% y 40%) y al aumento de las temperaturas, disminuyendo los reservorios de agua en el largo plazo. Según esto, en esta

zona, se espera, existan problemas asociados a la calidad del agua y a la calidad y disponibilidad de alimentos. Generando de esta manera enfermedades infecciosas, diarreicas y malnutrición. WHO & WMO (2012) indica que en la zona centro norte del país existe una alta tasa de enfermedades diarreicas (por ende, un mayor riesgo de brotes diarreicos) por lo que este efecto se podría intensificar con el tiempo como también expandirse hacia el sur por un aumento en la probabilidad de sequías en el sector.

Es en esta zona en donde los efectos de la variabilidad climática asociados al ENSO, pueden incrementar los problemas ya existentes con roedores y garrapatas, como el hantavirus. Así mismo, en el sector norte de esta área se pueden generar condiciones para albergar vectores como el *Aedes aegypti* (Transmisor de Fiebre amarilla y dengue), Anophelino y garrapatas.

Finalmente, si bien se espera que la contaminación por el uso de calefactores disminuya, el efecto de la sequía provocaría un cambio en la matriz de generación eléctrica desde la hidroeléctrica hacia la de combustibles fósiles, aumentando la contaminación, y generando con esto un aumento en las enfermedades cardio-respiratorias.

### 8.1.2.3 Zona sur

La zona sur, es probablemente el área con menos cambios en Chile, ésta abarca desde el Canal de Chacao en la Región de los Lagos hasta gran parte de la Región de Aysén.

En esta zona, según las proyecciones, sólo se registraría un aumento leve de la temperatura de aproximadamente 2°C. En este sentido, los efectos más preocupantes corresponderían a los extremos climáticos, los cuales traerían consigo las defunciones, lesiones y enfermedades mentales asociadas a dichos eventos. Sin embargo, en la actualidad ha habido un aumento de casos de rabia en la zona sur y austral del país, por lo que se debe poner atención al avance de esta enfermedad en dichas zonas.

### 8.1.2.4 Zona austral

La zona austral, que abarca la totalidad de la región de Magallanes, se verá afectada según la literatura, en principio, por el aumento del nivel del mar, lo que haría a este sector más vulnerable a posibles inundaciones y tormentas costeras.

Según las proyecciones climáticas se puede observar que en esta zona es donde se encuentran los menores aumentos de temperatura del país (alrededor de 1°C). Sin embargo, al analizar las precipitaciones es posible observar que presenta un considerable aumento en estas, lo cual sumado al aumento en el nivel del mar, incrementa aún más la vulnerabilidad ante inundaciones y tormentas costeras.

Por otro lado, los antecedentes revisados indican que sobre todo en lugares con problemas históricos en la capa de ozono, tal como sucede en este sector, se proyecta un aumento en la exposición a RUV.

Según esto, los principales impactos corresponderían a un aumento en las enfermedades mentales, lesiones y defunciones accidentales asociadas a las inundaciones y tormentas costeras, de la misma forma en que aumentarían las enfermedades infecciosas y diarreicas. También se han registrado casos de rabia en esta zona y, según expertos, existe la posibilidad de que se presenten casos de hantavirus.

Finalmente, el último gran efecto correspondería al aumento de las enfermedades como las cataratas corticales, melanoma maligno cutáneo, quemaduras de sol y problemas de inmunosupresión local y sistémica (disminución en la capacidad del sistema inmunológico de responder ante la presencia de cuerpos extraños o antígenos)).

## 8.2 Cuantificación de Impactos

Los análisis y descripciones que a continuación se presentan son para lograr el objetivo de estimar los impactos y realizar las proyecciones de estos para las admisiones hospitalarias producto del cambio en los patrones de temperatura. Este es el único impacto que se proyecta en base a una modelación propia, ya que para los otros impactos relevantes identificados para Chile se realizan sólo proyecciones descriptivas en base a lo establecido por la literatura especializada (ver Sección 8.1).

### 8.2.1 Estadísticas Salud

La estadísticas de salud se obtuvieron a partir del Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS)<sup>8</sup>, el cual tiene publicadas las bases de datos de egresos hospitalarios para el periodo comprendido entre los años 2000 – 2010.

Estos datos se trabajaron para obtener las estadísticas de egresos hospitalarios según grupos de causas y grupos de edad, para cada una de las ciudades (respectivas comunas) en análisis (Arica, Antofagasta, La Serena, Santiago, Concepción, Temuco, Puerto Montt y Punta Arenas).

Los grupos de causa que se trabajaron corresponden a los grupos considerados como grandes causas y que son descritos en la tabla siguiente.

	Código	Causa	Código CIE-10
1	RSP	Respiratoria	J000–J953, J980-J998, R065

<sup>8</sup> <http://www.deis.cl/>

2	CVD	Cardiovascular	G450-G452, G454, G458-G468 G936, G938, G951, I000-I879, I890-I891, I898-I978, I980-I990, R001, R008,R012
3	CAN	Cáncer	C000-C944, C947-D450, D470-D471 and D473-D489
4	OTH	Otras	> A000 and < S000 no presentes en otros grupos
5	EXT	Externas	>= S000

Fuente: Elaboración propia

Los grupos de edad analizados corresponden a Niños (0-17 años), Adultos (18-64) y Adultos Mayores (mayores a 65 años).

Las estadísticas de egresos hospitalarios, junto con las estadísticas de temperatura y humedad, corresponden al input principal para la estimación de las curvas exposición respuesta (estimación del riesgo de aumento de los efectos en la salud producto de aumento en las temperaturas).

### 8.2.2 Curvas Exposición Respuesta

El objetivo de este análisis es investigar la relación causal entre las admisiones hospitalarias y la temperatura, para proyectar así los efectos en la salud de la población que tendrán las modificaciones en los patrones de temperatura producto del cambio climático.

Se investiga estas relaciones para 8 ciudades distribuidas a lo largo del país utilizando un enfoque *case-crossover*<sup>9</sup>. La metodología utilizada es equivalente a la desarrollada en Bell, O'Neill et al. (2008). La exposición a la temperatura aparente en el periodo (día de la admisión hospitalaria) es comparada con la exposición de un periodo de control (temperaturas días antes o después de la admisión hospitalaria). Se aplican regresiones logísticas condicionales permitiendo relaciones no lineales entre la temperatura y las admisiones hospitalarias usando un spline cubico natural de la temperatura media aparente con cuatro grados de libertad. La humedad es evaluada como potencial variable confundentes.

Para hacer los análisis se utiliza R2.9.2 utilizando la función *gam* presente en este *software*.

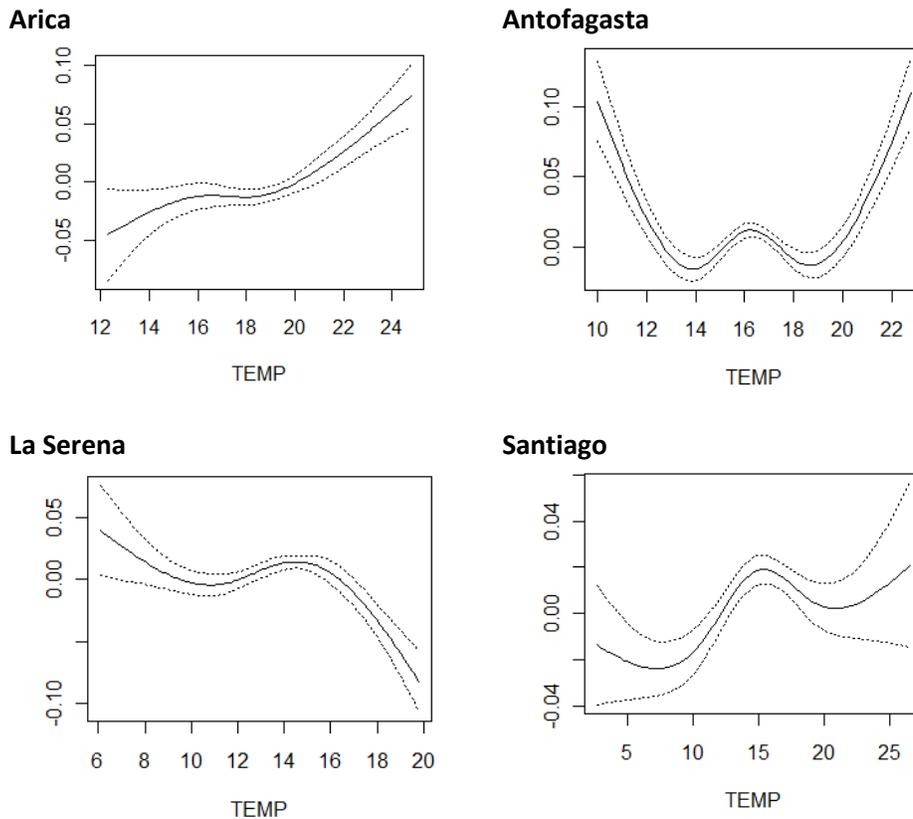
A continuación se presentan los resultados de los análisis para cada una de las ciudades consideradas en donde se evalúan las relaciones de causalidad entre la temperatura

<sup>9</sup> En un diseño case-crossover, cada evento es un caso y cada individuo actúa como su propio control. Para el presente análisis, cada admisión hospitalaria es un caso. Este método fue originalmente desarrollado para evitar el sesgo de selección en grupos de control para estudios de factores desencadenantes de infarto al miocardio y desde ahí ha sido aplicado a riesgo de mortalidad relacionado a contaminación atmosférica y temperatura.

media y todas las causas no accidentales de admisiones hospitalarias considerando a toda la población (todos los grupos de edad).

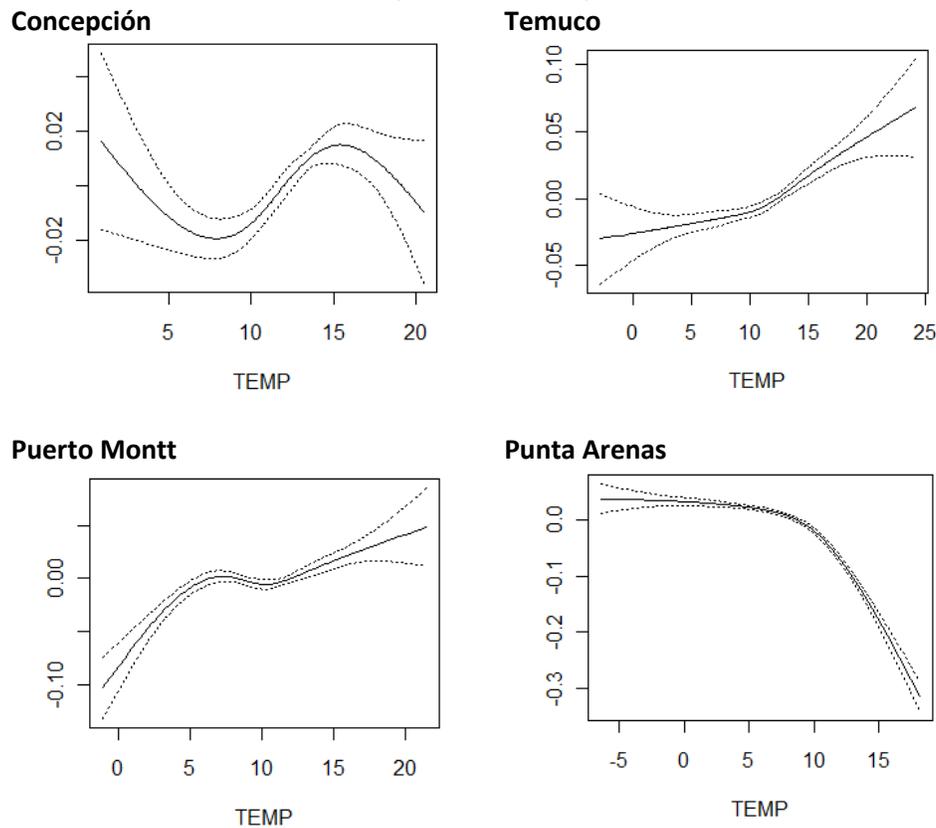
Se decidió optar por este tipo de análisis (todas las causas no accidentales y todos los grupos de edad) ya que lo que interesa conocer finalmente, además de la relación entre los cambios de temperatura y las admisiones hospitalarias, es el impacto que estas últimas tendrán en el nivel de ocupación de los servicios de salud existentes. Por lo mismo, en la Sección 8.2.3 se presentan en base a las proyecciones de temperatura generadas, la proyección de las tasas de ingreso de admisiones hospitalarias para cada una de las ciudades analizadas, las cuales corresponden a resultados directos obtenidos a partir de las curvas de exposición respuesta que son presentadas en la presente sección.

