

ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN DEL EMPEORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA REGIÓN METROPOLITANA Y SU POSIBLE RELACIÓN CON EL AUMENTO DE CASOS DE COVID-19.

ANALYSIS OF THE MEASUREMENT OF THE DETERIORATION OF AIR QUALITY IN THE METROPOLITAN REGION AND ITS POSSIBLE RELATION TO THE INCREASE IN CASES OF COVID-19.

Sra. Priscilla Aranguiz¹

RESUMEN

En pleno siglo XXI, el mundo se encuentra amenazado ante una infección naciente llamada Coronavirus, que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha denominado COVID-19. A fines de enero del año 2021, el Comité de Emergencias de la OMS declaró el brote de COVID-19 como una "Emergencia de salud pública de importancia internacional"

Este estudio analizó factores ambientales que inciden en las enfermedades respiratorias especialmente la relación con en el COVID-19, mediante el uso de información geoespacial. El área de estudio comprende la región metropolitana de Santiago. Los datos geoespaciales utilizados como base cartográfica para el desarrollo de los mapas son extraídos de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN.

Palabras claves: Coronavirus, Organización Mundial de la Salud (OMS), factores ambientales, enfermedades respiratorias, datos geoespaciales.

ABSTRACT

In the midst of the 21st century, the world is threatened by an emerging infection called Coronavirus, which the World Health Organization (WHO) has dubbed COVID-19. At the end of January 2021, the WHO Emergency Committee declared the COVID-19 outbreak a "Public Health Emergency of International Concern".

This study analyzed environmental factors affecting respiratory diseases, especially the relationship with COVID-19, using geospatial information. The study area comprises the metropolitan region of Santiago. The geospatial data used as a cartographic base for the development of the maps are extracted from the Library of the National Congress of Chile/BCN.

Keywords: Coronavirus, World Health Organization (OMS), environmental factors, respiratory diseases, geospatial data.

¹ Laboratorio Biocellix

INTRODUCCIÓN

El sostenido crecimiento económico que ha tenido Chile en los últimos años ha traído consigo un gran incremento en la actividad productiva e industrial, esto ha dado lugar a impactos sobre el medio ambiente que, en la mayor parte de los casos, no han sido dimensionados (CONAMA, 2000)

La cantidad de contaminantes que se pueden encontrar en el aire, especialmente en las áreas urbanas, es enorme e incluye desde gases volátiles hasta partículas pesadas de sílice. Por ello, hemos tratado de incluir dos grandes grupos en el concepto de contaminantes atmosféricos: los denominados "contaminantes índice", ya que generalmente se asocian a la contaminación atmosférica urbana, y otro grupo de contaminantes que se estudian por separado por sus efectos particulares, su peligro y su origen conocido. Entre los primeros se encuentran el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO y NO²), el dióxido de azufre (SO²), el ozono (O₃) y las partículas en suspensión. Estos últimos incluyen plomo (Pb), vanadio (Va), cromo (Cr), amianto (As), hidrocarburos (Hc), arsénico (Ar) y otros que se estudian según el caso particular de cada medio humano. (Mario Muñoz V, 1985)

En Chile, la primera regulación que estableció estándares de calidad del aire se dictó el año 1978, a través de la Resolución N° 1.215, del Ministerio de Salud, denominada "Normas sanitarias mínimas destinadas a prevenir y controlar la contaminación atmosférica". La resolución incluyó niveles permitidos de calidad de aire para los contaminantes: monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y partículas totales en suspensión (PTS) (Resolución N° 1215).

Con la idea de mejorar la calidad de nuestro medio y disponer de manera eficaz de información sobre el comportamiento de los contaminantes críticos, se creó en enero de 1988, la primera Red de Monitoreo de la Calidad del Aire y variables Meteorológicas, denominada red MACAM, con que contó la Región Metropolitana. En 1995 se habilitaron tres nuevas estaciones semiautomáticas para medir todos los días el material particulado, con el objetivo de aumentar la sensibilidad para la toma de decisiones de protección de la salud de la población. (UC.cl, s.f.)

Actualmente, la Ley General del Medio Ambiente (Ley N° 19.300, reformada por Ley N° 20.417/2010, ambas de la Secretaría Regional del Ministerio de la Presidencia) prevé en el artículo 32 la existencia de dos tipos de estándares de calidad: primario y secundario ambiental. Los estándares de calidad primarios son los de calidad ambiental cuyo objetivo es proteger la salud de la población humana del país. Los estándares de calidad secundarios están diseñados para proteger y proteger el medio ambiente o la naturaleza y son locales y no necesariamente nacionales. (SINCA, 2020)

Una definición más precisa de norma primaria y secundaria es la que se establece en artículo 2° de la Ley:

Norma Primaria de Calidad Ambiental: aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población.

Norma Secundaria de Calidad Ambiental aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

La Región Metropolitana fue declarada zona saturada de ozono (O₃), material particulado respirable (PM₁₀), material particulado en suspensión (MPS) y monóxido de carbono (CO) y zona latente con dióxido de nitrógeno (NO₂), a través de DS N131/1996 de 12 de junio de 1996 por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (SEREMI, 2018)

La norma del Ministerio del Medio Ambiente, que fija un límite de 20 µg/m³ (microgramos de material particulado fino por metro cúbico de aire) para material particulado fino (MP_{2,5}), de 150 µg/m³ de material particulado respirable (MP₁₀), el monóxido de carbono (CO) tiene un límite de

concentración de 8 horas permitido de 9 ppm [10 mg/m³N] (miligramos por metro cúbico normal) (BCN, 2015).

Existe una estrecha correlación entre la presencia de contaminantes y el desarrollo de enfermedades respiratorias. Numerosos estudios clínicos han demostrado los efectos nocivos del polvo y los gases emitidos por fuentes móviles e inmóviles, que afectan la salud humana a través de una amplia gama de enfermedades. Algunos ejemplos son el aumento de la frecuencia de cánceres de pulmón, dificultades respiratorias severas, muertes prematuras, irritación de áreas mucosas como ojos y nariz, ciertas condiciones médicas en asmáticos, enfermedades cardiovasculares, entre otras. (Balmaceda, 2016).

La naturaleza estacional de las enfermedades respiratorias se ha cronificado desde los tiempos de los antiguos griegos, quienes ya notaron que tales enfermedades subían en invierno y bajaban durante las épocas más cálidas. La ciencia moderna ha sido capaz de identificar el aire frío y seco como un factor de propagación de este tipo de virus, como el SARS-CoV-2, el aire frío y seco de invierno hace que tales virus sea una triple amenaza. (Infosalud, 2020)

Según investigadores indio-alemán la humedad relativa influye fuertemente en la propagación de virus entre las personas en interiores, especialmente en habitaciones secas. Una humedad de al menos el 40 por ciento en los edificios públicos y en el tráfico local, por lo tanto, no solo reduciría los efectos del COVID-19, sino también los de otras enfermedades virales como la gripe estacional. (Mishra, 2020)

En Santiago actualmente existen 11 estaciones oficiales de monitoreo de calidad del aire para cubrir 15.403,2 km², de las cuales 10 están operativas; Cerrillos, Cerro Navia, El Bosque, Independencia, La Florida, Las Condes, Pudahuel, Puente Alto, Quilicura, Parque O'Higgins y Talagante, esta última se encuentra offline debido a trabajos en el entorno y son de propiedad del Ministerio del Medio Ambiente (SINCA, 2020).

