

# Breve examen al cambio climático, contaminación del aire y salud en Chile

Brief review of climate change, air pollution and health in Chile

Jaime Hurtubia <sup>1</sup>

## RESUMEN

---

Se examinan las interacciones entre cambio climático, contaminación del aire y los efectos de ambos sobre la salud en Chile. Se identifican los extremos climáticos más graves y se subrayan las conclusiones de la comunidad científica, a saber, que el cambio está en marcha, que es el resultado de las actividades humanas y que es un fenómeno que no puede calificarse como parte de un ciclo natural del clima del planeta. Se exponen los resultados de los informes : “La cuenta regresiva de El Lancet” (The Lancet Countdown, 2017), un alerta dirigido a las autoridades políticas y empresariales señalando que la humanidad por su ineptitud está arriesgando perder la mayoría de los logros en salud pública alcanzados en el Siglo XX; y el último informe del IPCC (Octubre, 2018), en el cual se destaca que serán mínimas las posibilidades de frenar los desastres si el calentamiento alcanza 1,5°C, haciendo un llamado para adoptar medidas inmediatas que reduzcan los efectos de las catástrofes que los científicos predicen ocurrirán antes de 2040. El artículo en materia de salud, subraya que existen efectos nefastos de la contaminación del aire sobre la salud humana que no se han investigado en profundidad, por ejemplo el daño sobre la fertilidad, un grave problema que es preciso investigar considerando los altos índices de contaminación de varias ciudades chilenas. Para concluir, se presentan sugerencias para la acción en el contexto de la realidad chilena.

**Palabras Clave:** Cambio climático, Contaminación del aire, Salud Pública

## INTRODUCCIÓN

---

La quema de combustibles (combustibles fósiles en los países de ingresos altos y medianos, y biomasa en los países de bajos ingresos) es la causa de un 85% de la contaminación por partículas transportadas por el aire y de casi toda la contaminación por óxidos de azufre y nitrógeno. La quema de combustibles es también causa importante de producción de gases de efecto invernadero y de contaminantes de vida corta que conducen al cambio climático. Los emisores fundamentales de CO<sub>2</sub>, como las centrales eléctricas, las plantas de fabricación de sustancias químicas, las operaciones de minería, la deforestación y los vehículos que utilizan carburantes derivados del petróleo, son también fuentes importantes de contaminación.

Hacer un balance del estado de la contaminación del aire en Chile no es una tarea sencilla. La ecuación contiene numerosas variables y datos que se relacionan entre sí configurando un complejo andamiaje: enfermedades estacionales y crónicas, pérdidas económicas que se concentran en el Estado y afectan a las personas de menores ingresos; eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes; conflictos sociales, pobreza, creciente desigualdad, entre muchos otros. En los últimos 30 años la población chilena ha tenido acceso a avances tecnológicos sin precedentes que han mejorado sus niveles de bienestar, con alcance a una cantidad de información envidiable para las generaciones anteriores, mejores alimentos, más entretenimientos, tecnologías en salud antes impensadas, disminución de la mortalidad infantil, progresos en la medicina que alzaron la esperanza de vida de las personas, avances espectaculares en la producción de alimentos, para mencionar las más relevantes. En este tipo de aproximaciones uno puede ver el vaso medio

---

Recibido el 28 de noviembre de 2018 . Aceptado el 14 de marzo de 2019.

<sup>1</sup> Ecólogo, Asesor Principal Políticas Ambientales y Ex Director División de Ecosistemas y Biodiversidad, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenia. Correspondencia a: hurtubiaurbina.j@gmail.com

lleno o medio vacío. La pregunta importante es ¿por qué está medio vacío y cómo puede llenarse?

En el país no se ha puesto atención suficiente a los efectos sobre la salud de las personas de la acumulación por décadas de la contaminación del aire por emisiones industriales, gases de tubos de escape de vehículos y sustancias químicas tóxicas en las grandes ciudades o en lugares con alta concentración industrial. Todas estas cuestiones han originado conflictos socio-ambientales que han sido postergados sistemáticamente. Tampoco se han incorporado medidas correctivas eficaces en las políticas ambientales y de salud. Aunque más del 70% de las enfermedades causadas por la contaminación son enfermedades no transmisibles, en sus programas de prevención y control no se destacan acciones para reducir la contaminación.

Por otra parte, se sabe que el aumento desmedido de las emisiones de CO<sub>2</sub> por las actividades humanas es la causa principal del “efecto invernadero”, que induce al “calentamiento global” y provoca el “cambio climático” (Weart, 2003; Flannery, 2006). Sin embargo, este simple mensaje de los científicos lo niegan la gran mayoría de los empresarios, lo eluden los políticos y tampoco convence a los ciudadanos, por lo que es aún muy incipiente tratar el tema del cambio climático. En tal situación, hay escasas posibilidades que los gobiernos, las empresas y las personas participen en acciones de mitigación y reducción de emisiones, o se apliquen estrategias de adaptación respecto a los cambios en los patrones de producción, consumo y estilos de vida (Gómez y Romanillos, 2012).

Este artículo presenta un breve examen de las interacciones entre cambio climático, contaminación del aire y los efectos de ambos sobre la salud en Chile. En el capítulo 1, se definen las principales características del cambio climático y se mencionan aquellos eventos extremos que han comenzado a agudizarse en los últimos 5 años, destacando algunos episodios ocurridos en Chile. En el capítulo 2, se presentan las conclusiones más relevantes aceptadas por la comunidad científica mundial. En particular, se señala que el proceso está en marcha, que es el resultado de las actividades humanas y que es un fenómeno que no puede calificarse como parte de un ciclo natural del clima del planeta.