**Figura 8-2 Curva Exposición Respuesta de Arica – Antofagasta – La Serena – Santiago para Temperatura Diaria Media y Riesgo (aumento de riesgo relativo) de admisión hospitalaria por causa no accidental (todas las edades)**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8-3 Curva Exposición Respuesta de Arica – Antofagasta – La Serena – Santiago para Temperatura Diaria Media y Riesgo (aumento de riesgo relativo) de admisión hospitalaria por causa no accidental (todas las edades)**



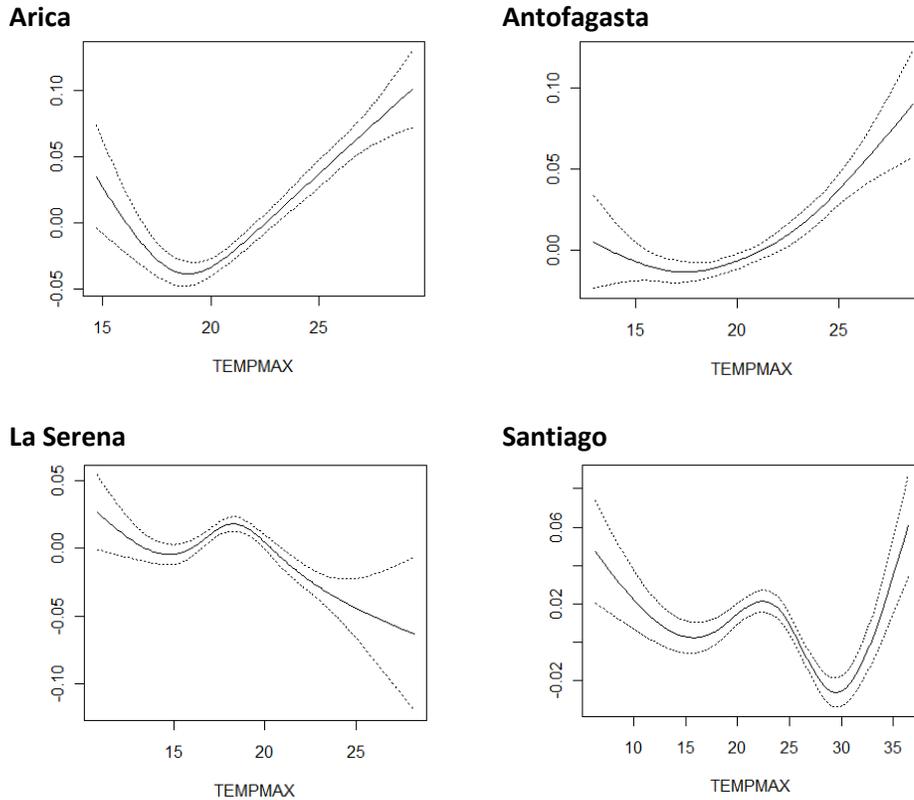
Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados para cada una de las ciudades muestran que la modificación de los patrones de temperatura no tendrán el mismo efecto en cada zona (curvas exposición respuesta con estructuras muy diferentes entre sí) por lo que será necesario enfrentar este efecto de manera local y considerando el comportamiento de la población de la zona ante las modificaciones de temperatura.

Adicionalmente, se realizó el mismo ejercicio considerando esta vez las relaciones de causalidad entre las admisiones hospitalarias y la temperatura diaria máxima. Este análisis resultó en curvas exposición respuesta de forma similar a las de temperaturas medias<sup>10</sup>. Estos resultados se muestran a continuación.

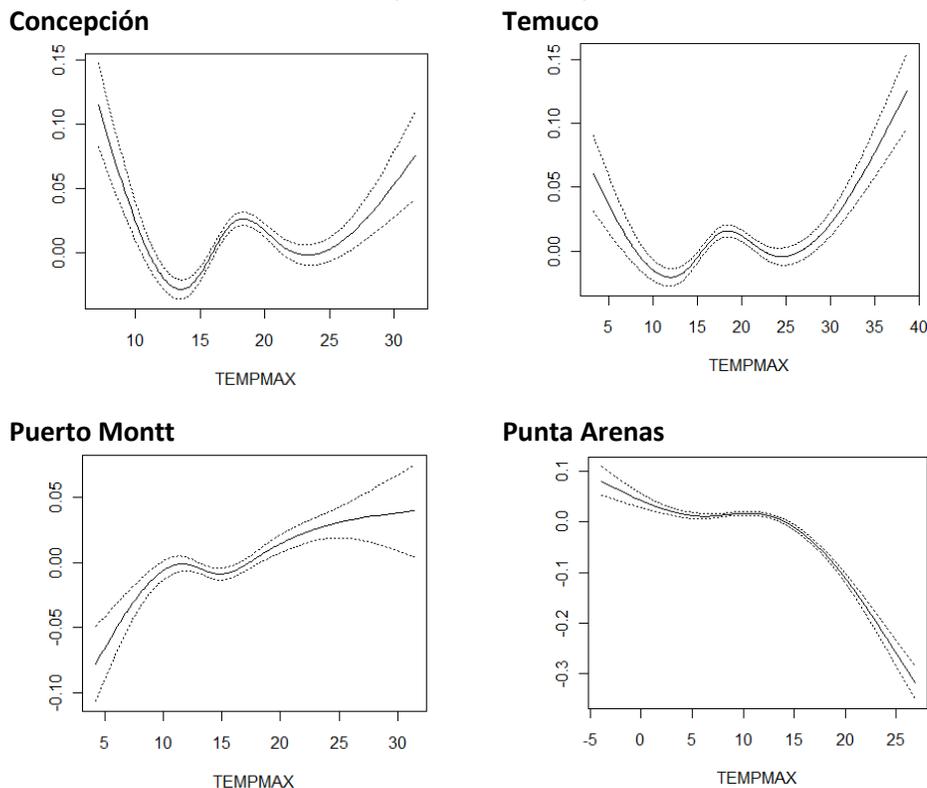
<sup>10</sup> La temperatura media depende de la temperatura máxima presentada en un día específico por lo que es esperable que las curvas de exposición respuesta presenten una forma similar.

**Figura 8-4 Curva Exposición Respuesta de Arica – Antofagasta – La Serena – Santiago para Temperatura Diaria Máxima y Riesgo (aumento de riesgo relativo) de admisión hospitalaria por causa no accidental (todas las edades)**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8-5 Curva Exposición Respuesta de Arica – Antofagasta – La Serena – Santiago para Temperatura Diaria Máxima y Riesgo (aumento de riesgo relativo) de admisión hospitalaria por causa no accidental (todas las edades)**



Fuente: Elaboración propia

### 8.2.3 Proyección de Impactos en Salud producto de modificación en los patrones de Temperatura

En base a la proyección de temperatura media para el escenario A1b y con la utilización de las curvas de exposición respuesta descritas en la sección anterior, se proyecta (predice) el aumento promedio diario de las tasas de admisiones hospitalarias (ingresos por cada millón de habitantes) producto de la modificación del patrón de temperatura.

Estos resultados es necesario utilizarlos solo como una medida de rango de magnitud de los impactos esperables ya que el nivel de incertidumbre es alto, dado tanto por los mismos modelos de curva de exposición respuesta como por las proyecciones de temperatura diarias entregadas por los modelos utilizados<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> La proyección de temperaturas utilizada para este análisis corresponde a un promedio simple de las temperaturas predichas para el escenario A1b de cada uno de los 12 modelos GSM descritos en la Tabla 7-1.

El nivel de incertidumbre para la proyección de las temperaturas diarias máximas es aún mayor ya que estas temperaturas son entregadas solo por 6 modelos GSM (del total de 12 modelos que entregan proyecciones de temperatura diaria media). Los resultados de proyección de tasas de admisiones hospitalarias producto del aumento de la temperatura máxima se presentan en el Anexo 13.8.2 mientras que en la presente sección solo se presentan los resultados asociados a la temperatura diaria media.

A continuación se presentan los resultados de una manera atractiva y visual, si se desea conocer los valores específicos de la modificación de las tasas de admisiones hospitalarias, ver Anexo 13.8.1.

**Tabla 8-1 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura – Arica**

ARICA	2019	2039	2059	2079	2099
Cambio Temperatura c/r 2008 (°C) 2008: 18.5°C	1.5	2.0	2.8	3.1	7.9
Riesgo Relativo (%)	-7.3%	1.8%	4.1%	8.6%	22.2%

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla anterior, para lo correspondiente a la ciudad de Arica, sólo para el último periodo de análisis (año 2099) se prevé un alto impacto en la modificación de las tasas de ingresos hospitalarios (mayor a 10%), esto producto a la forma de la curva de exposición respuesta y a que la proyección de temperaturas en este periodo presenta una mayor alza con respecto a la temperatura promedio del año 2008.

**Tabla 8-2 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura - Antofagasta**

ANTOFAGASTA	2019	2039	2059	2079	2099
Cambio Temperatura c/r 2008 (°C) 2008: 16.2°C	1.6	1.9	2.6	3.0	7.4
Riesgo Relativo (%)	16.3%	12.4%	10.6%	14.8%	17.0%

Fuente: Elaboración propia

Para Antofagasta se prevé para todos los periodos de análisis un impacto importante en la modificación de las tasas de ingreso, todos ellos mayores a un 10% con respecto a la tasa de ingreso promedio del año 2008.

**Tabla 8-3 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura – La Serena**

LA SERENA	2019	2039	2059	2079	2099
Cambio Temperatura c/r 2008 (°C) 2008: 13.7°C					
	0.6	0.8	1.4	2.0	5.3
<b>Riesgo Relativo (%)</b>					
	9.3%	12.9%	14.1%	10.3%	11.3%

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la ciudad de La Serena, la diferencia en las tasas de ingresos hospitalarios para los periodos de análisis ronda el 10%, sin ocurrir un valor extremo en ninguno de los años analizados.

**Tabla 8-4 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura - Santiago**

SANTIAGO	2019	2039	2059	2079	2099
Cambio Temperatura c/r 2008 (°C) 2008: 15°C					
	0.4	0.7	1.2	1.8	5.6
<b>Riesgo Relativo (%)</b>					
	-6.4%	10.1%	-5.1%	1.6%	1.5%

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la ciudad de Santiago, tal como se aprecia en la tabla anterior, no prevé un impacto significativo en el aumento en la tasa de ingresos hospitalarios diarios, manteniendo una diferencia porcentual bajo el 10% casi la totalidad de los periodos analizados.

**Tabla 8-5 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura - Concepción**

CONCEPCIÓN	2019	2039	2059	2079	2099
Cambio Temperatura c/r 2008 (°C) 2008: 12.7°C					
	0.5	0.6	1.1	1.3	4.5
<b>Riesgo Relativo (%)</b>					
	9.4%	12.9%	14.2%	10.2%	11.3%

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la ciudad de Concepción, muy similar a lo que ocurre en La Serena, la diferencia en las tasas de ingresos hospitalarios para los periodos de análisis ronda el 10%, sin ocurrir un valor extremo en ninguno de los años analizados.

**Tabla 8-6 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura - Temuco**

TEMUCO	2019	2039	2059	2079	2099
Cambio Temperatura c/r 2008 (°C) 2008: 11.8°C					
	0.3	0.4	0.8	1.0	2.5
<b>Riesgo Relativo (%)</b>					
	11.4%	14.0%	12.8%	11.1%	14.6%

Fuente: Elaboración propia

Para Temuco, el aumento en todos los periodos analizados supera el 10% pero no sobrepasa el 15%, teniendo su máximo de 14.6% en el año 2099.

**Tabla 8-7 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura – Puerto Montt**

PUERTO MONTT	2019	2039	2059	2079	2099
Cambio Temperatura c/r 2008 (°C) 2008: 10.6°C					
	0.1	0.3	0.5	0.8	3.3
<b>Riesgo Relativo (%)</b>					
	12.7%	14.2%	19.3%	17.8%	21.8%

Fuente: Elaboración propia

En la ciudad de Puerto Montt, para los últimos 3 periodos de análisis (año 2059, 2079 y 2099) se prevé un alto impacto en la modificación de las tasas de ingresos hospitalarios (mayor a 15%), esto producto a la forma de la curva de exposición respuesta que presenta un claro aumento de los ingresos hospitalarios a medida que aumenta la temperatura media.