El 31 de diciembre de 2019, la Oficina de País de la OMS en China fue informada de los casos de neumonía de etiología desconocida (causa desconocida) detectados en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei de China. La ciudad de Wuhan es un importante centro de transporte con una

población de más de 11 millones de personas. La mayoría de los pacientes visitaron un mercado local de pescado y animales salvajes el mes pasado. En una conferencia de prensa nacional celebrada hoy, el Dr. Jianguo Xu, académico de la Academia China de Ingeniería, que dirigió un equipo científico, anunció que un nuevo tipo de coronavirus, nombrado provisionalmente por la Organización Mundial de la Salud como el nuevo coronavirus 2019 (2019-nCoV), había causado este brote. (XINHUANET, 2020)

Para el 12 de enero del 2020, no se habían reportado más casos relacionados y se asumió que el centro de propagación había sido el mercado ya cerrado, o que posiblemente se habían contagiado en el hospital (infección nosocomial). Se le asignó a la enfermedad el nombre de COVID-19, causada por el 2019-nCoV, y se pensó erróneamente que no era altamente contagioso, ya que no había registro de infección persona-persona. Concluyendo que la transmisión era por vías desconocidas durante la estadía hospitalaria. Para este momento, solo se les había realizado pruebas a las personas que presentaban sintomatología. (2020, s.f.) Tan solo diez días después, un total de 571 casos habían sido reportados en 25 diferentes provincias en toda China, mientras que en la provincia de Hubei las muertes habían alcanzado a 17, y se mantenían 95 pacientes en estado crítico. Se realizó un estimado según el Modelo de Enfermedades Infectocontagiosas del Centro de Colaboración de la OMS y la proyección alcanzaba a 4.000 posibles contagiados, pudiendo llegar a casi 10.000. (Lu, 2020)

A partir de ahí, el número de pacientes contagiados fue aumentando exponencialmente en China continental, y para el 30 de enero se habían reportado 9.692 casos en toda China y 90 casos en diferentes países incluyendo Taiwán, Tailandia, Vietnam, Malasia, Nepal, Sri Lanka, Camboya, Japón, Singapur, la República de Corea, Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos, Filipinas, India, Iran, Australia, Canadá, Finlandia, Francia y Alemania. (Rothan H., 2020)

El primer reporte de caso en el continente americano surgió el 19 de enero 2020 en el estado de Washington, en Estados Unidos; un paciente masculino de 35 años, con una historia de tos y fiebre, acudió a un centro de salud solicitando atención médica. En sus antecedentes estaba un

viaje de visita familiar a Wuhan, China. (Holshue M). El 26 de febrero el Ministerio de Salud de Brasil, reporta el primer caso de COVID-19 en Suramérica; un hombre de 61 años de São Paulo, con historia reciente de viaje a Lombardía, Italia, presentó síntomas leves y fue sometido a cuarentena. (Paulo., 2020)

El 3 de marzo llega a Chile la primera persona infectada con COVID-19. Desde hace un mes viaja a varios países del sudeste asiático, principalmente Singapur, país donde se manifiesta la enfermedad, con 110 casos confirmados y ningún fallecimiento a la fecha. (MINSAL, 2020).

En relación con la transmisión e incubación del virus, se cree que el periodo de incubación después de la exposición podría ir entre los 2 a 14 días, con un promedio de 5 a 7 días. La transmisión de humano a humano, incluido en el entorno intrahospitalario, ha sido documentada de forma recurrente para otros coronavirus emergentes, como el SARS y el MERS-CoV. La comprensión actual sobre cómo se propaga el virus que causa la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) se basa en gran medida en lo que se sabe sobre coronavirus similares.

Para controlar los brotes en la mayoría de los escenarios, el rastreo de contactos es altamente efectivo y el aislamiento de casos es suficiente para controlar un nuevo brote de coronavirus en tres meses. Sin embargo, el factor 'agilidad' juega un papel imprescindible. La probabilidad de control disminuye con largos retrasos desde el inicio de los síntomas hasta el aislamiento. Los expertos explican que se determinan menos casos por rastreo de contacto y aumenta, por tanto, la transmisión antes de los síntomas. (Health, 2020)

Actualmente se están realizando pruebas de diagnóstico para este virus mediante la reacción en cadena de la polimerasa con transcripción inversa (RT-PCR). Y RT-PCR en tiempo real (rRT-PCR). Son un tipo de prueba diagnóstica que se viene utilizando desde hace años en diversas crisis de salud pública relacionadas con enfermedades infecciosas. Estas pruebas se han utilizado desde los primeros días del brote de la pandemia de coronavirus. Al realizar una prueba de diagnóstico mediante PCR, se puede detectar un fragmento del material genético de un patógeno o microorganismo. La PCR, que es de

uso común y rutinario en los laboratorios de microbiología de hospitales, centros de investigación y universidades, se basa en las propiedades de estabilidad térmica de una enzima polimerasa. (Médica, 2020).

Los pacientes afectados por la infección por COVID 19 a menudo experimentan complicaciones graves, como insuficiencia orgánica, shock séptico, edema pulmonar, neumonía grave y síndrome de estrés respiratorio agudo, que en varios casos son fatales. (Médica, 2020).

En la actualidad, pese a que muchos países ya han autorizado el uso de la vacuna Pfizer-Biontech para iniciar procesos de vacunación, la pandemia está aun lejos de controlarse, ya que para que un proceso de vacunación sea eficaz, al menos el 60% de la población debe estar vacunada, cifra que estimaciones optimistas estiman como a mediados del 2021, por lo que aún es necesario mantener el control de la pandemia, es por ello que aún es necesario comprender los modos de transmisión de COVID-19 para desarrollar medidas de control efectivas. Los estudios epidemiológicos han llevado a los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) a suponer que la transmisión de persona a persona del SARS-CoV-2 se produce principalmente por vía respiratoria gotitas o el contacto con superficies contaminadas. En los entornos como las instalaciones sanitarias, el conocimiento de los modos de transmisión y la adopción de las precauciones respiratorias son factores clave en el control de las infecciones. Los estudios de la contaminación asociada con los pacientes de COVID-19 son necesarias para mejorar nuestra comprensión de los modos de transmisión del SARS-CoV-2. Sin embargo, se dispone de pocos informes de casos. Es por ello que este trabajo plantea los siguientes objetivos general y específicos:

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La Región Metropolitana de Santiago tiene una población total estimada de 7. 112. 808 en 2017, una población urbana de 6. 892. 411 en el mismo año y una superficie de 15. 554,5 km², que corresponde al 85,7%. terreno montañoso, 11% en terrenos agrícolas y 3. 3% en áreas urbanas. Es una región mediterránea entre

los Andes y la costa, donde predominan los relieves montañosos, abarcando una vasta y extensa cuenca aérea, Santiago, hacia el centro de la región. Al norte, de los Cerros de Chacabuco la separa de la región de Valparaíso y, al sur, los cerros Angostura y Chada (en Paine) limitan con la región del General Libertador Bernardo O'Higgins. La Cuenca de Santiago limita al este con las estribaciones de los Andes con cerros que se encuentran a 3. 200 metros sobre el nivel del mar. (Cerro Ramón). En el oeste, la Cordillera de la Costa alcanza alturas superiores a los 2. 000 m. s. l. (Cerros Roble Alto), interrumpido por el valle del río Maipo, que abre la cuenca hacia el suroeste. Más al sur, el macizo de Alhué (Cerro Cantillana) se eleva por encima de los 200 m. Los

cerros que rodean el llano central restringen severamente la circulación del viento y, por lo tanto, la circulación del aire en la piscina. En tiempos de estabilidad atmosférica, los contaminantes quedan atrapados en la cuenca de la ciudad de Santiago. (MINSEGPRES, 2002)

División político-administrativa de la Región Metropolitana: La división político-administrativa de la región está compuesta por provincias: Chacabuco, Cordillera, Maipo, Melipilla, Santiago y Talagante. Y un total de 52 comunas, con características de campo (rural) y urbanas (Santiago, Cordillera, Colina). Como se muestra en la tabla 1 a continuación 1 (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo).