En el capítulo 3, se resumen los resultados de dos informes que están dando la pauta respecto al consenso científico actual. El primero, titulado “La cuenta regresiva de El Lancet” (The Lancet Countdown) publicado en diciembre 2017, es un alerta dirigido a las autoridades políticas y

empresariales señalando que la humanidad por su ineptitud para frenar el cambio climático está arriesgando perder la mayoría de los logros en salud pública alcanzados en el Siglo XX. El segundo, es un documento aprobado por consenso en octubre de 2018 por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). En él, se hace un llamado urgente a la comunidad internacional para adoptar medidas inmediatas con objeto de reducir los impactos de aquellos desastres que los científicos aseguran ocurrirán antes de 2040. Se señala, sin equívocos, que la situación actual es muy grave ya que serán mínimas las posibilidades de frenar los desastres si la elevación del calentamiento alcanza 1,5 grados Celsius. Este es un cambio radical a las anteriores advertencias del mismo IPCC, que consideraba que se contaba con un límite hasta los 2 grados Celsius, para evitar las catástrofes de mayor magnitud.

En el capítulo 4, se presentan algunos impactos poco divulgados de la contaminación del aire sobre la salud humana. Se alude a los resultados de investigaciones en curso en Europa y Norteamérica respecto al daño de la contaminación del aire sobre la fertilidad humana. Este es un problema de gran relevancia, al cual es preciso dedicarle más estudios e investigaciones dado los altos índices de contaminación en varias ciudades chilenas. Por último, en el capítulo 5, se concluye presentando algunas consideraciones finales sobre las diversas cuestiones examinadas y se presentan sugerencias para la acción en el contexto de la realidad chilena.

## **1. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MARCHA.**

---

En los últimos 5 años, el planeta ha batido récords de temperatura que ponen en peligro su estabilidad. El año 2017 rompió el récord, pasando a ser el más caluroso de la historia, incluso en ausencia de El Niño, fenómeno responsable de elevar las temperaturas. Enfrentamos la racha de calor más prolongada en los 137 años de registros. El principal indicador del cambio climático son las *manifestaciones periódicas y cada vez más frecuentes de eventos climáticos extremos*. En esta categoría caben no sólo los huracanes, ciclones o tormentas, inundaciones, marejadas, vientos extremos, sino también las sequías, los incendios forestales, desaparición de glaciares y descenso en las fuentes de agua, deshielos y ascenso del nivel del mar.

Nuestra situación de riesgos en Chile es alta.

Se prolongan las lluvias en el Sur. Los eventos climáticos en las próximas semanas estarán en el Centro del país probablemente asociados a calores extremos, vientos y sequías con sus consecuentes incendios forestales, incontrolables, como los ocurridos en enero 2017 que arrasaron más de 500.000 ha. de bosque en la región del Maule (tragedia de Santa Olga). También, es muy probable que el cambio climático afecte gravemente nuestro sistema hidrológico. Los cambios ya se evidencian por el aumento de la aridez en el centro del país y la mega-sequía que afecta al país desde Coquimbo a BioBío, con un caso extremo en Talca, donde cada año tenemos más días de calor, por sobre el promedio a nivel mundial. En los últimos 40 años la temperatura promedio máxima anual fue de 21,6°C; y desde 2003 a 2016 subió a 22,2°C. En los últimos años, los días con temperatura máxima igual o superior a 25°C aumentaron a 151, con un alza de 16 días.

El año 2016 fue el año más cálido registrado en Chile. El promedio de las temperaturas medias (a su vez, un promedio de las mínimas y máximas del día, de todo el año) entre Arica y Punta Arenas fue 13,8°C, 0,96°C más que en 2015, que ya había sido un año récord. El 25 de Enero de 2017 fue el día más caluroso de la historia de Santiago, los termómetros se elevaron hasta los 37,4° C. En Chillán 41,7°. Semanas antes, 14 de diciembre 2016, en Santiago se había superado un récord de 101 años con 37,3° C. Se rompieron dos records en dos semanas y se adelantaron los incendios forestales. En Lonquimay, Región de la Araucanía el 16 de Julio de 2017 el frío alcanzó otro record 17° bajo cero. Porque el cambio climático no sólo hace más intenso el calor sino también el frío.

Por otra parte, están ocurriendo tormentas, lluvias e inundaciones inusuales. Las precipitaciones cayeron con más fuerza en Enero de 2017 en el sector alto de la región de Arica, Parinacota, Tarapacá y Antofagasta registrándose lluvias torrenciales buena parte del mes. Una primavera más calurosa provoca un mayor deshielo, lo que da lugar a otros récords negativos. En el verano de 2018 se registró, según la NASA, el mayor retroceso en los hielos marinos. El descenso de la masa polar produce cambios en las corrientes oceánicas a nivel global, agravadas por el efecto de El Niño.

La detección del cambio climático comenzó hace décadas con la medición de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. Este gas se produce cada vez que quemamos algo o cuando se descomponen

materia orgánica. Pero ¿cómo se mide? El método se inició en Hawaii en 1958 cuando por primera vez se midió la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Keeling, 1960). A partir de entonces con los datos anuales registrados, contamos con una gráfica conocida como la *curva ascendente de Keeling*, que es uno de los trabajos más notables de las ciencias medioambientales. Esta curva nos demuestra cómo respira el planeta tierra. En cada primavera del hemisferio norte (donde se ubica la mayor cantidad de biomasa) a medida que la vegetación extrae CO<sub>2</sub> de la atmósfera, el planeta inicia una gran inhalación que en la curva se registra como un descenso en la concentración de CO<sub>2</sub>. Después en el Otoño, a medida que genera CO<sub>2</sub> se produce una gran exhalación que aumenta la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Lo fundamental es que la curva demuestra que al final de cada exhalación, cada año, desde hace décadas, se registra una concentración mayor de CO<sub>2</sub> que el año anterior.