**Tabla 8-8 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura – Punta Arenas**

PUNTA ARENAS	2019	2039	2059	2079	2099
Cambio Temperatura c/r 2008 (°C) 2008: 6.5°C					
	0.2	0.4	0.5	0.9	2.5
Riesgo Relativo (%)					
	4.7%	8.5%	15.8%	15.2%	5.9%

Fuente: Elaboración propia

Por último, para la ciudad de Punta Arenas, para el año 2059 y 2079 se prevé un alto impacto en la modificación de las tasas de ingresos hospitalarios (mayor a 15%). Sin embargo, para el último periodo (2099) esta predicción baja, no superando el 6%.

En resumen, todas las ciudades analizadas presentan un aumento en las tasas de ingresos hospitalarias, sin embargo, las magnitudes de aumento no se consideran preocupantes y podrían ser abordadas con una buena gestión de los servicios de salud y una adecuada planificación de aumento de infraestructura de camas a lo largo de los años.

Según los análisis presentados en esta sección, se puede prever que las ciudades con mayor vulnerabilidad a las modificaciones de los patrones de temperatura corresponden a Arica, Antofagasta y Puerto Montt.

## 9. Líneas de Acción Internacionales para Planes de Adaptación al Cambio Climático – Sector Salud

Este capítulo cobra especial relevancia para identificar cuáles son las líneas de acción que se han desarrollado o se están desarrollando a nivel internacional para posteriormente analizar cuáles de ellas también pueden ser las líneas de acción de Chile para el Sector Salud.

A nivel internacional son pocos los países que cuentan con un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (España y Francia ya los han desarrollado). Sin embargo, los impactos del cambio climático, los efectos que estos pueden tener específicamente en la salud humana, y las medidas que se deben tomar para adaptarse a estos impactos e idealmente evitar sus efectos, son un tema presente a nivel internacional, y cada nación analizada se encuentra trabajando a través de la investigación y generación de reportes para lograr el desarrollo de un Plan de Adaptación.

Un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático busca listar las medidas que deben ser tomadas, a veces en distintos niveles organizacionales (individual, comunitario, regional, nacional, etc.), para hacer frente a los efectos que tendrá (y que ya está teniendo) en diferentes sectores (agricultura, turismo, biodiversidad, salud, etc.), el cambio climático.

Es necesario para la elaboración de un plan de adaptación a los efectos en la salud que tendrá el cambio climático, una investigación previa en la que se identifiquen:

- ✓ Impactos y efectos del cambio climático, actuales y futuros
- ✓ Zonas y grupos vulnerables
- ✓ Capacidad actual de respuesta ante los efectos del cambio climático

Luego de esta investigación se pueden identificar las medidas necesarias para hacer frente a los efectos del cambio climático.

Los planes y reportes internacionales analizados presentan objetivos y medidas que se pueden agrupar en las diferentes líneas de acción para la adaptación, mostradas a continuación (con sus respectivas medidas).

Línea de acción: Educar, empoderar y comprometer

- ✓ **Realización de campañas educativas y desarrollo de material educativo para distintos públicos objetivo (escuelas, empresas, centros de salud, etc.)** que permitan informar a la comunidad sobre la importancia de los efectos en la salud del cambio climático y las medidas de adaptación individuales que se pueden

tomar (cuidado en el consumo de agua y alimento, protección contra los rayos UV, etc.) (California Natural Resources Agency 2009).

- ✓ **Identificación de ciertas redes de difusión (organizaciones comunitarias, gobierno local, etc.)** y su posterior capacitación para educar a los sectores vulnerables que se encuentren fuera del alcance de la medida anterior (California Natural Resources Agency 2009).
- ✓ **Promover medidas individuales que permitan mitigar / adaptarse a los efectos del cambio climático**, mediante la explicitación de los beneficios y co-beneficios asociados a dichas medidas, de manera que esto sirva como incentivo para adoptarlas.  
En el caso de la realidad Sudafricana esta línea de acción posee medidas como la promoción del uso de mosquitero para la prevención del contagio de malaria en aquellas zonas propensas a la transmisión (Department of Environmental Affairs and Tourism Government of South Africa 2004).

Línea de acción: Disminuir la vulnerabilidad de las comunidades

- ✓ **Promover un trabajo en conjunto con autoridades y departamentos locales.** Institucionalizar el tema de la salud y el cambio climático, generando planes locales y el desarrollo de directrices para la evaluación de los impactos en la salud, a las que puedan acceder departamentos de salud locales (California Natural Resources Agency 2009).
- ✓ **Se debe poner especial atención en la construcción de políticas de adaptación equitativas** que tomen en cuenta los impactos del cambio climático en los trabajos y en la calidad de vida de las personas con menores ingresos (Commission of the European Communities 2009).
- ✓ **Preparación de servicios públicos de salud para responder a eventos que probablemente se incrementarán (olas de calor, incendios forestales, inundaciones, enfermedades vectoriales, etc.)** (California Natural Resources Agency 2009). Mediante la proyección de las condiciones climáticas se podrá estimar la frecuencia en la ocurrencia de estos eventos y por lo tanto también el número de afectados y la capacidad futura necesaria de los centros de atención para poder brindarles asistencia.
- ✓ **Planes de acción ante eventos extremos (olas de calor, inundaciones).** Esta medida está más desarrollada en países europeos que se enfrentan con mayor frecuencia a olas de calor. Un ejemplo es Francia, país que comenzó el desarrollo de un plan nacional de prevención (a cargo del Ministerio de Salud) en el año 2004,

luego de la intensa ola de calor del año 2003, que provocó un exceso de mortalidad del 60% (14800 muertes) entre los días 1 y 20 de Agosto (Pascal, Le Tertre et al. 2012).

El plan se basa en la anticipación de olas de calor basándose en pronósticos meteorológicos. La alerta es emitida cuando se pronostican 3 días seguidos en los que las temperaturas máximas y mínimas sobrepasaran los umbrales establecidos (estos cambian geográficamente y los pronósticos son hechos en estaciones meteorológicas locales), en ese momento se establece un periodo denominado "*heat-action days*", periodo en el que se llevan a cabo medidas como: llamadas y visitas a personas en estado de vulnerabilidad, incremento de personal en hospitales y hogares de ancianos y emisión de consejos para el cuidado a través de radio y televisión (Pascal, Le Tertre et al. 2012). En el año 2006, una nueva ola de calor impactó a Francia. Si las condiciones hubiesen sido las mismas que antecedieron a la ola de calor del 2003, se hubiese esperado un exceso de 6.452 muertes, pero fueron 2.100 el exceso de muertes observadas. Esta discrepancia puede ser explicada por la disminución de la vulnerabilidad de las personas ante el calor, junto con el aumento en la conciencia acerca del riesgo relativo a las altas temperaturas, y a la puesta en marcha del plan de prevención ante olas de calor (Pascal, Le Tertre et al. 2012).

- ✓ **Habilitación de albergues y centros de hidratación y sombra**, disponibles para la recepción de personas en situación de vulnerabilidad, ante la ocurrencia de eventos extremos como las olas de calor (Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal 2008).
- ✓ **Planes de acción para el control de enfermedades transmitidas por vectores.** Estas medidas deben ser encausadas tanto en la entrega de información a la población sobre las medidas individuales que pueden ser tomadas para disminuir los riesgos de contagio (ej. utilización de mosquiteros (Departament of Environmental Affairs and Tourism Government of South Africa 2004)) como en la gestión correcta de planes de vacunación para el control de las enfermedades. Para reducir de manera eficiente el contagio de la enfermedad, cuando se cuenta con un suministro limitado de vacunas, es necesario priorizar zonas geográficas o grupos etarios en su administración (Chao, Halstead et al. 2012). Un estudio sobre el control del dengue en Tailandia, concluye que campañas de vacunación masiva, en las que se utilicen vacunas contra los cuatro serotipos existentes de dengue, tienen mayor eficiencia cuando se aplica a niños entre 2 y 14 años, de igual forma es necesaria la aplicación a la población adulta (Chao, Halstead et al. 2012).
- ✓ **Identificar y reducir vulnerabilidades asociadas a los grupos de bajos ingresos mediante la refacción de viviendas no habilitadas y la facilitación al acceso a**

**alimento y agua de calidad.** En este punto California propone la alianza entre el departamento de salud pública (CDPH<sup>12</sup>, su equivalente en Chile sería el SEREMI de salud), el de alimentos y agricultura (CDFA<sup>13</sup>, su equivalente en Chile sería el SEREMI de agricultura) y el de seguridad social (CDSS<sup>14</sup>, su equivalente en Chile podría ser la Superintendencia de Seguridad Social) para el desarrollo de programas de nutrición y comida saludable que mejoren el acceso por parte de las comunidades de bajos ingresos (California Natural Resources Agency 2009).

- ✓ **Mantenimiento y mejora de un sistema de control de calidad del agua potable** (California Natural Resources Agency 2009).
- ✓ **Mantenimiento y mejora de la calidad de los alimentos.** Mejorar la resistencia en la cadena de frío para la correcta mantención de los alimentos (Oficina Española de Cambio Climático Gobierno de España 2006). Otorgar sustentabilidad a los procesos que involucren alimentos mediante la no dependencia de largas distancias de transporte, la promoción de jardines comunitarios, la preservación de tierras de cultivo, y de otras prácticas sustentables como el cultivo orgánico local de alimentos (California Natural Resources Agency 2009).
- ✓ **Planes progresivos de reurbanización** que disminuyan la dispersión de las comunidades y permitan la creación de redes sociales (menos vulnerabilidad para sectores aislados, acción en conjunto ante eventos extremos, mayor eficiencia en transporte y energía). Las autoridades regionales tienen un papel fundamental en el logro de este objetivo (New Zealand Climate Change Centre 2010).
- ✓ **Identificación de las *urban heat islands* (centros urbanos donde se alcanzan altas temperaturas).** Implementación en esos lugares de medidas como el aumento de áreas verdes (entregan sombra y menor absorción de calor), utilización de techos verdes (California Natural Resources Agency 2009) y disminución de la construcción de carreteras y estacionamientos (New Zealand Climate Change Centre 2010) . En (California Natural Resources Agency 2009) se propone implementar estas medidas mediante un trabajo en conjunto entre el CDPH, el USFS<sup>15</sup> (con su programa de reforestación urbana) y las propias comunidades. México por su parte, promueve la reforestación de ciudades con especies resilientes al cambio climático. Además, posee un plan de cubiertas vegetales urbanas, a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente y la Dirección de

<sup>12</sup> California Department of Public Health

<sup>13</sup> California Department of Food and Agriculture

<sup>14</sup> California department of Social Service

<sup>15</sup> US Forest Service

Reforestación, Parques y Ciclovías, que consiste en la implementación de 300 mil metros cuadrados de azoteas con cubiertas vegetales en el periodo 2008-2012 (Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal 2008).

- ✓ **Disminuir el riesgo de escurrimientos importantes** de agua mediante la implementación de recolectores de agua en las azoteas o la utilización de superficies permeables (New Zealand Climate Change Centre 2010).

Línea de acción: Establecer mecanismos de monitoreo de condiciones ambientales y de enfermedades y muertes relacionadas con el cambio climático

- ✓ **Monitoreo de contaminantes** (California Natural Resources Agency 2009).
- ✓ **Monitoreo por parte de departamentos de salud locales** (muertes, diagnósticos, hospitalizaciones, etc.) que permitan prever emergencias y mejorar las respuestas ante éstas, enfocándose principalmente en enfermedades transmitidas por vectores, enfermedades transmitidas por agua y alimentos y enfermedades sensitivas al clima (asma, alergias, enfermedades cardiorrespiratorias, etc.) (Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal 2008).

En el caso de Francia, que ha sido golpeada por fuertes olas de calor, los indicadores de salud son utilizados, no para la declaración de una alerta ante olas de calor, pero sí para el soporte de ciertas decisiones (mantención o fin de la alerta) y para el mejoramiento de las medidas de prevención ante futuros eventos extremos. En un estudio realizado (Pascal, Laaidi et al. 2012) se identificaron como indicadores relevantes (para la respuesta ante olas de calor) a la mortalidad total, visitas totales a emergencias, llamadas totales de emergencia, visitas a emergencias de personas mayores a 75 años y visitas a emergencias por causas relacionadas al calor. Los criterios para elegir estos indicadores fueron: la reactividad del dato (cuánto tarda la exposición al calor en provocar cambios en la tendencia de los valores del indicador); retraso en la obtención de los datos; existencia de una definición clara y común usada por los proveedores de los datos; capacidad de comparación del indicador para distintas zonas geográficas y periodos de tiempo; calidad y confiabilidad de los datos; y factibilidad de interpretación de los datos (posibilidad de sacar conclusiones significativas del indicador, para la realización de acciones en el sector salud).

- ✓ **Desarrollo de un sistema de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico** que permita la construcción de un sistema de alerta temprana ante eventos extremos (Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal 2008).