Provincia	Capital	Municipalidad
Chacabuco	Colina	1.- Colina 2.- Lampa 3.- Tiltil
Cordillera	Puente Alto	4.- Pirque 5.- Puente Alto 6.- San José de Maipo
Maipo	San Bernardo	7.- Buin 8.- Calera de Tango 9.- Paine 10.- San Bernardo
Melipilla	Melipilla	11.- Alhué 12.- Curacaví 13.- María Pinto 14.- Melipilla 15.- San Pedro
Santiago	Santiago	16.- Cerrillos 17.- Cerro Navia 18.- Conchalí 19.- El Bosque

		20.- Estación Central 21.- Huechuraba 22.- Independencia 23.- La Cisterna 24.- La Granja 25.- La Florida 26.- La Pintana 27.- La Reina 28.- Las Condes 29.- Lo Barnechea 30.- Lo Espejo 31.- Lo Prado 32.- Macul 33.- Maipú 34.- Ñuñoa 35.- Pedro Aguirre Cerda 36.- Peñalolén 37.- Providencia 38.- Pudahuel 39.- Quilicura 40.- Quinta Normal 41.- Recoleta 42.- Renca 43.- San Miguel 44.- San Joaquín 45.- San Ramón 46.- Santiago 47.- Vitacura
Talagante	Talagante	48.- El Monte 49.- Isla de Maipo 50.- Padre Hurtado 51.- Peñaflor

Tabla 1: Esta tabla muestra la división político-administrativa del área metropolitana, Chile, en la que se llevó a cabo este trabajo. Nuestro trabajo se centra en el análisis de los municipios. Fuente: Datos obtenidos de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.

Determinación de los infectados por el SARS-CoV-2 (COVID-19): Los casos de los infectados por COVID-19, en el período comprendido entre el 1º de marzo y el 1º de junio de 2020, se obtuvieron del informe diario publicado por el Ministerio de Salud de Chile. La ubicación específica de los infectados por la comuna se obtuvo del informe epidemiológico emitido por el mismo ministerio, que también se publica en su sitio web. <https://www.minsal.cl/nuevo-coronavirus-2019-ncov/casos-confirmados-en-chile-covid-19/>

Obtención de datos de calidad del aire: Fueron proporcionados por el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SIMCA). De las estaciones de la RED MACAM que están en Santiago; Cerrillos, Cerro Navia, El Bosque, Independencia, La Florida, Las Condes, Pudahuel, Puente Alto, Quilicura, Parque O'Higgins y Talagante.



Figura 1: Esta figura muestra las estaciones de monitoreo presentes en la ciudad de Santiago. Estas estaciones están numeradas de la siguiente manera: (1) Providencia, (2) Independencia - Recoleta y (5) Parque O'Higgins, son representativas del área céntrica de Santiago; la (3) La Florida - Peñalolén registra la calidad del aire en el sector oriente y surorientado; la (4) Las Condes - Vitacura, el sector oriente y nororientado; la estación (6) Pudahuel-Cerro Navia evalúa el sector poniente; la (7) Cerrillos - Maipú mide la contaminación en el área sur poniente y la (8) El Bosque - Lo Espejo se ubica en el sector sur de Santiago.. La estación de Quilicura mide la zona norte; Las estaciones Independencia, Parque O'Higgins, son representativas del área céntrica de Santiago; La Florida registra la calidad del aire en el sector oriente y surorientado; Las Condes el sector oriente y nororientado; la estación Pudahuel, Cerro Navia evalúa el sector poniente;

Cerrillos mide la contaminación en el área sur poniente y El Bosque se ubica en el sector sur de Santiago. La estación de Talagante se encuentra OFFLINE. Fuente: Red MACAM, Ministerio de Medio Ambiente

Obtención de datos de temperatura: Los datos fueron obtenidos desde la Dirección General de Aguas (DGA), de la pagina oficial de Ministerio de Obras Públicas (MOP)

Obtención de datos agua caída: La obtención de la información hidrometeorológica de la provincia de Santiago fue obtenida de la Dirección General de Aguas (DGA), de la página oficial del Ministerio de Obras Públicas (MOP)

Obtención de datos de humedad relativa: Fueron proporcionados por el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SIMCA).

RESULTADOS

Material particulado ($MP_{2,5}$ y MP_{10}): Una de las primeras comparaciones que se hizo en este trabajo fue el de analizar los valores reportados para material particulado contaminante MP_{10} y $MP_{2,5}$ en el año 2019 y 2020. Como se puede observar en la figura 2, en el año 2019, tanto el material particulado $MP_{2,5}$ y MP_{10} reportado fue mayor al del año 2020 en el mismo periodo. El material particulado MP_{10} se mantiene bajo la norma establecida de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ambos periodos, pero al contrario el material particulado $MP_{2,5}$ que está por sobre la normativa que establece un rango de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

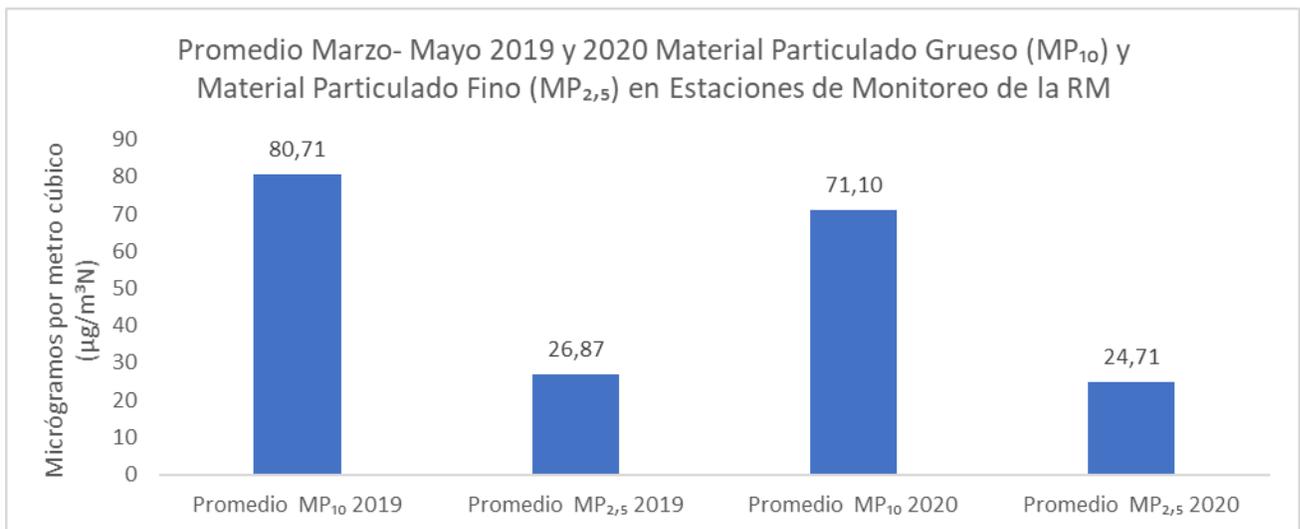


Figura 2: Gráfico que muestra el promedio de las mediciones de las estaciones de monitoreo que existen en la región metropolitana de los meses de marzo, abril y mayo, de material particulado grueso (MP_{10}) y material particulado fino ($MP_{2,5}$) de los años 2019 y 2020. Fuente: Elaboración propia, utilizando datos de las estaciones de monitoreo años 2019 y 2020.