Este aumento anual, sin que se modifiquen excepcionalmente las fuentes naturales de biomasa que emiten CO<sub>2</sub> a la atmósfera, fue el primer signo definitivo que el aumento proviene del crecimiento de las actividades industriales y energéticas del hombre basadas en uso creciente de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón). En 1958 el nivel marcaba 315 partes por millón (ppm). En 2015 y 2016 se superó por primera vez la línea roja de las 400 ppm, que podría provocar un aumento catastrófico del promedio de temperatura del planeta de aquí al año 2100. Al final de 2017, el promedio anual fue un poco más de 400 ppm de CO<sub>2</sub>. El 14 de Noviembre de 2018 se registró 409.23 ppm. Ver <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve>.

## **2. ALGUNAS CONCLUSIONES DE LAS EVALUACIONES CLIMÁTICAS**

En la actualidad, los Centros de Investigaciones sobre el Clima de todo el mundo trabajan coordinadamente en la obtención masiva de datos verificables sobre el calentamiento global. El Programa de Investigación de EEUU sobre el Cambio Global es uno de los más completos a la fecha. En diciembre de 2017, publicó el *Informe Especial de Ciencia Climática* (CSSR, 2017). En él se examina el estado del conocimiento sobre los eventos climáticos con mayores probabilidades de ocurrir. En su realización se compilaron y analizaron miles de datos recopilados por centros de

investigaciones de todo el mundo, con especial referencia a EEUU. Algunas de sus conclusiones se resumen a continuación:

(i) La magnitud del cambio en las próximas décadas dependerá principalmente de la cantidad de gases invernadero (especialmente CO<sub>2</sub>) que se vaya acumulando globalmente. Si no se hacen reducciones masivas, el aumento en el promedio de la temperatura global podría superar en 4 a 5°C la temperatura global existente en la época anterior a la Revolución Industrial (Siglo XVIII);

(ii) La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha superado las 400 partes por millón (ppm), cantidad que solo había sido alcanzada hace más de 3 millones de años, cuando tanto el promedio global de temperatura y el nivel del mar fueron sustancialmente mayores que los actuales. De continuar ascendiendo alcanzaríamos una concentración atmosférica no experimentada desde hace 10 a 100 millones de años;

(iii) Los aumentos en las emisiones de CO<sub>2</sub> los últimos 15-20 años, responden exclusivamente a los patrones de crecimiento industrial y económico;

(iv) La temperatura del aire se ha elevado por lo menos en 1.0°C en promedio por encima de las temperaturas registradas en los últimos 115 años (1901-2016). La actual es la década más caliente de toda la historia. Los últimos años se han roto los records en calores y fríos extremos. Los últimos tres años (2015-2017) han sido los más calientes desde que se llevan registros;

(v) Se han registrado notables cambios en las temperaturas de la superficie terrestre, en la atmósfera y los océanos; derretimiento de glaciares; disminución de las cubiertas de nieves eternas; adelgazamiento de las superficies de hielo sobre el mar; elevación del nivel del mar; acidificación de los mares; y aumento del vapor de agua atmosférico;

(vi) El promedio global del nivel del mar se ha elevado alrededor de 14 a 18 cm desde 1900. La mitad de esa elevación, 7 a 9 cm, ocurrió desde 1993 a la fecha y es el más grande ocurrido en cualquier siglo anterior en los últimos 2.800 años; y

(vii) Nuestro macro-sistema climático en los últimos 150 años, ha respondido lentamente a las enormes presiones de las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero. Esta lentitud generó una enorme inercia y ahora que está en marcha el cambio climático será muy difícil evitar desastres y eventos extremos.

### 3. LA CUENTA REGRESIVA DE EL LANCET Y EL ÚLTIMO INFORME DEL IPCC

---

#### 3.1. La Cuenta Regresiva de El Lancet

Una de las síntesis más completas de la relación entre cambio climático, salud y contaminación se presenta en el Informe publicado en diciembre 2017, titulado “The Lancet Countdown”, en español: “La Cuenta Regresiva de El Lancet” (Watts, Amman, et al. 2017). El mensaje central es que la humanidad, debido al cambio climático, está en peligro de perder los avances en salud pública logrados en el Siglo XX. Se destacan dos conclusiones: (i) *los síntomas humanos del cambio climático son inequívoca y potencialmente irreversibles*; y (ii) *el atraso en las respuestas al cambio climático en los últimos 25 años ha puesto en peligro el bienestar y la vida de los humanos*.

En su preparación participaron 24 instituciones académicas y organizaciones intergubernamentales, representando todos los continentes, incluyendo climatólogos, ecólogos, economistas, ingenieros, alimentación, transporte, geógrafos, matemáticos, científicos sociales, políticos, profesionales de la salud pública y médicos. Como fruto de este esfuerzo se identificaron, y se seguirán monitoreando anualmente los llamados “*cuarenta indicadores de progresos o retrocesos*” en cinco grandes temas: a) impactos, exposiciones y vulnerabilidad del cambio climático; b) acciones de adaptación y resiliencia; c) medidas de mitigación y beneficios; d) economía y finanzas; y e) compromiso público y político.