Esta última línea de acción correspondiente al monitoreo, permite también la evaluación continua de las medidas de adaptación implementadas, y su mejoramiento. Francia

particularmente, conformó un grupo multidisciplinario (expertos en cambio climático, salud, economistas, profesores e investigadores en el área de la biodiversidad y ecotoxicología), el *Health-Climate group*, a cargo de la investigación y monitoreo de las variables relacionadas con el cambio climático. Este es un grupo permanente y que forma parte del HCsp<sup>16</sup> y que refuerza su funcionamiento con algunos GIMRI<sup>17</sup> (en la parte de investigación) (Observatoire National Sur les Effets du Rechauffement Climatique.).

Australia, da especial importancia a la necesidad de creación de medidas de adaptación destinadas a disminuir los efectos del cambio climático en la realización de actividades deportivas y recreacionales (tema que no se menciona en los documentos revisados de los otros países), debido a los efectos indirectos en la salud que se tendrían debido a la disminución de éstas actividades en la población (obesidad, enfermedades cardiorrespiratorias, etc.). Sin embargo, no se presentan medidas concretas para enfrentar este tema.

---

<sup>16</sup> High Comitee for Public Health

<sup>17</sup> Interministerial Group for Research and Innovation

## 10. Líneas de Acción y Medidas a implementar en un Plan de Adaptación Sectorial para Chile

Luego de la identificación de los impactos del Cambio Climático relevantes para Chile y de los efectos que tendrán estos en la salud de las personas en las diferentes zonas del país, se puede desarrollar una propuesta de líneas de acción y medidas para la creación de un plan de adaptación para Chile, del sector salud. Dichas líneas de acción y medidas, se decidieron a partir de la revisión de planes de adaptación internacionales para el sector y de la opinión de expertos de distintas áreas, opinión recopilada en la realización de un taller de difusión y discusión en el que se presentaron los avances del presente estudio y se solicitó la colaboración de los expertos para una mejor identificación para Chile, tanto de impactos del cambio climático en la salud humana, como de medidas de adaptación para el país<sup>18</sup>.

Es importante mencionar, que la gestión de un plan de adaptación debe realizarse tanto a nivel central como a nivel local, debido a las diferentes vulnerabilidades y necesidades que presentan cada una de las regiones y comunidades.

A continuación se presenta una descripción de cada una de las líneas de acción identificadas junto con las medidas específicas que debieran estar contenidas en cada una de estas.

### 10.1 Línea de Acción: Promoción de la Salud

Línea de acción cuyo objetivo es informar a la población sobre los impactos del cambio climático en la salud de manera que se promocióne la adopción de medidas de auto cuidado (protección UV, manejo de los alimentos y agua consumida), la organización en comunidad para disminuir su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático, sobre todo ante eventos extremos (visitar a personas aisladas, mantenimiento de sistemas de evacuación y recolección de aguas lluvias para evitar inundaciones, informarse sobre planes de acción ante eventos extremos) y el empoderamiento de la sociedad, ya que si es un tema del que se tiene conocimiento, las personas valorarán acciones e iniciativas que lo consideren (proyectos de políticas públicas, proyectos comerciales, proyectos comunales) a través de una mayor participación ciudadana.

1. Promoción en escuelas
2. Promoción en empresas
3. Promoción en comunidades
4. Promoción mediante anuncios de televisión y radio

<sup>18</sup> El detalle de los contenidos abordados por el taller de difusión y discusión de los avances del presente estudio y los asistentes a este se puede apreciar en el Anexo 13.8.

## 10.2 Línea de Acción: Levantamiento y Monitoreo información

Esta línea de acción busca la generación de información de calidad para ser utilizada en la prevención de efectos en la salud (p. ej. prever el brote de enfermedades infecciosas), en la creación de planes de acción efectivos (ante eventos extremos, brotes de enfermedades, contaminación de agua y alimento, etc.) y para la posterior evaluación y mejoramiento de estos. Esta línea de acción necesita del desarrollo continuo de las áreas de investigación relacionadas con los efectos del cambio climático en la salud (epidemiología, zoonosis, meteorología) ya que dichas áreas tiene un papel fundamental en la identificación, monitoreo y análisis de los indicadores adecuados.

1. Mejoramiento en la calidad de la información
  - a. Identificación de indicadores relevantes a medir y claridad en la información que se puede deducir de ellos y el uso que se le desea dar a ésta.
2. Monitoreo de indicadores en centros de atención de salud
  - a. Mortalidad
  - b. Admisiones Hospitalarias
  - c. Diagnósticos (especial atención en enfermedades infecciosas, enfermedades sensibles al clima (cardio-respiratorias), enfermedades mentales (que se puedan atribuir a factores del cambio climático)).
3. Monitoreo de vectores transmisores de las siguientes enfermedades:
  - a. Dengue
  - b. Malaria
  - c. Hantavirus
  - d. Rabia
  - e. Enfermedad de Chagas
4. Monitoreo de organismos patógenos en agua y alimentos
5. Monitoreo de condiciones meteorológicas
6. Promoción de la investigación y de la mejora en instrumentos y programas de medición para el monitoreo.

## 10.3 Línea de Acción: Creación de capacidades

Línea de acción que busca capacitar al sistema de salud en diferentes aspectos, para una mejor adaptación a los efectos en la salud del cambio climático. En primer lugar se requiere que los servicios asistenciales de salud den abasto a las necesidades que surgirán de la población (aumento en lesiones y defunciones por eventos extremos, enfermedades mentales derivadas de lo mismo, aumento de hospitalizaciones por enfermedades cardio-respiratorias, infecciosas, etc.). También es necesaria la creación de capacidad en

profesionales, tanto en aquellos que trabajan directamente en el área salud, como en los que están ligados a la política pública, académica o profesionalmente a temas relacionados con el cambio climático y sus impactos en la salud (políticos, por su papel en la creación e implementación de políticas públicas; académicos, por su papel importante en la investigación y en la educación de futuros profesionales; y profesionales cuyos campos de trabajo estén relacionados con el tema, por su papel en la investigación, innovación y solución a problemas que afecten a la comunidad y que estén relacionados con el cambio climático y sus efectos en la salud). Por último es necesario el fortalecimiento de las instituciones con respecto al tema, sobre todo de instituciones locales (SEREMI), ya su papel es fundamental en la implementación de políticas públicas que respondan efectivamente a las necesidades locales.

1. Capacidad en infraestructura
  - a. habilitación de centros asistenciales de salud para responder ante el aumento de visitas por causas relacionadas con el cambio climático (proyección de curvas exposición-respuesta)
2. Capacitación y formación de profesionales
  - a. ejecución de charlas, seminarios y congresos que permitan el intercambio de información y conocimiento con respecto a los efectos y adaptación al cambio climático, en el sector salud, tanto a nivel nacional (entre regiones), como internacional
3. Fortalecimiento y empoderamiento de instituciones locales

#### **10.4 Línea de Acción: Disminución de vulnerabilidad ante eventos extremos**

Esta línea de acción pretende disminuir los riesgos a los que se expone la población ante la ocurrencia de eventos extremos como inundaciones y olas de calor. Este objetivo se logra mediante la re-urbanización de ciudades, la implementación de condiciones óptimas para quienes trabajan o realizan otro tipo de actividades al aire libre, la elaboración de medidas destinadas a disminuir específicamente la vulnerabilidad de personas de los estratos socioeconómicos más bajos y la elaboración de planes de acción.

1. Elaboración de planes de acción ante eventos extremos
2. Reurbanización de ciudades
  - a. Reforestación: entrega sombra en días calurosos y proporciona una superficie más permeable que disminuye el riesgo de inundaciones.
  - b. Consideración del riesgo de inundaciones ante el cambio en el uso de suelo
  - c. Determinación y consideración de zonas riesgosas por peligro de inundación antes de urbanizar.
  - d. Refacción de construcciones actuales: implementación de techos verdes, pintar superficies de edificios de color blanco para una menor acumulación del calor.

- e. Implementar y mejorar los sistemas de evacuación y recaudación de agua-lluvia
  - f. Mejorar sistema de aislamiento de viviendas sociales.
3. Habilitación de albergues para el recibimiento de personas que se encuentren en extrema vulnerabilidad ante la ocurrencia de estos eventos (indigentes, personas en campamentos)
  4. Establecer normas que aseguren el bienestar de los trabajadores que cumplen funciones al aire libre (horarios de trabajo, implementos de protección, hidratación continua, etc.). Lo mismo para aquellos que realizan otro tipo de actividades al aire libre (actividades recreacionales).

## 10.5 Línea de Acción: Disminución de vulnerabilidad ante enfermedades infecciosas

Con esta línea de acción se pretende disminuir el contagio de enfermedades infecciosas, las cuales pueden provenir de la transmisión a través de vectores, transmisión por agua o alimentos contaminados y transmisión entre personas. Se espera un aumento de estas enfermedades debido a la expansión de las zonas de contagio en vectores, la mala calidad del agua, lo cual también afecta la calidad de los alimentos, y el aumento de contagio entre personas debido a migraciones y hacinamiento. Las siguientes medidas son las que buscan disminuir la vulnerabilidad de la población para cada uno de los casos de contagio mencionados

1. Campañas de prevención del contagio
  - a. Promoción de medidas de auto cuidado ante el riesgo de contagio por vectores (uso de mosquiteros, limpieza de lugares deshabitados, etc.)
  - b. Promoción de medidas para el consumo seguro de alimentos (medidas higiénicas)
  - c. Promoción de medidas para evitar el contagio entre personas (uso de implementos de seguridad como mascarillas)
2. Planes de vacunación masiva ante brote de enfermedades

## 10.6 Institucionalidad Responsable

A continuación se propone, a grande rasgos, la institucionalidad que debe participar en desarrollar y profundizar las líneas de acción y medidas específicas propuestas anteriormente.

Como organismo central se debe encontrar el Ministerio de Salud (MINSAL) el cual debe estar encargado de la promoción de la salud, fomentar la creación de infraestructura, capacidades y conocimientos, impulsar la reducción de factores de riesgo (disminución de

vulnerabilidades), ser el responsable del monitoreo y vigilancia de patologías asociadas al cambio climático junto con un adecuado levantamiento de información y además fomentar la participación y entendimiento ciudadano dando participación y responsabilidad a los organismos regionales competentes (SEREMIS) . Además, a través de su Departamento de Alimentos y Nutrición, debe velar por la disponibilidad y calidad de los alimentos (en particular de aquellos que provienen de la agricultura).

Relacionado con la calidad y disponibilidad del agua potable se encuentra la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) la cual está encargada del monitoreo de esta. El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), debe estar encargado de promover el refaccionamiento de viviendas, el diseño urbano para el control de las islas de calor, (estacionamientos y carreteras), la planificación urbana, y mediante medidas específicas, disminuir el riesgo ante inundaciones permitiendo una mayor permeabilidad de los suelos.

## 11. Temas propuestos para próximos estudios

A lo largo del análisis del presente estudio, se han encontrado brechas de información para identificar, cuantificar y/o valorizar impactos a la salud específicos a nivel nacional. Obtener información relativa a los puntos que se listan a continuación, serán un elemento clave para definir un Plan de Adaptación Sectorial que sea representativo a las necesidades nacionales, por lo que se recomienda fuertemente su desarrollo en un futuro cercano.

### *General*

A pesar de que es posible identificar los impactos esperables en la salud de la población producto del cambio climático en Chile, las relaciones de causalidad no han sido estudiadas específicamente para el contexto nacional y los impactos que son identificados son basados en la literatura internacional en base a las condiciones que se generaran producto de las proyecciones de las variables climáticas a nivel local (que si han sido estudiadas con mayor profundidad). Por lo mismo, es recomendable, para cada uno de los impactos identificados, realizar estudios específicos que ahonden en su caracterización y causalidad a nivel local, generando modelos predictivos en base a la modificación de las proyecciones de variables climáticas.

### *Específicos*

1. Encontrar relación entre clima y mortalidad y morbilidad, por causas específicas (ciertas enfermedades respiratorias, causas de muerte específicas, por edad, por sexo, por etnia, etc.), de esta forma se podría llegar a la identificación de vulnerabilidades con mayor exactitud.
2. Construir las curvas dosis respuesta controlando por Material Particulado Fino (MP<sub>2.5</sub>). Este análisis solo es posible para aquellas ciudades que cuentan con un registro histórico de monitoreo de contaminantes atmosféricos.
3. Efectos que puede tener el aumento de la temperatura del mar, uno de los principales impactos del cambio climático, en los casos de enfermedades de transmisión por alimentos relacionadas con el consumo de especies marinas.
4. Posibles impactos del cambio climático en la calidad físico-química del agua.
5. Las migraciones como impacto social del cambio climático, sus efectos en la salud de las personas y posibles medidas para evitar la magnitud de este impacto.
6. Identificar y evaluar económicamente las necesidades de infraestructura adicional que deberá contar el Ministerio de Salud para enfrentar los efectos del cambio climático. Esto incluye tanto construcción de hospitales, albergues, etc., como capacidad para el monitoreo de indicadores asociados a la Salud.