En relación con la concentración del material particulado PM_{10} , es importante mencionar que existen estaciones de monitoreo sólo en algunas comunas de la Región metropolitana. Las comunas que poseen estación de monitoreo se representan con colores verdes en la figura 3. Este color en particular fue elegido ya que en ninguno de los 3 meses en los cuales se realizó

este estudio, el valor permitido para este parámetro sobrepasó el límite normado ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como concentración de 24 horas. En este sentido es importante mencionar que igual existen comunas con valores más altos, los cuales se obtuvieron en las comunas de Cerro Navia, Santiago Centro y Pudahuel con una concentración máxima de $88,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de mayo (colores verdes más oscuros).

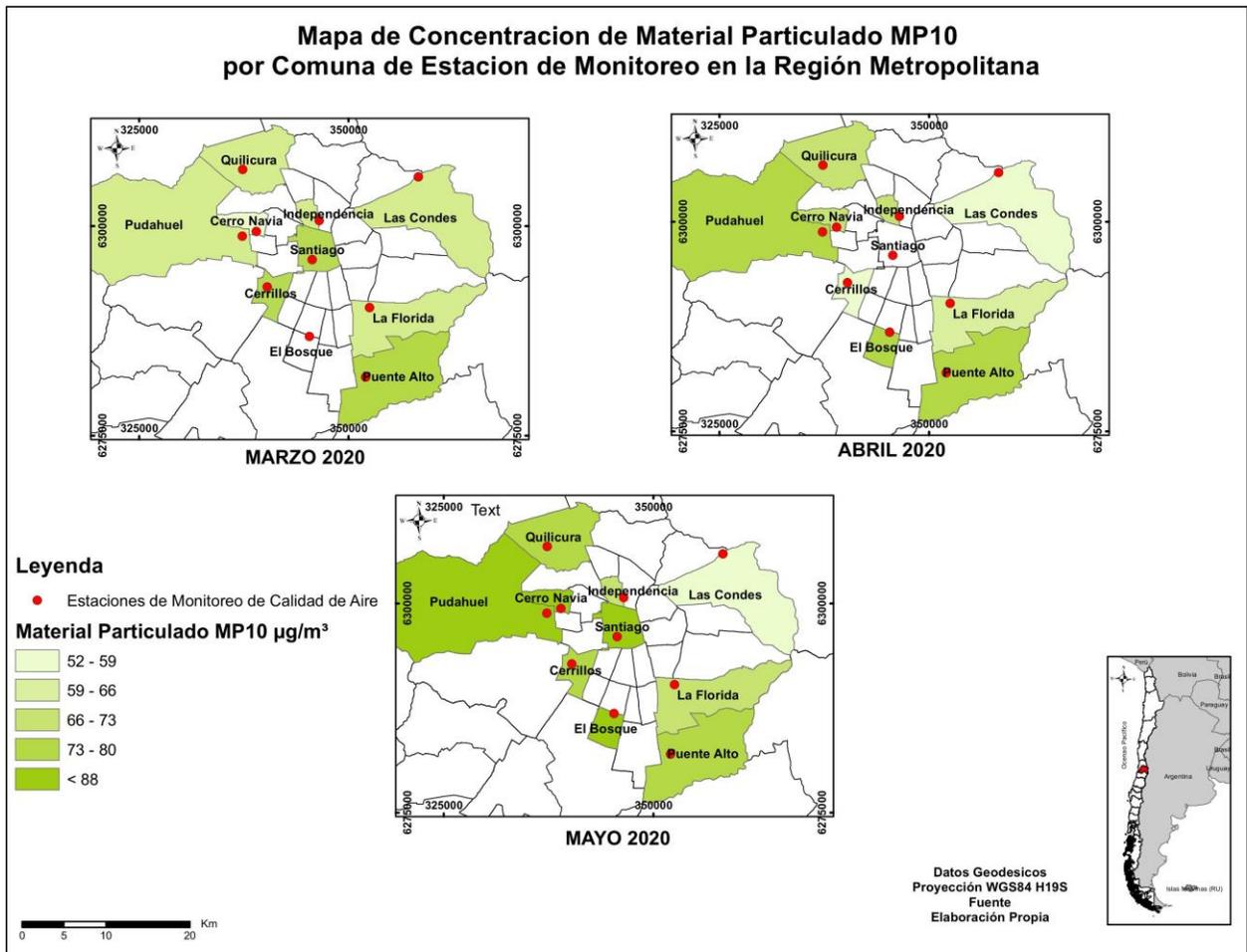


Figura 3: Esta figura, representa las estaciones de monitoreo presentes en el gran Santiago destinadas a la medición de PM10. Se observan las mediciones obtenidas para el mes de marzo, abril y los valores obtenidos durante el mes de mayo. Es importante destacar que en ninguna de estas estaciones se sobrepasaron los límites permitidos, por lo cual se eligió color verde para representarlos. Fuente: Elaboración propia, utilizando datos de las estaciones de monitoreo durante los meses marzo-mayo 2020.

Otro parámetro para medir durante este trabajo fue el material particulado $\text{MP}_{2,5}$, en relación con éste podemos mencionar es un contaminante atmosférico que corresponde a aquellas partículas líquidas o sólidas que se encuentran en suspensión, son 100 veces más delgadas que un cabello humano el cual corresponde y su origen es principalmente de las actividades humanas, como las emisiones de los vehículos diésel. Este material particulado a diferencia de lo observado para el PM10 en la figura 3 sí sobrepasó los límites permitidos durante el periodo analizado. Es así como podemos ver que, en el mes de marzo, sólo la comuna de El Bosque sobrepasó la norma

teniendo un $\text{MP}_{2,5}$ de $20,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo que la norma dice que el límite es de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio tri-anual de las concentraciones anuales. Pero luego en el mes de abril la situación cambia radicalmente ya que las comunas de Quilicura, Independencia, Santiago Centro, La Florida, Puente Alto, Pudahuel, Cerro Navia y El Bosque exceden el límite, pero ya en mayo la situación es mucho peor ya que las 10 comunas que tienen estación de monitoreo superan el límite, siendo la comuna de Cerro Navia con concentraciones que sobrepasan los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es por esta razón que para la realización de los mapas se eligió colores rojos para su visualización.