Entre los impactos más graves para la salud se identificaron a olas de calor; huracanes, tifones, temporales; pérdida de la diversidad biológica; enfermedades sensibles al clima; desnutrición; y a las prolongadas exposiciones a la contaminación del aire. El informe reconoce que las temperaturas más altas están ocurriendo en las grandes áreas urbanas, afectando ancianos, infantes menores de 12 meses y personas con enfermedades cardiovasculares y renales crónicas. Los niveles de protección alcanzados en las últimas décadas para detener la propagación de enfermedades infecciosas mortales ahora están siendo superados por los efectos del cambio climático. Un caso es la transmisión de la fiebre del dengue que ha aumentado 3 a 5,9 %, desde 1990, pudiendo extenderse incluso hasta Chile en unas décadas. Hay un creciente número de países, que están evaluando sus vulnerabilidades, además de desarrollar planes de *adaptación climática* y preparación para emergencias sanitarias. Pero el proceso es excesivamente lento

y enfrenta muchas barreras.

El informe señala que los gobiernos no están enfrentando las catástrofes climáticas con políticas eficaces. Anota con preocupación que tampoco se repara en las fuertes pérdidas económicas, en los estilos de vida y en el medio laboral. Por ejemplo, la capacidad de trabajo al aire libre en las áreas rurales disminuyó, en promedio, 5,3 por ciento durante los últimos 16 años debido al estrés por calor. Una enorme pérdida de productividad, directamente atribuible al calentamiento global. La productividad cayó un 2 por ciento entre 2015 y 2016. En 2015, 175 millones de personas mayores de 65 años estuvieron expuestos a olas de calor nunca observadas. Son pocas las ciudades que han iniciado evaluaciones económicas de los riesgos derivados del cambio climático, aunque la cobertura y la idoneidad de dichas medidas garantizarían la protección contra los crecientes riesgos (Stern, 2007). De hecho, en la mayoría de los países, la financiación para adaptación relacionada con medioambiente y salud alcanza a menos de un 10% del total de los gastos en *adaptación*.

La expresión “*cuenta regresiva*” destaca que se nos acaba el tiempo para adaptarnos gradualmente a las nuevas condiciones climáticas. Lo hasta aquí conseguido ofrece una muy limitada protección. El Lancet señala: “*una analogía con la fisiología humana puede ser de utilidad aquí. El cuerpo humano puede adaptarse a los síntomas causado por una enfermedad leve auto-limitante con relativa facilidad. Sin embargo, si una enfermedad empeora constantemente, se alcanzarán rápidamente los límites de los ciclos de respuesta positiva y de la capacidad de adaptación. Esto ocurre especialmente cuando hay muchos sistemas afectados y cuando la falla de un sistema puede impactar en el funcionamiento de otro, como es el caso en el síndrome de disfunción multi-orgánica, o cuando el cuerpo ya se ha debilitado a causa de repetidas enfermedades o exposiciones previas*”.

Esta descripción calza con lo que ocurre con las consecuencias del cambio climático ya que éste también actúa como multiplicador de amenazas. Los golpes destructivos de los huracanes, las inundaciones y las sequías se multiplican porque aparecen daños inesperados fruto de la correlación entre múltiples factores de riesgo, aumentando la probabilidad de varios impactos simultáneos o en cadena. De hecho, no se trata de una «*enfermedad de un solo sistema*», sino que a menudo el impacto agrava presiones existentes en muchos otros sistemas, por ejemplo en vivienda, agricultura, alimentación, agua, bosques, transportes, energía, seguridad, migraciones, pobreza. Se trata de un caso clásico de sinergias.

Al respecto, cabe mencionar que en Chile se han conseguido pocos progresos en *mitigación*. Los avances son muy discretos, por ejemplo, en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> por cambios en la producción de electricidad. Chile con la política energética 2050 Bachelet-Pacheco, avanzó notablemente multiplicando la generación con energía solar y otras renovables. Europa va liderando el abandono a los combustibles fósiles y hay una tendencia a disminuir el uso de los automóviles privados en Europa, EE. UU. y Australia. Pero en Chile vamos a contracorriente ya que el parque automotor se septuplicó en 15 años. En el año 2000 habían 1.314.129 de vehículos inscritos, para fines de 2015 el número había llegado hasta los 7.314.305 unidades. En el 2018 es superior a 7,8 millones de vehículos. Entre 2010 y 2015 la cifra creció 41%. Las regiones con más vehículos figuran la Metropolitana (4.121.355 unidades), Valparaíso (581.563) y Biobío (514.166). Esta tendencia anula todos los pequeños avances conseguidos con las nuevas instalaciones generadoras de energía solar en el Norte y el lento abandono de las formas tradicionales de producción de electricidad que en los últimos dos años ayudaron a disminuir levemente las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por otra parte, Chile seguramente experimenta, de acuerdo a su PIB, más pérdidas económicas que los países de mayores ingresos debido a que la mayoría de las pérdidas en los sectores de medianos y bajos ingresos no están aseguradas. En los países de altos ingresos, casi la mitad de las pérdidas están aseguradas. Pero en el nuestro es menos del 5%. El costo total de las pérdidas económicas debido a eventos climáticos extremos (marejadas, huracanes, inundaciones, incendios forestales, sequías, aluviones, etc.) alcanzó a 129.000 millones de dólares en 2016. Un 99% de éstas pérdidas fueron en países con ingresos bajos no asegurados.

### 3.2 Informe Especial del IPCC sobre Calentamiento Global SR1,5

El IPCC está realizando su sexto ciclo de evaluación y su último informe periódico se dio a conocer el 8 de Octubre recién pasado (WMO/UNEP, 2018). En él se resumen “*los impactos del calentamiento global de 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero*”. Se enmarca en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el marco del desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza (SR1,5). En su elaboración participaron cerca

de cien expertos de 44 países. Se basa en más de 6.000 referencias científicas, revisando los efectos de un incremento hasta 1,5°C y los compara con los de una subida hasta 2°C.