## 12. Conclusiones

El presente estudio cumple el objetivo de generar un documento que presenta, a partir de la revisión bibliográfica internacional, el estado del arte en la identificación de impactos en la salud producto del cambio climático, y también el estado del arte de cuáles son los impactos esperables (previsibles) en este sector a nivel nacional. Esto mismo nos ha permitido identificar cuáles son las líneas de acción que este sector debe trabajar para poder diseñar e implementar un Plan Sectorial de Adaptación que permita generar las capacidades y conocimientos junto con trabajar desde ya en la disminución de las vulnerabilidades que permitan amenizar los impactos que el cambio climático generará. En este mismo sentido, si se genera una buena capacidad de respuesta a los impactos que traerá consigo el cambio climático, es posible que nazcan oportunidades a partir de éste, las cuales debemos saber identificar.

La relación entre el fenómeno del cambio climático y los efectos en la salud humana es sumamente compleja encontrándose efectos directos como impacto en la salud producto de las olas de calor/frío e impactos por el aumento en los fenómenos climáticos extremos como también efectos indirectos, en los cuales el cambio climático modificará elementos de soporte para la salud humana (cambios en la calidad y disponibilidad del agua y de los alimentos). Esta situación de complejidad es la que resalta la importancia de conocer todas las interacciones para poder saber dónde debe concentrar los esfuerzos el sector.

Por lo mismo, es necesario seguir avanzando en establecer, con bases sólidas, los impactos en la salud a nivel local, por lo que se hace un llamado a disminuir las brechas de información y seguir trabajando en la caracterización de impactos, no solo a un nivel de identificación sino que también de cuantificación. Las proyecciones de las variables climáticas a nivel local es el campo de estudio que presenta un mayor grado de avance, la tarea pendiente corresponde a asociar científicamente estos cambios con los impactos en salud en base a modelos que permitan cuantificarlos.

A pesar de que aún existen brechas de información, los impactos aquí identificados son previsibles de que ocurran, por lo que comenzar desde ya a trabajar en las líneas de acción (dentro de las cuales se encuentra seguir creando las capacidades, investigación e información necesaria) e identificar responsables de éstas, es una tarea que debe ser realizada a la brevedad. Las líneas de acción que se establecen en el presente documento pudieron ser divididas en 5; Promoción de la Salud, Levantamiento y Monitoreo de la Información, Creación de Capacidades, Disminución de vulnerabilidad ante eventos extremos y Disminución de vulnerabilidad ante enfermedades infecciosas. El organismo centralizador de las acciones deberá ser el Ministerio de Salud, pero dada la complejidad de relación entre cambio climático y salud de la población, se deben involucrar otras instituciones gubernamentales que son competentes en los temas relacionados como la ONEMI, la SISS y en MINVU. Sólo con una buena coordinación y participación de todas las

entidades competentes se logrará generar un Plan de Adaptación Sectorial que nos prepare y entregue una buena capacidad de respuesta antes los efectos del cambio climático.

## 13. Anexos

### 13.1 Documentos revisados de PubMed

Tabla 13-1: Tabla Resumen documentos revisados de PubMed

Nombre	Autor	Resumen
1. How to use near real-time health indicators to support decision-making during a heat wave: the example of the French heat wave warning system.	(Pascal, Laaidi et al. 2012).	El sistema de alerta ante olas de calor de Francia está basado en pronósticos meteorológicos. Indicadores de salud de corto plazo, son utilizados para soportar la toma de decisiones (extender o dar fin a periodo de alerta, mejorar medidas de prevención). El objetivo del estudio es evaluar cuáles son los mejores indicadores a utilizar.
2. Quantification of the heat wave effect on mortality in nine French cities during summer 2006.	(Pascal, Le Tertre et al. 2012).	En Julio de 2006, Francia sufrió la ola de calor más fuerte luego de haberse implementado el nuevo plan de prevención ante ola de calor. Este documento muestra la evaluación que se hizo del impacto en la mortalidad de dicha ola de calor e investiga la influencia de la implementación del plan.
3. Controlling Dengue with Vaccines in Thailand.	(Chao, Halstead et al. 2012).	Estudio que busca establecer la forma óptima en la administración de un soporte limitado de vacunas contra el dengue, mediante un modelo de simulación estocástica para la transmisión y el control del dengue, en un área semi-rural en Tailandia.
4. Challenges in predicting climate and environmental effects on vector-borne disease epistystems in a changing world.	(Tabachnick 2010)	El artículo trata sobre el impacto que tiene el cambio climático en la epidemiología de las enfermedades transmitidas por vectores, alterando la habilidad de éstos en la transmisión de enfermedades y la distribución tanto de los vectores como de los patógenos. Además, da énfasis en el conocimiento, tanto a nivel molecular como poblacional, que se debe tener de las interacciones artrópodo-patógeno-huéspede
5. Climate and heat-related emergencies in Chicago, Illinois (2003–2006).	(Hartz, Golden et al. 2012)	Las olas de calor producen más muertes en EE.UU que las inundaciones, tornados y huracanes en su conjunto. Además, cada año miles de personas son afectadas por enfermedades debido a estas olas de calor, las cuales, por no tener consecuencias fatales, a veces son menos consideradas. Este estudio pretende establecer la relación entre las condiciones climáticas y las llamadas de emergencia al 911, del tipo HRD ( <i>heat-related dispatches</i> ), de manera de no sólo evaluar el impacto en la mortalidad de las olas de calor, si no que su impacto general en la salud de las personas. Periodo utilizado para el estudio:

		2003-2006
6. A simple indicator to rapidly assess the short-term impact of heat waves on mortality within the French heat warning system.	(Antics, Pascal et al. 2012)	Documento en el que se presenta un modelo simple para la obtención de una estimación rápida y robusta de los impactos en el corto plazo de las olas de calor en la mortalidad.
7. Ambient Temperature and Cardiorespiratory Morbidity. A Systematic Review and Meta-analysis	(Turner, Barnett et al. 2012)	Estudio que busca la relación entre las enfermedades cardio-respiratorias y la temperatura mediante la realización de un meta-análisis en el que se consideraron 21 estudios.
8. (Singh & Dhiman 2012) Climate change and human health: Indian context.	(Singh & Dhiman 2012)	Artículo que revisa el tema del cambio climático y la salud humana, en el contexto de India. Se tratan los efectos en la mortalidad y mortalidad en India debido al calor, calidad del aire, desastres, enfermedades diarreicas, escasez de agua y malnutrición, enfermedades transmitidas por vectores, dengue, encefalitis japonesa y aumentos en el nivel del mar.
9. Excess mortality and morbidity during the July 2006 heat wave in Porto, Portugal.	(Monteiro, Carvalho et al. 2012)	Estudio que busca entender los efectos de la ola de calor del julio de 2006, mediante el uso de un índice de calor(temperatura aparente), en la mortalidad y morbilidad (todas las causas, enfermedades respiratorias y enfermedades circulatorias) en general, en personas mayores de 74 años y por género, en Porto.
10. The impact of summer temperatures and heatwaves on mortality and morbidity in Perth, Australia 1994–2008.	(Williams, Nitschke et al. 2012)	El propósito del estudio es examinar la relación entre las altas temperaturas y los resultados adversos para la salud para la población de Perth e identificar enfermedades específicas que sean más sensibles ante calores extremos. Evidencia de esta relación puede contribuir a la planificación de la salud pública ante olas de calor.
11. Surveillance of vector-borne diseases in Germany: trends and challenges in the view of disease emergence and climate change.	(Jansen, Frank et al. 2008)	Estudio que describe las tendencias temporales y el origen geográfico de enfermedades transmitidas por vectores en Alemania, enfocado en el hantavirus (endémico en Alemania), fiebre chikungunya (emergente en Europa) y dengue (importando desde regiones tropicales).

## 13.2 Lista de medidas de adaptación de proyecto CAS (Clima Adaptación Santiago)

### 1. Medidas de adaptación para la RMS – Uso de Suelo: Reducción de amenazas de calor extremo e inundaciones

Medida 1: Sistema de monitoreo para el cambio climático - WebGIS

Medida 2: Factor verde en nuevas construcciones (públicos y comerciales)

Medida 3: Utilización de canales de riego existentes a lo largo del piedemonte Andino para de la minimización del riesgo de inundación

### 2. Medidas de adaptación para la RMS – Vulnerabilidad: Reducción de la exposición a amenazas

Medida 4: Programa para la Implementación de Techos Ecológicos

Medida 5: Manejo y creación de áreas verdes urbanos a través de participación ciudadana

Medida 6: Programa Técnicas de enfriamiento pasivo para hogares de bajos recursos

### 3. Medidas de adaptación para la RMS - Agua

Medida 7: Reducir la demanda de agua potable mediante la introducción de instalaciones sanitarias de bajo consumo de agua en viviendas y hoteles existentes

Medida 8: Concienciación pública sobre el tratamiento y el re-uso de aguas grises y la implementación del sistema en nuevas áreas residenciales

Medida 9: Reducción de la demanda de agua de la agricultura a través de la introducción de nuevas tecnologías eficientes de riego

Medida 10: La implementación de una “agencia de gestión integrada de las cuencas” para la cuenca del Maipo/Mapocho

### 4. Medidas de adaptación para la RMS - Energía

Medida 11: Grupos públicos del sector energía en GORE RM y las comunas

Medida 12: Educación sobre el cambio climático y la energía

Medida 13: Diversificación de las fuentes de energía para el suministro energético

Medida 14: Reducir el consumo energético en edificios

### 13.3 Detalle Documentos Planes de Adaptación Internacionales

#### *Alemania*

1. (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 2005). The National Climate Protection Programme. Alemania.

#### *Australia*

1. (Council of Australian Governments 2006). National Climate Change Adaptation Framework.
2. (Department of Climate Change Australian Government 2010). Adapting to Climate Change in Australia. An Australian Government Position Paper.

#### *California*

1. (California Natural Resources Agency 2009). California Climate Adaptation Strategy. First year Progress Report to the Governor of the State of California.

#### *España*

1. (Oficina Española de Cambio Climático Gobierno de España 2006). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.
2. (Oficina Española de Cambio Climático Gobierno de España 2008). Primer Informe de Seguimiento Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

#### *Union Europea*

1. (Commission of the European Communities 2009). Adapting to climate change: Towards a European framework for action.

#### *Francia*

1. (Observatoire National sur les Effets du Rechauffement Climatique.). Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique.
2. (Ministry of Ecology Sustainable Development Transport and Housing République Française 2011). French National Climate Change Impact Adaptation Plan 2011 - 2015.

#### *Holanda*

1. (Netherlands Environment Assessment Agency 2005). The effects of climate change in the Netherlands.

#### *México*

1. (Garibay M. & Bifani-Richard P. 2012). Cambio Climático: desafío para la naturaleza humana.
2. (Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal 2008). Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008 – 2012

3. (Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal 2009). Informe de Avance del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008 – 2012

#### *New Zealand*

1. (Ministry for the Environment New Zealand Government 2007). Preparing for and adapting to climate change. Look ahead to the future.
2. (Ministry for the Environment New Zealand Government 2008). Climate change effects and impacts assessment. A Guidance Manual for Local Government in New Zealand.
3. (New Zealand Climate Change Centre 2010). Climate Change Adaptation in New Zealand. Future scenarios and some sectoral perspectives.

#### *Portugal*

1. (Resolução do Conselho de Ministros n.º 24/2010 Governo Português 2010). Estratègia Nacional de Adaptaçãõ às Alterações Climáticas.

#### *South Africa*

1. (Department of Environmental Affairs and Tourism Government of South Africa 2004). A National Climate Change Response Strategy for South Africa.
2. (Heinrich Böll Stiftung Southern Africa 2010). Climate Change Vulnerability and Adaptation Preparedness in South Africa.

#### *United Kingdom*

1. (South East Climate Change Partnership 2006). Response to Defra's consultation on the Adaptation Policy Framework.
2. (Department for Environment Food and Rural Affairs UK 2012). Climate Ready Co-creation progress update and an invitation to respond

## 13.4 Principales conclusiones de los Estudios de Variabilidad Climática a Nivel Local

En (CEPAL 2009) se modelan tres periodos de tiempo, un periodo temprano que va de 2010 a 2040, uno intermedio de 2040 a 2070 y uno tardío de 2070 a 2100.