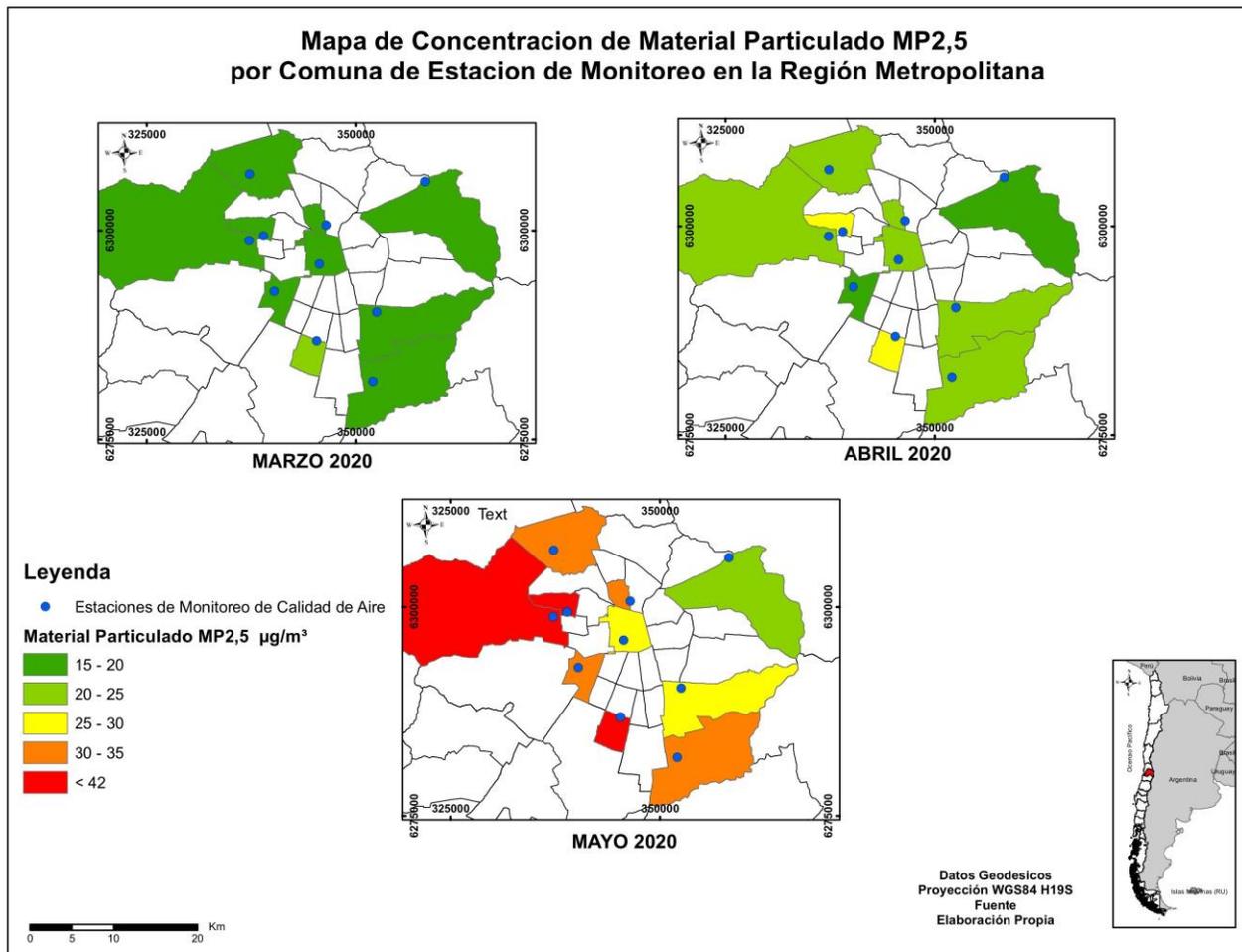


Figura 4: Figura que representa las estaciones de monitoreo presentes en la región metropolitana que miden material particulado MP_{2,5}. Los mapas aquí mostrados representan el índice de MP_{2,5} en las comunas donde existe Estación de Monitoreo en la región metropolitana. Se observan las mediciones obtenidas para el mes de marzo, abril y los valores obtenidos durante el mes de mayo. Es importante destacar que este material particulado sobrepasa la norma permitida. En marzo sólo algunas lo sobrepasan, mientras que en abril y mayo la situación es diametralmente opuesta, donde el número de comunas que lo sobrepasa aumenta considerablemente, por lo cual se eligió color verde para representarlos. Fuente: Elaboración propia, utilizando datos de las estaciones de monitoreo durante los meses marzo-mayo 2020.

Monóxido de Carbono (CO): Otro parámetro a determinar en este trabajo fueron los niveles de CO, en relación con este, es importante mencionar que la exposición al monóxido de carbono, ya que puede causar enfermedades cardíacas, así como cáncer de pulmón, enfisema y otros problemas respiratorios, puede agravar las afecciones respiratorias causadas por la exposición química. Aunque lleve mucho tiempo fumando, si deja de fumar hoy su riesgo de sufrir problemas de salud será reducido. Incluso se ha determinado que la exposición diaria a 34,4 mg/m³ (30 ppm) de monóxido de carbono es equivalente a fumar 20

cigarrillos al día. En relación con el monitoreo en línea de las concentraciones ambientales de CO se presenta como promedios móviles de 8 horas, basados en el monitoreo continuo de este contaminante. La información se actualiza cada 1 hora y los registros pueden cambiar una vez que han sido validados operativamente por el operador de la estación, los que serán dispuestos en SINCA una vez que éstos sean enviados al MMA. El gráfico siguiente representa los índices de concentración de monóxido de carbono en los años 2019 y 2020, podemos ver que los valores del año 2020 son un poco menores que los del

2019, manteniéndose siempre bajo la norma establecida que dice no debe superar la

concentración de 9 ppm (10mg/m³N).

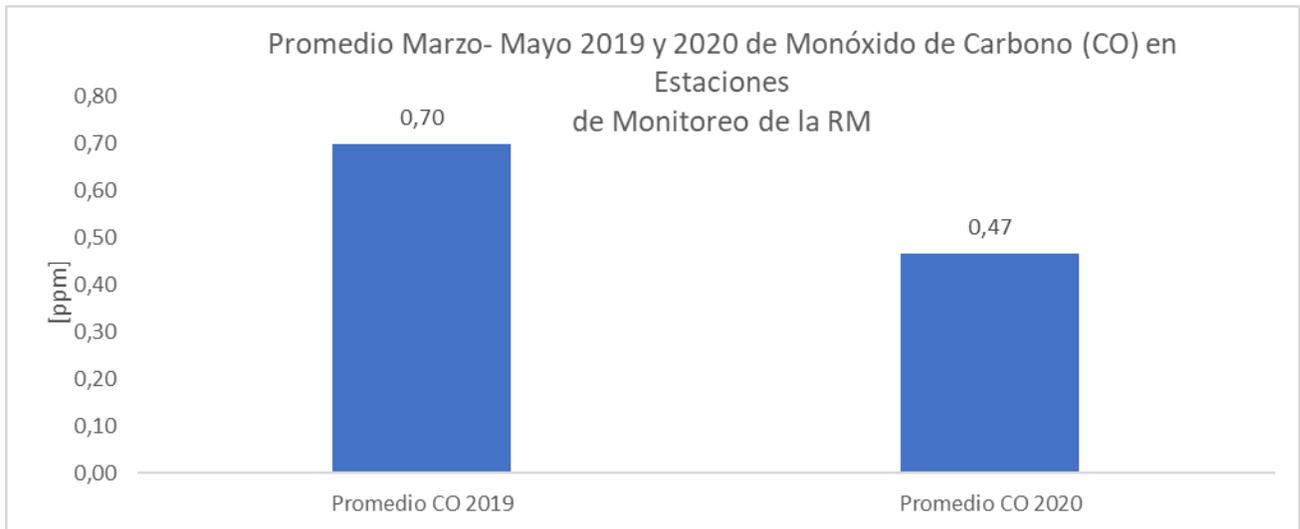


Figura 5: Gráfico que muestra el promedio de las mediciones de las estaciones de monitoreo que existen en la región metropolitana de los meses de marzo, abril y mayo, de monóxido de carbono. En el gráfico se puede observar el promedio de concentración de monóxido de carbono CO, en el periodo de marzo, abril y mayo, el cual nos indica que su concentración es de 0,7 ppm en el año 2019 y 0,47 ppm en el año 2020. Fuente: Elaboración propia, utilizando datos de las estaciones de monitoreo años 2019 y 2020.

En relación con las concentraciones de monóxido de carbono, ninguna de las estaciones supera la 1 ppm. Es importante mencionar eso sí que en aquellas comunas donde se muestra un índice de concentración igual a 0, es porque la concentración determinada se encuentra bajo 0,5 ppm, así ninguna comuna en los 3 meses de estudio sobrepasa el límite normado.

Humedad relativa: Un efecto meteorológico importante a analizar en este trabajo es la humedad relativa, varios estudios indican que un factor importante en la propagación de un virus es la humedad relativa.

Las enfermedades respiratorias siguen patrones temporales, tanto en las latitudes altas como en las bajas. En las latitudes altas se presenta un incremento de los casos en los meses de invierno, en tanto que en los países tropicales se presenta con mayor frecuencia durante la temporada de lluvias. (Dowell SF, 2003)
Los diferentes niveles de humedad relativa pueden afectar la habilidad de propagación del coronavirus SARS-CoV-2 que causa el COVID-19,

reveló la epidemióloga líder de la Organización Mundial de la Salud (OMS) este lunes.