Después de analizar los documentos y las políticas de reducción de emisiones que presentaron los gobiernos en 2016-2017, el IPCC llegó a la conclusión que debido a la oposición de las grandes empresas que aún utilizan combustibles fósiles sumada a la lentitud de los gobiernos, el calentamiento subiría a 3°C al año 2100. Hasta la publicación de este informe se consideró moderadamente seguro no superar una elevación de 2°C. Pero investigaciones recientes han obligado a redefinir el límite de seguridad estableciendo que debe ser 1,5°C. Por tal razón, el informe plantea que es urgente ejecutar acciones “rápidas, profundas y sin precedentes”. La tarea será titánica, con cambios rápidos en la forma que funcionan los gobiernos, las industrias y las sociedades.

¿Qué significa esta diferencia de 0,5°C? Denota que la humanidad tendrá que reducir obligatoriamente antes de 2030 las emisiones de carbono en todo el planeta, en al menos un 49% de lo que se emitió en 2017. En otras palabras, en los próximos dos años se tendrían que cerrar todas las centrales termoeléctricas a carbón y reemplazarlas por fuentes renovables, ya que las grandes inversiones suelen tener un ciclo de vida de al menos una década. Más aún, tendría que ser obligatorio reducir a cero todas las emisiones de carbono para el año 2050. Solo así se frenaría el cambio climático. De fracasar, los efectos serán devastadores y afectarán a millones de personas.

El Informe del IPCC señala también como “de alta confiabilidad”, que en el 2040, si sube a 1,5°C, el 14% de los habitantes del planeta estarán expuestos a olas de calor mortales; peor si sube a 2°C, ese porcentaje subiría al 37%, con un efecto enorme sobre las migraciones. Los costos financieros serían gigantescos. Las temperaturas en días calurosos extremos en latitudes medias podrían aumentar en 3°C con 1,5°C, pero en un escenario de 2°C subiría a 4°C. Con 2°C, se degradarían ecosistemas en alrededor del 13% de la superficie terrestre, aumentando el riesgo de extinción para insectos, plantas y animales. Mantener el calentamiento a 1,5°C reduciría ese riesgo a la mitad.

Cada tonelada extra de carbono que emitamos a partir de ahora será una tonelada que tendrá que limpiarse antes de fines de siglo. De allí, que sea importante debatir quién pagará por ello, y si es correcto que la industria de los combustibles fósiles y sus clientes disfruten hoy de los beneficios y

esperen que la próxima generación pague por limpiarlos. Al respecto, el IPCC recomienda como instrumento económico óptimo poner un precio a las emisiones de CO<sub>2</sub> para controlar el calentamiento (Nordhaus, 2013). En la actualidad, más de 40 gobiernos de todo el mundo, incluida la Unión Europea, Chile y el Estado de California, han puesto un precio al carbono, pero les ha resultado políticamente difícil establecer un precio lo suficientemente alto como para generar reducciones significativas. En Chile la Política Energética 2050 Bachelet-Pacheco auspicia seguir por esta senda y multiplicar la generación eléctrica con energías renovables. El mundo tendrá que seguir esta misma vertiente. Al respecto, el IPCC recomienda aumentar la instalación de sistemas de energía renovable, como la energía eólica y solar hasta llegar a cubrir en 2050, el 70–85% de la electricidad del mundo. Otra medida indispensable será expandir la cobertura de bosques para aumentar la capacidad natural para extraer CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

#### **4. CONTAMINACIÓN Y SALUD**

---

En la Región Metropolitana, vive casi el 40% de la población chilena. Es una aglomeración urbana ubicada en un valle con muy mala ventilación y, por ende, muy mala calidad del aire. Las concentraciones de partículas que resulta de la combustión de los autos, motos y buses es alta. Las mediciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO, 2017) que comparan las partículas PM10 y las más finas, PM2,5 muestran altos índices. Las partículas PM2,5, en suspensión, de menos de 2,5 micrómetros (100 veces más delgadas que un cabello humano) son las mejores indicadoras de la calidad del aire ya que son las más peligrosas para la salud porque penetran elementos como sulfato, nitrato o carbón en el sistema cardiovascular o en los pulmones.

Varias ciudades chilenas están sometidas a una elevada contaminación ambiental, ruidos molestos, saturación de lagos, turbiedad del agua e incluso presencia de metales pesados en las personas por sobre el rango normal. Son los problemas que tienen que lidiar día a día miles de chilenos que viven en comunas saturadas, zonas de sacrificio ambiental o en estado de alerta por la contaminación como Concón, Quintero, Puchuncaví, Til Til, Coronel, Pucón y Villarrica. Aunque se controla la contaminación del aire en Santiago no es verdad que ocurra lo mismo en otras ciudades chilenas identificadas por la OMS en la lista de las 20 ciudades más contaminadas de América. Se ha

reportado que Coyhaique es la ciudad más contaminada de América. En estos estudios (OMS/WHO, 2017) se identifica la concentración promedio anual de PM<sub>2,5</sub> de 10 Mg/m<sup>3</sup> como la máxima aceptable. En Chile varias ciudades superan esta cifra: Coyhaique tiene un promedio anual de 64 Mg/m<sup>3</sup>, Padre las Casas y Osorno llegan a 35 Mg/m<sup>3</sup>, Temuco y Andacollo a 31 Mg/m<sup>3</sup> y Rancagua, a 30 Mg/m<sup>3</sup>. En la Región Metropolitana el promedio anual es de 29 Mg/m<sup>3</sup> (principal fuente son los vehículos a combustión), pero sube a valores muy altos en los meses fríos porque al igual que Coyhaique, Padre de las Casas y Temuco (calefacción a leña) y Andacollo (camiones mineros que levantan polvo) en invierno hay poco viento y la inversión térmica es muy fuerte.