Las conclusiones de este estudio con respecto a la temperatura corresponden a que en el período temprano, ambos escenarios muestran aumentos en todo el país, pero de manera más clara en la zona del altiplano. En este período los aumentos son mayores en el escenario B2. En el período intermedio, en cambio, el escenario A2 muestra aumentos mayores en la zona altiplánica y la zona centrosur. En el período tardío, ambos escenarios pronostican aumentos de temperatura en todo el país, incluida la zona del extremo austral, pero en el escenario A2 se muestran los aumentos mayores, de 3°C a 4°C, en comparación al aumento de 2°C a 3°C en el escenario B2. En general, se observa que los aumentos de temperatura son más evidentes a medida que se aleja la influencia del océano (en altura o alejado de la costa).

Con respecto a las proyecciones de precipitación, para el período temprano se proyecta en el escenario B2 un mayor descenso de precipitación (entre un 10% y un 20%) en la zona del norte chico (regiones de Atacama y Coquimbo), en comparación con el escenario A2. En el período intermedio, ambos escenarios proyectan aumentos de precipitación en la región de Magallanes y disminución de precipitación entre las regiones de Antofagasta y Los Lagos; sin embargo, los cambios son más acentuados en el escenario A2. Para el período tardío, en ambos escenarios se proyectan de manera similar aumentos de precipitación en el extremo austral y el altiplano, y un mismo rango de zonas con descenso de precipitación (también entre Antofagasta y Los Lagos), pero el escenario A2 nuevamente muestra los descensos más pronunciados para esta última zona, de entre un 30% y un 40 %.

Por su parte, (Universidad de Chile 2006) describe el impacto hidrológico derivado de los cambios de temperatura y precipitaciones. Este indica la reducción del área andina capaz de almacenar nieve entre las estaciones del año. Dado que la isoterma 0° C sufre un alza de altura por el calentamiento, las crecidas invernales de los ríos con cabecera andina se verán incrementadas por el consiguiente aumento de las cuencas aportantes y la reserva nival de agua se verá disminuida. En la región cordillerana comprendida entre las latitudes 30 y 40 ° S, que corresponde a la de mayor productividad desde el punto de vista silvo-agropecuario y en el que se ubica la generación hidroeléctrica del sistema interconectado hay reducciones del área dentro de la isoterma cero en todas las estaciones del año, pérdida que es muy significativa durante los cuatro primeros meses del año calendario. Con respecto a la pluviometría, con excepción de la región altiplánica en verano y el extremo austral en invierno, dominan las disminuciones. En la estación invernal todo el territorio nacional comprendido entre 30 y 40° S ve disminuida sus precipitaciones. Esto

sumado a la elevación de la isoterma cero es particularmente preocupante en las regiones Centro y Centro Sur.

(Universidad de Chile 2006) también analiza las variaciones en el nivel del mar estableciendo en base a la información disponible que hacia fines del presente siglo en el litoral chileno se presentarán alzas entre 28 y 16 cm bajo el escenario A2 y entre 24 y 14 cm. en el escenario B2.

### 13.5 Resumen Documento “Diagnostico del Cambio Climático en Chile”

Lo que sigue a continuación corresponde a un resumen de la identificación de impactos en Salud producto del Cambio Climático desarrollado por el documento “Diagnostico del Cambio Climático en Chile” (2011).

✓ Cambio Climático y Desastres Naturales

A nivel internacional se esta presentando largos periodos de sequía, fenómenos hidrometeorológicos intensos, con devastadores efectos sobre la población (huracanes, lluvias torrenciales, inundaciones, intensas nevazones, olas de frío, ciclones, trombas marinas) y cambios anómalos relacionados con el fenómeno de El Niño y La Niña. Lo anterior ha tenido enorme repercusión en la población con muertos, heridos, desaparecidos y por su puesto, aumento de diferentes patologías atribuibles a esta situación.

La situación en Chile, no ha sido dramática aún, sin embargo, en los últimos dos años, la sequía ha sido un problema para ciertas regiones del País bajo el punto de vista económico y que ha obligado a tomar medidas de salud publica especialmente en lo que se refiere a abastecimiento de agua segura.

✓ Cambio Climático y Zoonosis

Entre los efectos esperables del cambio climático en la salud, se prevé cambios en los patrones de presentación y distribución de una serie de enfermedades, particularmente de aquellas en que participan animales como reservorios o vectores. Estos cambios se podrían producir por variaciones en las áreas de dispersión de animales, derivadas principalmente de los cambios ambientales producto de variaciones en los patrones habituales de temperatura y precipitaciones.

Las variaciones en las actividades pecuarias, podrían producir desplazamientos de la masa ganadera expandiendo de ese modo el área de presentación de enfermedades transmisibles entre especies de interés productivo y las personas. Paralelamente, los animales sinantrópicos (roedores, palomas, gorriones y otras aves, algunas especies de murciélagos, entre otros) también se desplazan siguiendo los movimientos de personas y animales domésticos. La modificación o destrucción de hábitat debido a actividades productivas, junto a los efectos asociados directamente a cambios climáticos, generan la disminución y/o el desplazamiento de especies silvestres, lo que produce un desequilibrio en el ecosistema. Como consecuencia podrían ocurrir fenómenos de emergencia y reemergencia de zoonosis y enfermedades vectoriales.

En Chile, el riesgo de introducción de mosquitos vectores de interés sanitario en el territorio continental, se extendería desde el extremo norte a la zona central del país

(Arica-Parinacota y Metropolitana), aun cuando existe la posibilidad que podría extenderse a la Zona centro Sur (Región de Bio Bio). Las garrapatas podrían extenderse entre el extremo norte y zona centro sur. Además, podría ampliarse la distribución de culícidos endémicos hasta la Región de los Lagos. En el caso de las zoonosis, podría haber cambios en la extensión de reservorios de gran interés como *O. longicuadatus* (hantavirus) o *Tadarida brasiliensis*, principal reservorio de la rabia en Chile.

La población susceptible por lo tanto, va a depender del problema que se analice, pero principalmente sería la población general ubicada entre extremo norte y zona centro-sur (Arica y Parinacota-Bio Bio).

### ✓ Cambio Climático y Alimentos

Los sistemas de producción de alimentos y los ecosistemas de los que dependen son muy sensibles a la variabilidad del clima y el cambio climático. Las modificaciones que se presentan en la temperatura, las lluvias y los brotes consiguientes de plagas y enfermedades pueden reducir la producción. Los grupos pobres de la población, que dependen de las importaciones de alimentos, son particularmente vulnerables a esos efectos.

En la página del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile se señala que existen antecedentes de la temperatura superficial del mar desde el año 1950, el cual podría asociarse a la presentación de brotes de enfermedades causadas por *Vibrio parahaemolyticus* o casos de intoxicación por toxina paralizante o diarreica por marea roja. La asociación entre las temperaturas superficiales del mar y la presentación de brotes o casos de las patologías señaladas anteriormente, sumadas a las posibilidades de modelar el crecimiento de *Vibrio parahaemolyticus* y las algas productoras de toxina permitirían prever riesgos futuros.

Actualmente, la situación de acceso y disponibilidad de macronutrientes no representa un problema, siendo los micronutrientes, asociados a la calidad de la dieta, los que podrían presentar una situación deficitaria en algunos grupos, lo cual podría agravarse en caso de existir problemas de acceso y disponibilidad derivado de los cambios en el régimen de lluvia, cambios de precios de los alimentos y cambios en los mercados.

### ✓ Cambio Climático y Agentes Infecciosos

Con respecto a enfermedades o agentes infecciosos reconocidos como vulnerables al cambio climático y que están presentes en Chile se destacan:

1. **Fiebre dengue:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia al vector *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*.

2. **Hantavirus:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia al ratón de cola larga y en menor medida a otros roedores. A la fecha se han presentado casos desde la región de Valparaíso a Aysén.
3. **Vibrio parahaemolyticus:** Uno de los agentes causales responsables de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) y que son ENO, se asocia principalmente a intoxicación por consumo de mariscos o aguas contaminadas.
4. **Criptosporidiosis:** Enfermedad bajo vigilancia centinela para diarreas, se asocia a aguas contaminadas.
5. **Virus Respiratorio Sincicial:** Agente bajo vigilancia centinela para insuficiencia respiratoria aguda, se asocia a aerosoles de individuos infectados.
6. **Legionella spp.:** Agente bajo vigilancia de laboratorio, se asocia a colonización de aires acondicionados entre otros.
7. **Campilobacteriosis:** Enfermedad de notificación obligatoria bajo vigilancia de ETAs, se asocia a alimentos contaminados.
8. **Salmonella spp.:** Agente bajo vigilancia de ETAs, se asocia a alimentos contaminados.
9. **Leptospirosis:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia a lluvias, inundaciones y suelos contaminados con orina de roedores infectados.
10. **Rotavirus:** Enfermedad bajo vigilancia centinela para diarreas, se asocia a alimentos contaminados o baja higiene.

Dentro de las enfermedades o agentes infecciosos reconocidos como vulnerables al cambio climático que no están presentes en Chile y que podrían potencialmente ingresar o reaparecer en el país se destacan:

1. **Virus del Nilo del Oeste:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia al vector *Culex* spp.
2. **Fiebre amarilla:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia al vector *Aedes aegypti* (vector presente sólo en Isla de Pascua).
3. **Virus Chikungunya:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia al vector *Aedes aegypti* o *Aedes albopictus*.
4. **Malaria:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia al vector *Anopheles* spp., presente en ciertas áreas del norte de Chile.
5. **Leishmaniasis:** Se asocia al vector *Lutzomyia* el cual no está presente en Chile.
6. **Cólera:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia a alimentos y aguas contaminadas.
7. **Encefalitis por garrapatas:** se asocia al vector del género *Ixodes* no presente en Chile.
8. **Enfermedad de Lyme:** se asocia al vector del género *Ixodes*.
9. **Fiebre hemorrágica del Congo:** asociado al vector del género *Hyalomma* no presente en Chile.
10. **Fiebres manchadas:** Diversas rickettsiosis asociadas a vectores como piojos, pulgas y garrapatas, algunas de ellas presentes en Chile.

11. **Anaplasmosis granulocítica humana:** se asocia al vector del género Ixodes.
12. **Peste:** Enfermedad de notificación obligatoria, se asocia a la pulga de la rata de los tejados.
13. **Virus del río Ross:** se asocia al vector del género Aedes o Culex.
14. **Fiebre del valle de Rift:** se asocia a diferentes mosquitos principalmente del género Aedes.

## 13.6 Detalle de Efectos Intermedios

El detalle de los efectos intermedios muestra la caracterización particularizada de cada uno de los efectos intermedios que se puede generar debido al cambio climático. En este sentido cabe destacar que en la medida que un factor climático genera un efecto, este a su vez al interrelacionarse con otros efectos u factores puede a su vez generar nuevos efectos sobre el medio ambiente que pueden afectar directa o indirectamente a la salud.

En este sentido, el equipo consultor propone un orden causal de dichos efectos, clasificándolos como primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios (el detalle de dicha clasificación se puede observar en el Anexo 13.7). En este sentido, cabe señalar que conocer el árbol de efectos y factores derivados del cambio climático, puede permitir al tomador de decisiones actuar de forma temprana ante posibles impactos a la salud humana.

### 13.6.1 Efectos primarios

Los efectos primarios, según la clasificación propuesta por el equipo consultor, corresponden a aquellos derivados directamente de un factor climático, tal como se pueden ver en diagrama mostrado en el Anexo 13.7, estos son:

***Derretimiento de Glaciares:*** este factor es un efecto directo del aumento de las temperaturas promedio, el cual genera en el corto plazo el aumento de la escorrentía superficial, pero que, a un mediano plazo genera fuertes sequías en los meses de deshielo.

Se estima que sus efectos sean particularmente fuertes en los andes del sur, donde el flujo de agua dulce en los meses de Febrero depende en gran medida del derretimiento glaciar, afectando a la *disponibilidad de reservorios de agua dulce*, además de generar otras externalidades como problemas para la generación eléctrica.

***Adelantamiento de la época de derretimiento de nieve:*** Tal como sucede con el efecto previo, este efecto se ve afectado directamente por el aumento de las temperaturas promedio, provocando que la época de deshielo se adelante unos meses generando veranos más secos. Esto, sumado al efecto anterior, generaría graves problemas asociados a la *disponibilidad de reservorios de agua dulce*.