María Van Kerkhove expresó que la baja humedad favorece la supervivencia del virus en las superficies, pero que la humedad muy alta también podría favorecer la circulación de las gotitas respiratorias, permitiéndoles que se queden suspendidas en el aire.

“Hemos estado trabajando con Global Heat Health information Network (Alianza de información mundial sobre el calor y la salud), que está formada por una combinación de investigadores de la OMS, la Organización Meteorológica Mundial y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos. Hemos establecido algunas pautas para la temperatura ideal en los espacios cerrados y con una humedad relativa ideal de entre el 50 y el 60%”. (OMS, 2020).

En la región metropolitana la humedad relativa más alta fueron reportadas en junio y julio (84%). Mientras que el mes con la humedad relativa más bajo es el mes de enero con un 57%. Con la finalidad de analizar la si la humedad relativa pudo

haber influido en el aumento de los contagios durante el periodo marzo-mayo 2020, se recopilaron los datos de la humedad relativa en los meses de marzo, abril y mayo, en las comunas donde se encuentra estación de monitoreo

ambiental, para ello sacamos un promedio mensual ya que la estación de monitoreo genera datos cada 1 hora, los cuales pueden ser observados en la figura a continuación:

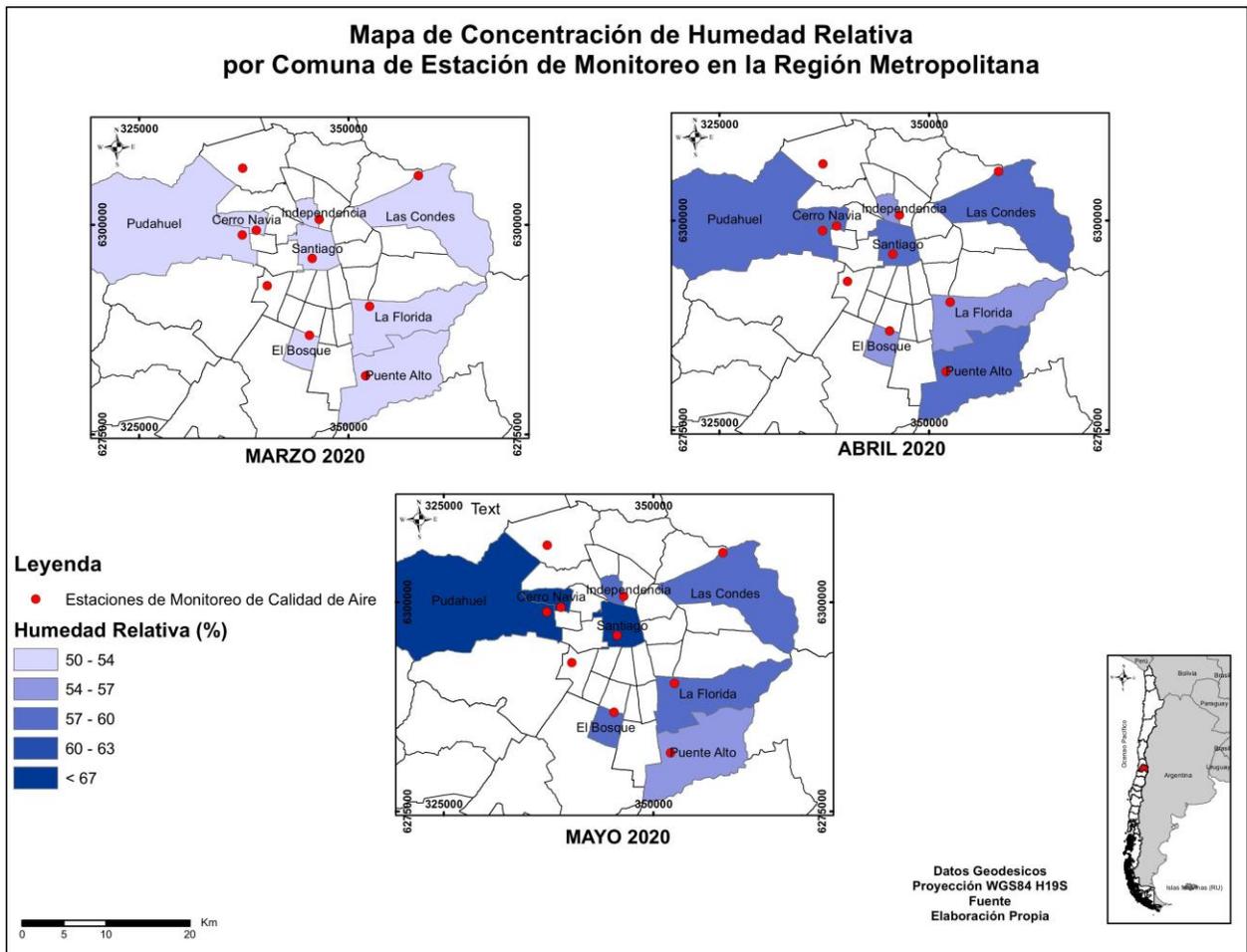


Figura 7: Esta figura representa la humedad relativa en porcentaje en las comunas donde existe estación de monitoreo ambiental (10), en los meses de marzo, abril y mayo. En marzo donde el verano empieza a terminar, pero aun el clima es cálido el promedio de la humedad relativa varía entre un 50,6 % y 55,3 %, ya en abril donde empieza el otoño la humedad relativa empieza a subir llegando al 59,5% en la comuna de Pudahuel, y a fines de mayo ya en pleno otoño y con temperaturas más bajas la humedad relativa empieza a aumentar llegando a 66,4% en la misma comuna de Pudahuel. Las estaciones de Cerrillos y Quilicura no cuentan con información. Fuente: Elaboración propia, utilizando datos de las estaciones de monitoreo durante los meses marzo-mayo 2020.