#### 4.1 Efectos sobre la fertilidad

Nuevas investigaciones científicas están demostrando que el aire contaminado podría ser determinante en la reducción de la fertilidad en mujeres y hombres por igual, e induce a abortos espontáneos. En nuestro país las autoridades ambientales y de salud no se han preocupado de correlacionar la incidencia de casos de infertilidad y los índices de exposición a la contaminación atmosférica de las personas afectadas. Más allá de las enfermedades respiratorias o de los tumores de pulmón, cuya vinculación con la mala calidad del aire conocida, no disponemos de información si se están realizando investigaciones sobre cómo la contaminación atmosférica ha afectado por años la fertilidad de sus pobladores en Santiago y otras ciudades altamente contaminadas (Coyhaique, Temuco, Andacollo, Rancagua, Padre de las Casas, Concón, Quintero, Puchuncaví, Til Til, Coronel, Pucón y Villarrica).

Las investigaciones sobre el tema se iniciaron en Europa y Asia hace pocos años, por lo cual no es posible aseverar resultados definitivos avalados en miles de casos, durante muchos años y en un buen número de ciudades investigadas. La Sociedad Americana de Medicina Reproductiva ha sido pionera al encomendar estos estudios a científicos del Servicio de Ginecología y Obstetricia del Hospital del Mar y a los del Grupo de Investigación en Infertilidad del Instituto Hospital del Mar de Investigaciones Médicas (IMIM), en Barcelona, España. Se realizaron dos revisiones sistemáticas de la literatura científica mundial (Checa Vizcaíno et al., 2016).

La primera revisión, analizó el impacto de la contaminación del aire sobre la fertilidad masculina y femenina a través de varios elementos

contaminantes: las partículas finas (PM<sub>10</sub> y 2,5, por sus siglas en inglés), el dióxido de nitrógeno, el dióxido de sulfuro y el monóxido de carbono. La investigación corroboró que las partículas finas —las PM<sub>2,5</sub> que están suspendidas en el aire en estado líquido y sólido y, al inhalarse, pasan a los bronquios (pueden provocar cáncer) y al torrente sanguíneo, generan en el caso de la reproducción asistida que haya menos recién nacidos vivos y más abortos espontáneos.

La segunda revisión se centró en el impacto sobre la calidad del semen tras evaluar la exposición a los mismos parámetros de contaminación. Se revisaron casos analizados en 17 países en los cuales los pacientes estaban sometidos a altos niveles de contaminación. Todos sufrieron daños en el número, movilidad y deformidad de los espermatozoides. Estudios más específicos encontraron que el ADN de estos espermatozoides se encontraba fragmentado, es decir, si se rompían las cadenas de ADN, cuando se unen al ovocito, estas cadenas de los dos no se empalmaban bien, bloqueando el proceso de fertilización. Los resultados nos señalan que la contaminación del aire estaría reduciendo la fertilidad e incrementaría el riesgo de abortos espontáneos (Checa Vizcaíno et al., 2016).

En Barcelona se encontró una relación directa entre los niveles elevados de PM<sub>10</sub> y 2,5 y la reducción de tasas de embarazo. Resultados similares se encontraron en EE UU y la República Checa. Se encontró una reducción significativa del número de nacimientos en función de la distancia a los núcleos de contaminación. Al estudiar las parejas que deben recurrir a tratamientos de Fecundación In Vitro (FIV) se encontró que a mayor exposición a la contaminación, menor es la tasa de gestaciones conseguidas. Es decir, la contaminación tiene un impacto decisivo en la fertilidad de la mujer y afecta de manera similar tanto a mujeres fértiles como sub-fértiles. (Checa Vizcaíno, 2016). Desafortunadamente no disponemos de información si se realizan investigaciones similares en Chile. El INE en 2017 indica que hay más de 190.000 mujeres infértiles en Chile entre 25 y 40 años de edad y que este problema afecta actualmente del 15% al 20% de las parejas. Por otra parte, no son sólo las partículas PM sino también el CO<sub>2</sub> los que aumentan el riesgo de abortos en reproducción espontánea y fecundación in vitro cuando las pacientes se exponen a altas concentraciones de este gas.

Otro estudio entre 501 parejas encontró que parejas que viviendo en áreas con niveles bajos

o moderados de contaminación la exposición a PM<sub>2,5</sub> y al ozono durante todo el período de gestación tenía una correlación con pérdidas (Sandie et al, 2018).

Se ha confirmado también que la contaminación del aire está causando infertilidad en un número significativo de parejas (Carré et al, 2017). Se observaron 6.500 hombres (son más accesibles para este tipo de investigaciones) que viven en Taiwán y se encontró que a mayor contaminación disminuía la calidad del semen. El estudio mostró que por cada aumento de Mg/m<sup>3</sup> en PM<sub>2,5</sub>, subía un 26% el riesgo de encontrarse en el 10% inferior del tamaño y forma normales de los espermatozoides. El efecto se encontró cuando el conteo de PM era mayor a 25Mg/m<sup>3</sup>. Tampoco se han encontrado resultados de investigaciones similares en Chile. Sin embargo, es muy preocupante esta ausencia de estudios y datos ya que en Santiago las partículas PM<sub>2,5</sub> en días normales son mayores a 166Mg/m<sup>3</sup> en El Bosque, 124Mg/m<sup>3</sup> en Independencia, 126Mg/m<sup>3</sup> en Cerrillos, 149Mg/m<sup>3</sup> en Cerro Navia, 136Mg/m<sup>3</sup> en Pudahuel, 111Mg/m<sup>3</sup> en Las Condes, y 126Mg/m<sup>3</sup> en Quilicura.