***Disminución y aumento de las precipitaciones:*** se podría considerar un factor climático, sin embargo, debido a sus distintos efectos fue caracterizado como un efecto que es clave en la salud humana, ya que genera múltiples efectos secundarios, afectando la *disponibilidad de reservorios de agua dulce*, *Inundaciones*, *umentando la humedad*, *afectando las sequías y la aridez*.

**Cambio en el patrón de vientos:** el cambio en el patrón de viento es un efecto derivado de la *variación en la presión atmosférica*, el cual genera *Cambio en el patrón de movimiento de las nubes* y *Cambios en la concentración de alérgicos*.

**Variación en la época y duración de la estación de polen primaveral:** derivado de los factores climáticos de temperatura y precipitaciones, se caracteriza por generar adelantamientos o retrasos en la temporada de polen, así como posibles aumentos en su duración. Entre sus efectos derivados se encuentran los *Cambios en la concentración de alérgicos*.

**Variación de contaminantes atmosféricos:** Derivado del factor climático *Variación de las Temperaturas*, puede generar directamente efectos en la salud como *Aumento de Enfermedades cardiorespiratorias*.

### 13.6.2 Efectos secundarios

**Disminución de los reservorios de agua dulce:** Efecto proveniente de la *disminución en las precipitaciones, derretimiento de glaciares, y Adelantamiento de la época de derretimiento de nieve*, afecta directamente a *Disminución de la Cantidad y Calidad de agua disponible y a las Sequías*.

**Mayor aridez:** La aridez por definición es un efecto de la *disminución en las precipitaciones y el aumento de las temperaturas*. Su importancia radica en que funciona como un escudo natural ante vectores infecciosos, efecto positivo. Sin embargo genera efectos negativos como la *disminución de la cantidad y calidad del agua*

**Aumento del nivel del Mar:** El aumento del nivel del mar es un efecto derivado del *aumento de las temperaturas y el derretimiento glaciar*. Al referirse a este elemento, es necesario destacar que puede generar condiciones adversas a la salud humana de forma directa al combinarse con extremos climáticos, generando un *Aumento de enfermedades Diarreicas e Infecciosas*.

**Cambios en la concentración de alérgicos:** efecto derivado de la *Variación en la época y duración de la estación de polen primaveral*, pudiendo generar un *Aumento de las enfermedades alérgicas*.

**Cambio en el patrón de movimiento de las nubes:** este efecto proveniente de el *cambio en los patrones de los vientos*, genera directamente problemas a la Salud humana al combinarse con un efecto externo al cambio climático como el *aumento de la Radiación UV*, produciendo

### 13.6.3 Efectos terciarios y cuaternarios

**Sequias más intensas:** las sequias son bastante parecidos a las implicancias que tiene la aridez, afectando la *cantidad de agua disponible*, y generando una *disminución en los vectores infecciosos*.

**Menor cantidad de agua:** La menor cantidad de agua es un efecto derivado de la *disminución de reservorios de agua dulce y las sequias*. Es uno de los principales efectos del cambio climático ya que puede generar grandes impactos en la Salud humana de forma directa o a través de efectos terciarios.

En este sentido, se destaca que de forma directa puede generar un *Aumento de enfermedades diarreicas e infecciosas*. Además, genera una *menor calidad del agua*, afectando la *cantidad y calidad de alimentos disponibles*.

**Inundaciones:** las inundaciones son un efecto derivado del *aumento del nivel del mar, los eventos extremos, y el aumento en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones*.

Este efecto puede generar de forma directa *aumento en la morbilidad y mortalidad accidental*, además de asociarse a *enfermedades infecciosas y diarreicas y a la disminución de la calidad del agua*.

Además, en climas cálidos, genera condiciones aptas para el *aumento de vectores infecciosos*

**Menor calidad del agua:** la menor calidad del agua es un efecto directo de la *cantidad del agua*, así como de las *precipitaciones extremas e inundaciones*. Derivado del primer efecto ya que, la menor cantidad de agua, provoca una disminución en su capacidad de disolución de sólidos, transformándola en un líquido más pesado.

En cuanto a las *precipitaciones extremas e inundaciones*, estas afectan la calidad del agua en el sentido que pueden acarrear a los flujos de agua dulce contaminantes que normalmente no habrían llegado a estos cauces.

Los efectos derivados de la *menor calidad del agua* son bastantes similares a los revisados por cantidad de agua, estos son: *Aumento de enfermedades diarreicas e infecciosas*. Además, genera una *menor calidad del agua*, afectando la *cantidad y calidad de alimentos disponibles*.

**Menor cantidad y calidad de alimentos:** Este efecto es uno de los más importantes, principalmente, por su impacto en la nutrición. Esta directamente asociado con la *calidad y cantidad de agua disponible*, esto porque el agua es el principal insumo en

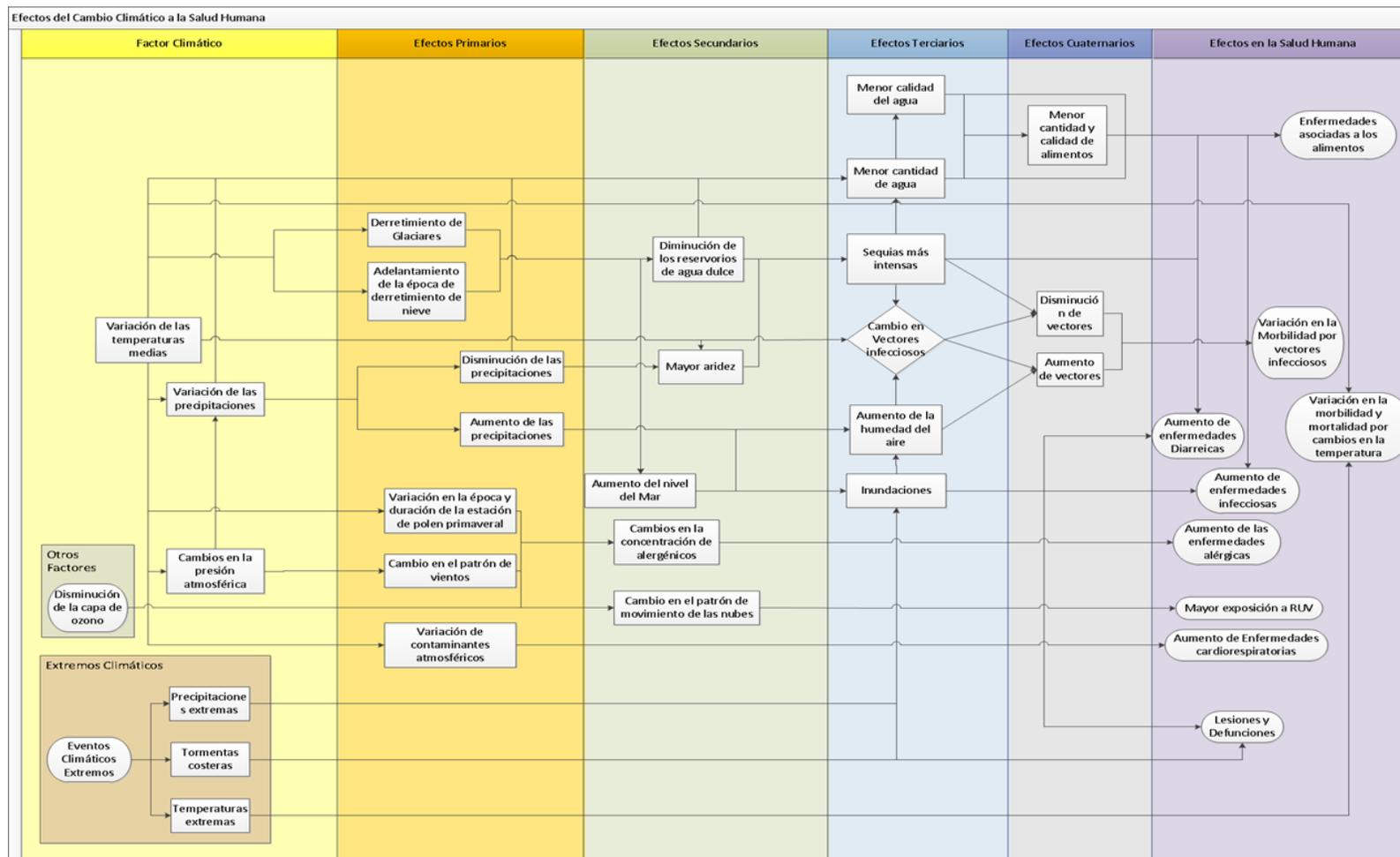
las cosechas y crianza de animales, por lo cual su ausencia lleva a menor eficiencia de cultivos y pérdida de ganado.

Así mismo, se cree que la ausencia de agua potable provocaría el uso de aguas residuales para poder regar cultivos, provocando distintos problemas a la salud como *enfermedades infecciosas y diarreas*.

***Aumento de la humedad del aire:*** el aumento en la humedad del aire es un efecto del *aumento en las precipitaciones*, y la *mayor probabilidad de inundaciones*, su efecto principal es el cambio en los vectores infecciosos (aumento).

***Cambio en Vectores infecciosos:*** El cambio en los vectores infecciosos debido a su gran impacto en la salud humana puede corresponder a un aumento o una disminución de estos. El aumento, asociado a la *variabilidad climática (ENSO)*, *altas temperaturas y alta humedad del aire*. Por otro lado, la disminución, se asocia a las épocas de sequía (y aridez), en donde los vectores no cuentan con las condiciones para sobrevivir, así como en los climas fríos.

### 13.7 Relaciones de Causalidad entre Factores Climaticos, Efectos Intermedios y Efectos a la Salud Humana



Fuente: Elaboración propia

## 13.8 Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto de la modificación de la temperatura

### 13.8.1 Temperatura diaria media

**Tabla 13-2 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Arica**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	208.2				
Temperatura media (°C) 2008 (promedio diario)	18.5				
Temperatura media (°C) (promedio diario)	20.0	20.5	21.3	21.6	26.4
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	-15	4	9	18	46
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>-7.3%</b>	<b>1.8%</b>	<b>4.1%</b>	<b>8.6%</b>	<b>22.2%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-3 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Antofagasta**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	279.1				
Temperatura media (°C) 2008 (promedio diario)	16.2				
Temperatura media (°C) (promedio diario)	17.8	18.1	18.8	19.2	23.6
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	45	35	30	41	48
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>16.3%</b>	<b>12.4%</b>	<b>10.6%</b>	<b>14.8%</b>	<b>17.0%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-4 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria – La Serena**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	231.0				
Temperatura media (°C) 2008 (promedio diario)	13.7				
Temperatura media (°C) (promedio diario)	14.3	14.5	15.1	15.7	19.0
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	22	30	33	24	26
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	9.3%	12.9%	14.1%	10.3%	11.3%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-5 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Santiago**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	215.1				
Temperatura media (°C) 2008 (promedio diario)	15.0				
Temperatura media (°C) (promedio diario)	15.4	15.7	16.2	16.8	20.6
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	-14	-6	-11	3	3
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	-6.4%	10.1%	-5.1%	1.6%	1.5%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-6 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Concepción**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	231.0				
Temperatura media (°C) 2008 (promedio diario)	12.7				
Temperatura media (°C) (promedio diario)	13.2	13.3	13.8	14.0	17.2
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	22	30	33	23	26
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>9.4%</b>	<b>12.9%</b>	<b>14.2%</b>	<b>10.2%</b>	<b>11.3%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-7 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria - Temuco**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	236.5				
Temperatura media (°C) 2008 (promedio diario)	11.8				
Temperatura media (°C) (promedio diario)	12.1	12.2	12.6	12.8	14.3
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	27	33	30	26	35
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>11.4%</b>	<b>14.0%</b>	<b>12.8%</b>	<b>11.1%</b>	<b>14.6%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-8 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria – Puerto Montt**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	207.4				
Temperatura media (°C) 2008 (promedio diario)	10.6				
Temperatura media (°C) (promedio diario)	10.7	10.9	11.1	11.4	13.9
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	26	30	40	37	45
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>12.7%</b>	<b>14.2%</b>	<b>19.3%</b>	<b>17.8%</b>	<b>21.8%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-9 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura media diaria – Punta Arenas**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	343.8				
Temperatura media (°C) 2008 (promedio diario)	6.5				
Temperatura media (°C) (promedio diario)	6.7	6.9	7.0	7.4	9.0
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	16	29	54	52	20
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>4.7%</b>	<b>8.5%</b>	<b>15.8%</b>	<b>15.2%</b>	<b>5.9%</b>