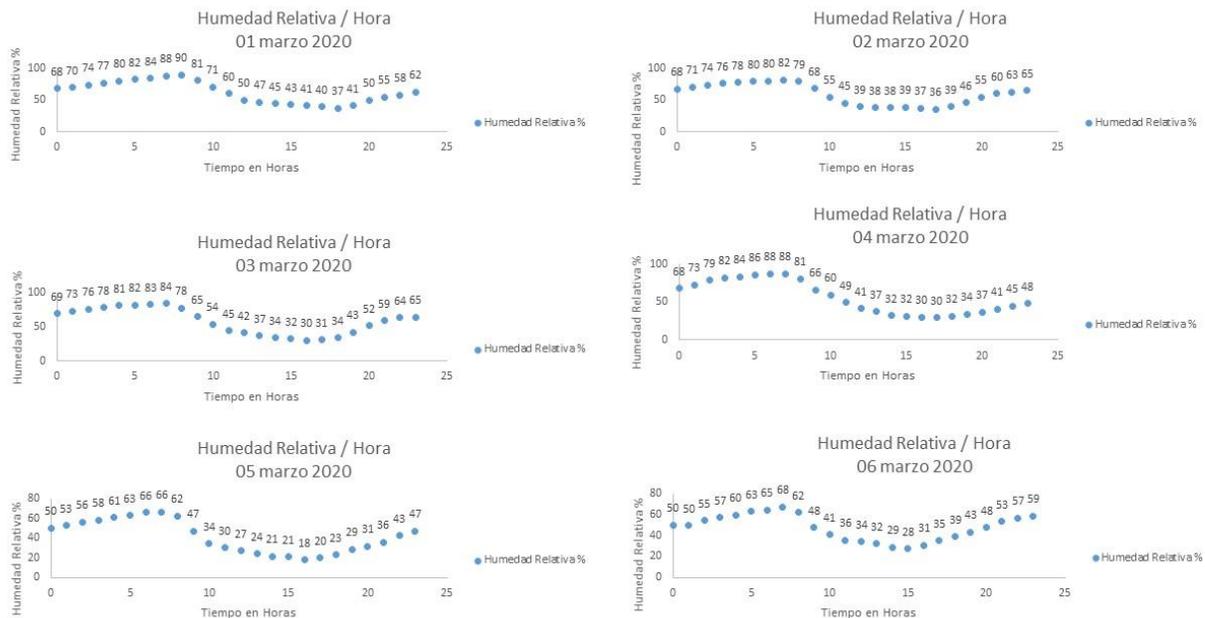


Figura 8: Esta figura representa la humedad relativa y su comportamiento durante el día en la estación de monitoreo que Parque O'Higgins durante los primeros 8 días de marzo 2020, se puede ver en el gráfico que en el eje "X" está el tiempo en horas y en el eje "Y" el porcentaje (%) de humedad. Podemos observar que la que en la madrugada es el momento donde hay un mayor porcentaje de humedad llegando a un promedio de 70 % y en la tarde esta baja considerablemente llegando a un promedio de 35 %. Fuente: Elaboración propia, utilizando datos de la estación de monitoreo de Parque O'Higgins durante el mes de marzo 2020.

Numero de contagiados: Desde el 1 de marzo al 1 de junio, el número de personas infectadas por el Covid-19 ha tenido un comportamiento caracterizado por el incremento de casos diarios. Este incremento fue relativamente bajo entre el 1 de marzo y el 14 de mayo con un número diario de 500 personas infectadas por día, pasando a un incremento de más de 3.000 nuevas personas con infección desde el 15 de mayo al 1 de junio,

distribuidas en todo el país, concentrándose la mayoría de ellas en la Región Metropolitana de Santiago, específicamente en la Provincia de Santiago. La Región Metropolitana representa el 80,97% del total de casos a nivel nacional, lo que se explica, en parte, por ser la región con mayor población, con un total aproximado de 7 millones de habitantes, lo que representa el 45% de la población total nacional.

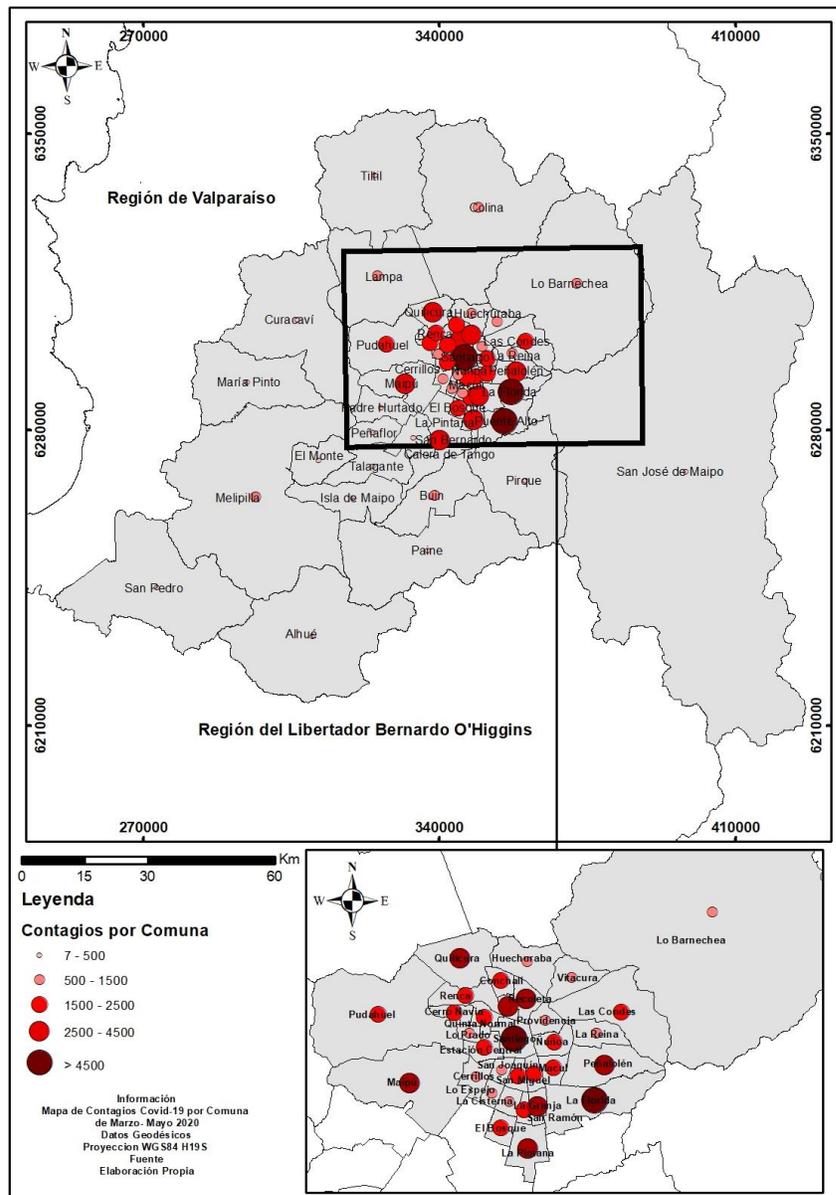


Figura 9: Mapa que representa el número de contagiados por COVID-19 en la región metropolitana desde marzo a mayo, siendo las zonas rojas (comuna de la florida, Puente Alto y Santiago centro) las más afectadas con más de 4.500 casos confirmados a la fecha de la realización de este estudio. Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos desde el informe epidemiológico emitido por el mismo ministerio, que también se publica en su sitio web. <https://www.minsal.cl/nuevo-coronavirus-2019-ncov/casos-confirmados-en-chile-covid-19/> En verde aquellas comunas con bajo número de contagios, mientras que, en rojo, se muestran aquellas comunas que poseen mayor número de contagiados durante el período de estudio de este trabajo.

En este sentido, la figura 8, muestra la distribución territorial de la enfermedad por COVID -19 en las comunas donde existe estación de monitoreo ambiental, podemos ver que en el mes de marzo la comuna de cerrillos tenía 0 contagiados

mientras que la comuna de Santiago y Las Condes los contagios fluctuaban entre los 46 y 181 enfermos. En el mes de abril cerrillos paso a 80 contagiados mientras que Santiago y Puente Alto pasaron a estar entre las comunas con más

casos llegando a tener entre 356 y 764 contagiados. En el mes de mayo las mismas ultimas comunas pasaron a tener un incremento

importante pasando Puente Alto de 764 contagiados a 6698 llegando a un incremento de 3600%