#### 4.2 Circulo vicioso de la contaminación

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación es responsable del 16% de todas las muertes del planeta. Más que el sida, tuberculosis y malaria. Provoca cuatro veces más muertes que estas tres enfermedades juntas: nueve millones al año, casi tantas como todos los cánceres. El aire que inspiran nueve de cada diez humanos está contaminado. Los datos, que se acaban de publicar, son muy similares a los del anterior informe de contaminación del aire de 2016. En estos dos últimos años no ha habido progresos significativos. (WHO/OMS, 2017).

De acuerdo a “La Cuenta Regresiva de El Lancet” (Watts, 2017) cada dólar invertido en EEUU para combatir la contaminación genera 30 dólares de beneficios. Desde 1970 se han destinado 65.000 millones de dólares a este empeño y han regresado 1,5 billones. El problema es quién soporta los costos y quién recibe los beneficios. En el fondo se trata de un problema grave de ética y moral (Lane, 2016). Si se cierra una empresa o si se rechaza un Proyecto Minero porque es muy contaminante, muchas veces la población local reacciona protestando por la falta de empleos. No reconocen los beneficios de la disminución de la contaminación. Para muchos es preferible trabajar y tener qué comer, que respirar aire puro. Y tienen

razón. Pero hay que reconocer que para las autoridades esa no puede ser la vía hacia el desarrollo sostenible ni tampoco una disyuntiva moralmente aceptable. No se puede pretender salir del subdesarrollo con zonas de sacrificio ambiental, en las cuales las personas de ingresos bajos estén consignadas a sobrevivir respirando aire altamente contaminado.

La contaminación es también una batalla contra ideas equivocadas o lugares comunes. Por ejemplo, “la contaminación acumulada sí nos afecta, pero es el peaje obligatorio a la prosperidad”. Una mentira perversa a la cual se acude permanentemente. Países ricos, como EE UU, llevan cinco décadas luchando contra la contaminación mientras su PIB crecía un 250%. En Chile se hacen muy pocas inversiones para la protección de la salud y el medioambiente, nada comparable con lo que se requiere. Las enormes pérdidas económicas que provoca la contaminación pasan en muchas ocasiones inadvertidas porque no se asocian con el problema. Y están ahí. Por ejemplo, en las naciones desarrolladas, la contaminación representaba en 2015 unos 53.000 millones de dólares en horas laborales perdidas por diversas enfermedades. ¿Cuánto es en Chile?

## 5. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS PARA LA ACCIÓN

---

### 5.1. Cambio climático

Si en el corto plazo no reducimos nuestras emisiones de CO<sub>2</sub> contribuiremos irresponsablemente a que en el planeta el calentamiento supere el límite de los 2,0°C en algún momento entre 2030 y 2052, y ese sería el comienzo del desastre. Contamos con un pronóstico muy juicioso de parte del IPCC sobre la gravedad de la situación. Si no lo conseguimos, sería el peor fracaso de nuestra civilización. Ese es el mensaje profundo de los informes del IPCC y de El Lancet. Tenemos los instrumentos y contamos con el impulso que nos da el conocimiento científico. Lo que nos falta es la voluntad política para pasar a la acción inmediata

Sin duda, el cambio climático es uno de los problemas más grave que jamás se haya presentado a la humanidad. Queda muy poco tiempo para asumir las medidas que deben aplicarse tanto para frenarlo como para mitigar sus efectos. Por tal razón es imprescindible aplicar de inmediato medidas correctivas de adaptación dirigidas a descarbonizar nuestra economía de aquí al año 2030. Es lo más importante. Con las tecnologías



disponibles en el mercado mundial tenemos que aplicar medidas concretas de mitigación, seguidas de programas de adaptación que nos aseguren una transición energética que vaya gradualmente dejando atrás el consumo de los combustibles fósiles. Esta es la única vía segura para combatir el cambio climático y sería recomendable tratarlo en conjunto particularmente con las políticas de salud, medioambiente y desarrollo sostenible. De aquí en adelante, no habrá espacio para la desidia o la inacción, tampoco para aceptar declaraciones destempladas de los grandes intereses de la industria de los combustibles fósiles y los agro-negocios que apoyan a políticos apáticos u opuestos a la acción climática. Es preciso desenmascarar a los políticos irresponsables, corruptos e inescrupulosos (Lane, 2016).

El sistema económico lineal que se viene aplicando en nuestro país (extracción, fabricación, utilización y eliminación) ya no es el adecuado, alcanzó su fin. Hoy la prioridad es fomentar un sistema económico más verde, más circular, con mínimas emisiones, menos residuos y más reciclaje. Tenemos que adaptarnos al cambio climático incorporando los elementos de la economía verde, economía digital, transición energética, inteligencia artificial, genómica y robótica (Acaravci y Ozturk, 2010; Chang y Carballo, 2011).

Una meta digna de aquí al año 2035 sería el uso exclusivo de vehículos eléctricos para la movilización colectiva y particulares en el centro urbano de la Región Metropolitana. Para conseguirlo, sería apropiado conceder incentivos, por ejemplo, permitiendo importaciones masivas de vehículos eléctricos sin aranceles, reduciendo o incluso anulando los cobros de estacionamiento a las personas que cambien sus autos de combustión. Estas acciones inmediatas por sus efectos prácticos, serían un tipo de inversiones con efecto multiplicador para combatir la contaminación del aire y emisión de CO<sub>2</sub>. Serían complementarias a las que se hacen en el campo del saneamiento, la salud y recintos hospitalarios. Contribuirían directamente a mejorar la calidad del aire en Santiago y la salud de sus habitantes.