Fuente: Elaboración propia

### 13.8.2 Temperatura diaria máxima

**Tabla 13-10 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Arica**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	208.2				
Temperatura máxima (°C) 2008 (promedio diario)	21.6				
Temperatura máxima (°C) (promedio diario)	23.7	24.5	25.0	25.9	26.4
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	-12.0	9.6	13.0	25.0	47.5
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>-5.8%</b>	<b>4.6%</b>	<b>6.3%</b>	<b>12.0%</b>	<b>22.8%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-11 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Antofagasta**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	279.1				
Temperatura máxima (°C) 2008 (promedio diario)	19.8				
Temperatura máxima (°C) (promedio diario)	21.3	22.0	22.6	23.4	23.9
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	37.8	29.0	28.3	42.6	43.9
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>13.5%</b>	<b>10.4%</b>	<b>10.2%</b>	<b>15.3%</b>	<b>15.7%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-12 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria – La Serena**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	177.9				
Temperatura máxima (°C) 2008 (promedio diario)	18.0				
Temperatura máxima (°C) (promedio diario)	19.0	19.8	20.5	20.9	21.9
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	31.1	29.9	29.8	23.0	7.2
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	17.5%	16.8%	16.7%	12.9%	4.0%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-13 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Santiago**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	215.1				
Temperatura máxima (°C) 2008 (promedio diario)	23.5				
Temperatura máxima (°C) (promedio diario)	23.6	24.4	24.9	25.4	26.3
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	-10.7	-1.3	-7.9	6.8	6.8
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	-5.0%	-0.6%	-3.7%	3.2%	3.2%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-14 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Concepción**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	231.0				
Temperatura máxima (°C) 2008 (promedio diario)	18.3				
Temperatura máxima (°C) (promedio diario)	18.6	19.3	19.8	20.3	20.9
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	26.5	33.7	35.4	25.9	26.1
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>12.7%</b>	<b>16.2%</b>	<b>17.0%</b>	<b>12.4%</b>	<b>12.6%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-15 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria - Temuco**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	236.5				
Temperatura máxima (°C) 2008 (promedio diario)	19.4				
Temperatura máxima (°C) (promedio diario)	18.7	19.3	19.9	20.3	20.8
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	30.3	35.5	32.0	28.8	33.4
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>12.8%</b>	<b>15.0%</b>	<b>13.5%</b>	<b>12.2%</b>	<b>14.1%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-16 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria – Puerto Montt**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	207.4				
Temperatura máxima (°C) 2008 (promedio diario)	16.1				
Temperatura máxima (°C) (promedio diario)	15.7	16.1	16.7	17.1	17.5
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	28.2	31.3	41.7	38.8	46.1
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	<b>13.6%</b>	<b>15.0%</b>	<b>20.1%</b>	<b>18.7%</b>	<b>22.2%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13-17 Estimación del Cambio en la Tasa de Ingresos Hospitalarios producto la modificación de la temperatura máxima diaria – Punta Arenas**

	2019	2039	2059	2079	2099
Tasa Ingreso 2008 por cada 1M de habitantes (promedio diario)	343.8				
Temperatura máxima (°C) 2008 (promedio diario)	10.7				
Temperatura máxima (°C) (promedio diario)	10.3	10.8	11.2	11.3	12.0
Diferencia Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	18.1	26.8	50.6	44.7	22.3
Diferencia Porcentual Tasa de Ingreso HA c/r al 2008	5.2%	7.8%	14.7%	13.0%	6.5%

Fuente: Elaboración propia

### 13.9 Taller de Difusión y Discusión en marco del presente Estudio

El día 5 de diciembre de 2012, en conjunto con el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Salud de Chile, se desarrolló un taller de difusión y discusión, al cual se convocó a expertos de distintas áreas relacionadas con el cambio climático y la salud. El taller fue realizado en el Hotel Galerías (San Antonio 65, Santiago). El objetivo de este taller fue presentar un avance del presente estudio y recopilar la opinión de los concurrentes (mediante la realización de dos sub-talleres) con respecto a la identificación de impactos para Chile, identificación de zonas vulnerables a estos impactos y medidas de adaptación que deberían ser consideradas en un plan de adaptación sectorial para el país. La Tabla 13-18 muestra el programa de actividades realizadas durante el desarrollo del taller mientras que la Tabla 13-19 muestra la lista de asistentes.

Tabla 13-18 Programa de Actividades Taller de Difusión y Discusión

Hora	Actividad	Contenido	Ejecutor
8.45 – 9.00	Registro de Participantes	Registro y entrega de documentos que se utilizarán durante el taller.	Consultor
9.00 – 9.15	Bienvenida MMA	Bienvenida y Contextualización de Antecedentes y Participación del MMA	MMA
9.15 – 9.30	Bienvenida MINSAL	Bienvenida y Contextualización de Antecedentes y Participación del Minsal	MINSAL
9:30 – 10:30	Avances del Estudio	Presentación de Impactos en Salud Identificados / Proyección / Principales Líneas de Acción para la Adaptación	Consultor: Luis Cifuentes
10.30 – 11.00	Discusión	Espacio para preguntas y discusión de la presentación de avance del estudio	Moderador Luis Cifuentes
11.00 – 11.45	Coffee Break		
11.45 – 12.45	Taller de Discusión 1	Identificar y priorizar las zonas más vulnerables, para los distintos efectos ya identificados	Moderador Luis Cifuentes
12.45 – 13.45	Taller de Discusión 1	Medidas de Adaptación: Requerimientos de Infraestructura, Monitoreo, Vigilancia. Ministerio de Salud: Como lo abordará? Nuevas Políticas y/o Programas?	Moderador Luis Cifuentes
13.45 – 14.00	Cierre	Palabras de Cierre y Agradecimiento	

Tabla 13-19 Lista de asistentes a Taller de Difusión y Discusión

Nombre	Institución	Cargo
Alonso Parra	Ministerio de Salud	Asesor oficina de zoonosis y vectores
Álvaro Flores	Ministerio de Salud	Asesor departamento de nutrición y alimentos
Yenive Cavieres	Ministerio de Salud	Asesora pueblos indígenas
Tomás Fontecilla	Ministerio de Salud	Estadístico epidemiología
María Fariña	Fundación Terram	Coordinadora
Paola Vasconi	Independiente	Consultora Ambiental
Pablo Ruiz	Universidad de Chile	Profesor asistente
Gladys Santis	Ministerio de Medio Ambiente	Encargado de adaptación
Paulina Pino	Universidad de Chile	Profesor asociado
Cecilia Muñoz	SEREMI Región	Vigilancia enfermedades no

	Metropolitana	transmisibles
José Bustos	Consultora	Investigador
Alex Mellado	Ministerio de Salud	Asesor departamento de salud
José Emilio Villaroel	Ministerio de Salud	Asesor información territorial
Maritza Jadrijevic	Ministerio de Medio Ambiente	
Gonzalo Agurto	Ministerio de Salud	

## 14. Referencias

(2011). "Diagnostico del Cambio Climático en Chile."

Antics, A., M. Pascal, et al. (2012). "A simple indicator to rapidly assess the short-term impact of heat waves on mortality within the French heat warning system." *International journal of biometeorology*: 1-7.

Bell, M. L., M. S. O'Neill, et al. (2008). "Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico." *International journal of epidemiology* 37(4): 796-804.

Bundesministerium fur Umwelt Naturchutz und Reaktorsicherheit (2005). *The National Climate Protection Programme*. Alemania.

California Natural Resources Agency (2009). *California Climate Adaptation Strategy*. First year Progress Report to the Governor of the State of California.

CEPAL (2009). *La Economia del Cambio Climatico en Chile*.

Commission of the European Communities (2009). *Adapting to climate change: Towards a European framework for action*.

Council of Australian Governments (2006). *National Climate Change Adaptation Framework*.

Chao, D. L., S. B. Halstead, et al. (2012). "Controlling Dengue with Vaccines in Thailand." *PLoS Neglected Tropical Diseases* 6(10): e1876.

Christensen, J. H., B. Hewitson, et al. (2007). "Regional climate projections. In *Climate Change, 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." University Press, Cambridge, Chapter 11: 847-940.

Department of Climate Change Australian Government (2010). *Adapting to Climate Change in Australia*. An Australian Government Position Paper.

Department of Environmental Affairs and Tourism Government of South Africa (2004). *A National Climate Change Response Strategy for South Africa*.

Department for Environment Food and Rural Affairs UK (2012). *Climate Ready Co-creation progress update and an invitation to respond*.

Garibay M. & Bifani-Richard P. (2012). Cambio Climático: desafío para la naturaleza humana.

Hartz, D. A., J. S. Golden, et al. (2012). "Climate and heat-related emergencies in Chicago, Illinois (2003–2006)." *International journal of biometeorology* 56(1): 71-83.

Heinrich Böll Stiftung Southern Africa (2010). *Climate Change Vulnerability and Adaptation Preparedness in South Africa*.

IPCC (2007a). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge Univ Pr.

IPCC (2007b). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Working Group I, Fourth Assessment Report*.

Jansen, A., C. Frank, et al. (2008). "Surveillance of vector-borne diseases in Germany: trends and challenges in the view of disease emergence and climate change." *Parasitology research* 103: 11-17.

Mancilla, E. (2005). "Intoxicación por *Vibrio parahaemolyticus*." *Cuad. Med. Soc. Chile* 45: 43-47.

McCarthy, J. J., O. F. Canziani, et al. (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.

Menne, B. a. R. B. (2000). "The health impacts of desertification and drought. ." *Down to Earth* 14: 4-6.

Ministry for the Environment New Zealand Government (2007). *Preparing for and adapting to climate change. Look ahead to the future*.

Ministry for the Environment New Zealand Government (2008). *Climate change effects and impacts assessment. A Guidance Manual for Local Government in New Zealand*.

Ministry of Ecology Sustainable Development Transport and Housing Replublique Fransaice (2011). *French National Climate Change Impact Adaptation Plan 2011 - 2015*.

Monteiro, A., V. Carvalho, et al. (2012). "Excess mortality and morbidity during the July 2006 heat wave in Porto, Portugal." *International journal of biometeorology*: 1-13.

Nakicenovic, N., J. Alcamo, et al. (2000). Special report on emissions scenarios: a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA (US), Environmental Molecular Sciences Laboratory (US).

Netherlands Environment Assessment Agency (2005). The effects of climate change in the Netherlands.

New Zealand Climate Change Centre (2010). Climate Change Adaptation in New Zealand. Future scenarios and some sectoral perspectives.

Observatoire National Sur les Effets du Rechauffement Climatique. Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique.

Oficina Española de Cambio Climático Gobierno de España (2006). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

Oficina Española de Cambio Climático Gobierno de España (2008). Primer Informe de Seguimiento Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

PAHO (2005). Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de Latinoamérica y el Caribe. Washington, D.C, OPS.

Pascal, M., K. Laaidi, et al. (2012). "How to use near real-time health indicators to support decision-making during a heat wave: the example of the French heat wave warning system." PLoS currents 4.

Pascal, M., A. Le Tertre, et al. (2012). "Quantification of the heat wave effect on mortality in nine French cities during summer 2006." PLoS currents 4.

PNUMA & CPPS (1997). Evaluación de la Vulnerabilidad de las Áreas Costeras a Incrementos en el Nivel del Mar como Consecuencia del Calentamiento Global: Caso Estudio - Bahía de Concepción, Chile.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 24/2010 Governo Português (2010). Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas.

Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal (2008). Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008 - 2012

Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal (2009). Informe de Avance del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008 - 2012

Singh, P. K. & R. C. Dhiman (2012). "Climate change and human health: Indian context." Journal of Vector Borne Diseases 49.

South East Climate Change Partnership (2006). Response to Defra's consultation on the Adaptation Policy Framework.

Tabachnick, W. (2010). "Challenges in predicting climate and environmental effects on vector-borne disease epistemics in a changing world." *Journal of Experimental Biology* 213(6): 946-954.

Turner, L. R., A. G. Barnett, et al. (2012). "Ambient Temperature and Cardiorespiratory Morbidity: A Systematic Review and Meta-analysis." *Epidemiology* 23(4): 594-606.

Universidad de Chile (2006). Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI. Departamento de Geofísica Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

WHO (2008). Climate Change and Human Health – Risks and Responses.

WHO (2009). Global Health Risks: Mortality and Burden of disease attributable to selected major risks.

WHO & WMO (2012). Atlas of Health and Climate.

Williams, S., M. Nitschke, et al. (2012). "The impact of summer temperatures and heatwaves on mortality and morbidity in Perth, Australia 1994–2008." *Environment international* 40: 33-38.

Wood, A. W., L. R. Leung, et al. (2004). "Hydrologic implications of dynamical and statistical approaches to downscaling climate model outputs." *Climatic Change* 62(1): 189-216.