## 5.2 Contaminación del aire

No se puede buscar soluciones a la contaminación del aire en Chile sin vincular salud, medioambiente y justicia social. Es quizás ésta una de las razones por la cual no se han obtenido progresos significativos en las últimas décadas. Los datos lo demuestran. Casi el 90% de las muertes relacionadas con la contaminación en Santiago son las

enfermedades causadas por la contaminación del aire. En Junio, Julio y Agosto son los meses de los resfríos y las gripes, causados por virus como la influenza, el respiratorio sincicial y el adenovirus, y las muertes se concentran en los pobres, los desamparados y los sin casa. No es raro que las comunas más contaminadas y con peor calidad del aire sean Pudahuel y Cerro Navia.

En los meses más fríos ocurren los sistemas frontales con lluvias intensas y nieves que con cada año más frecuentes. Los cálculos mundiales muestran que las pérdidas debido a la menor productividad alcanza hasta el 1,9% de la riqueza de los países afectados. Y pocos parecen encontrar lo obvio en sus análisis: la gente enferma o muerta no puede contribuir a la economía. Un primer paso será ubicar el tema de la contaminación del aire entre los prioritarios de la agenda gubernamental y legislativa. Aún hay mucho que mejorar y perfeccionar, en especial en materia de normas y estándares. Las respuestas a los serios problemas de contaminación del aire no son las pre-emergencias y emergencias ambientales, o el cese de actividades o las restricciones vehiculares.

Otra cuestión crucial es conocer a la brevedad los efectos de la contaminación del aire sobre la fertilidad de la pareja chilena. Sus efectos en la calidad del semen, estudiar si en mujeres fértiles reduce la tasa de fertilidad y aumenta el riesgo de aborto espontáneo. En el caso de mujeres que recurren a técnicas de fecundación in vitro (FIV), conocer cómo les impacta el aire contaminado de Santiago, si les reduce el número de nacimientos y si les provoca más abortos espontáneos. Sería deseable que este tipo de investigaciones se inicien pronto para toda la población entre 18 y 40 años de las seis ciudades más contaminadas de Chile: Coyhaique, Temuco, Andacollo, Rancagua y Padre de las Casas y la Región Metropolitana.

Se requiere, asimismo, iniciar campañas masivas de apoyo a la gestión ambiental participativa, diseñadas en colaboración con todos los actores sociales y bien financiadas para atender el control y prevención de la contaminación como prioridad nacional. Se tiene que combatir la contaminación del aire de la misma forma que hemos luchado contra la pobreza y las enfermedades. La buena noticia es que se puede solucionar, la mala es el enorme costo.

Por último, no podemos dejar de mencionar un asunto que en nuestro país es urgente revisar a fondo: la frágil institucionalidad y la ineficaz legislación ambiental. Ante la ausencia de una política nacional ambiental que las sustente,

tanto legislación como institucionalidad se bloquean ante cualquier crisis. Una muestra palpable fue la ineptitud de liderar acciones correctivas ante el conflicto socio-ambiental de Quintero-Puchuncaví en Agosto 2018. Una cuestión que sería inconcebible en un país que hubiese incluido realmente la gestión medioambiental como una nueva función del Estado. Por eso resulta esencial que de aquí en adelante se establezcan metas cuantificables y verificables en consulta con todos los actores, ONGs, empresas, gobiernos locales y regionales, parlamentarios y la ciudadanía organizada. En este marco, la reglamentación que se establezca a través del derecho ambiental tiene que transformarse en un instrumento rector. Para contextualizar dos ejemplos: tanto el principio de “quien contamina paga” así como “la eliminación de los subsidios y exenciones de impuestos para las industrias contaminantes”, tendrán que ejecutarse sin excepciones.

## REFERENCIAS

1. Acaravci A. y Ozturk I. (2010). On the relationship between energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35, 5412 – 5420.
2. Carré, J. y N. Gatimel, et al. (2017). Does air pollution play a role in infertility?: A systematic review. *Environmental Health Journal*, 16, 82.
3. Chang, C. y Carballo CFS. (2011). Energy conservation and sustainable economic growth: the case of Latin America and the Caribbean. *Energy Policy*, 39(7), 4215–4221.
4. Checa Vizcaíno, M.A. et al. (2016). Outdoor air pollution and human infertility: a systematic review. *Fertility and Sterility*, 106(4), 897–904.
5. *Climate Science Special Report* (2017). *Climate Science Special Report (CSSR): 4th National Climate Assessment, Vol 1.*, Washington, DC: US Global Change Research Programme. Recuperado de: <https://science2017.globalchange.gov/>
6. Flannery T. (2007). *El clima está en nuestras manos. Historia del calentamiento global*. Madrid, España: TaurusMinor Ediciones.
7. Gómez T. y Romanillos, P. (2012). El cambio climático. Pasado, presente y futuro de un mundo nuevo. Barcelona, España: Editorial Océano, S.L.
8. Keeling, Ch.D. (1960). The concentration and Isotopic Abundance of Carbon Dioxide in the Atmosphere. *Tellus*, 12, 200-203.
9. Lane, M. (2016). Political Theory on Climate Change. *Annu. Rev. Polit. Sci.*, 19, 107–23.
10. Nordhaus, W. (2013). *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*. USA: Yale University Press.
11. Sandie H., et al. (2018). Ambient air pollution and the risk of pregnancy loss: a prospective cohort study. *Fertility and Sterility*, 109(1), 148–153.
12. Stern, L.C. (2007). *El Informe Stern: la verdad sobre el cambio climático*. Barcelona, España: Paidós.
13. Watts, N., et al. (2017). *The Lancet Countdown on Health and Climate Change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health*, Elsevier Ltd.
14. Weart, S. (2003). *The Discovery of Global Warming*. Massachusetts, USA: Harvard University Press, Cambridge.
15. WHO/OMS (2017). *WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database*. Geneva
16. Recuperado de: [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/)
17. WMO/UNEP (2018). *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Special Report of Global Warming SR1.5. Recuperado de: <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>