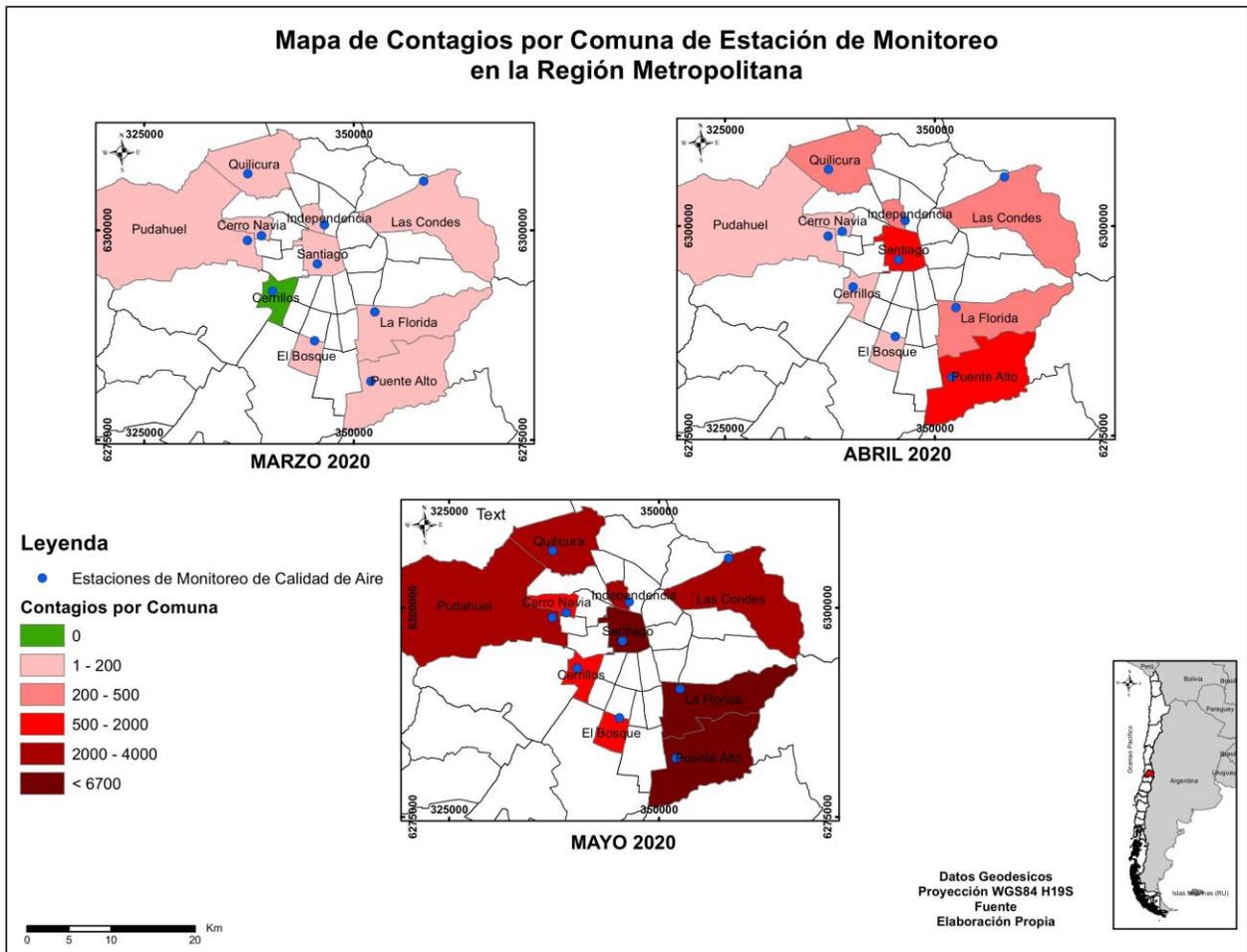


Figura 10: Mapa que muestra el total de contagios de COVID-19 en las comunas donde existe estación de monitoreo ambiental, en los meses de marzo, abril y mayo. Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos desde el informe epidemiológico emitido por el mismo ministerio, que también se publica en su sitio web. <https://www.minsal.cl/nuevo-coronavirus-2019-ncov/casos-confirmados-en-chile-covid-19/>. Fuente: Elaboración propia, en base a la información oficial del minsal.

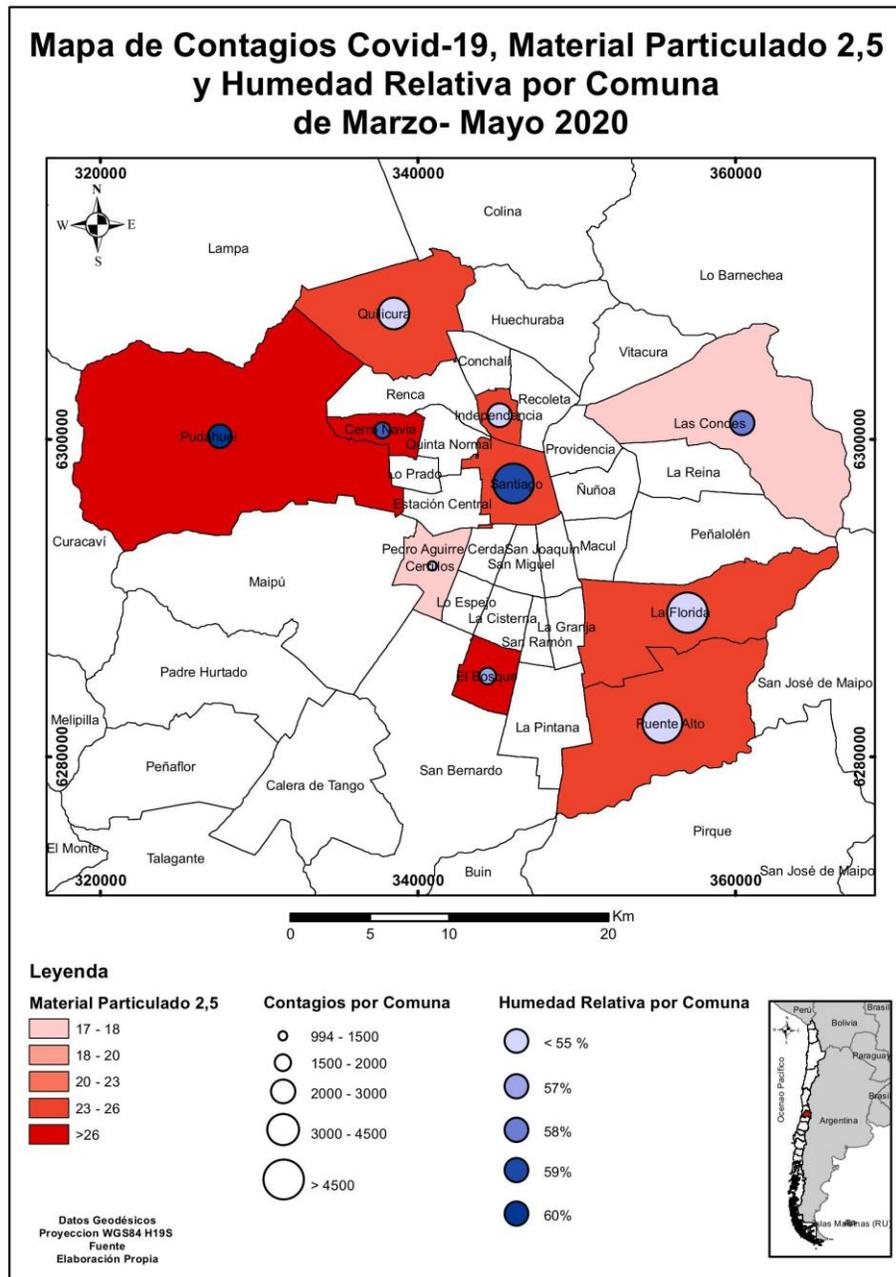


Figura 11: Mapa que representa la cantidad de contagiados por COVID-19, la humedad relativa en porcentaje y la contaminación de MP_{2,5} en las comunas donde existe estación de monitoreo ambiental, entre los meses de marzo y mayo 2020. Fuente: Elaboración propia, utilizando datos de las estaciones de monitoreo durante los meses marzo-mayo 2020, e informes emitidos por el mismo ministerio, que también se publica en su sitio web. <https://www.minsal.cl/nuevo-coronavirus-2019-ncov/casos-confirmados-en-chile-covid-19/>.

DISCUSIÓN

La epidemia de COVID-19 fue declarada una emergencia de salud pública de interés internacional por la OMS el 30 de enero de 2020 y declarada pandemia más tarde el 11 de marzo. Los datos reunidos hasta la fecha indican que el SRAS-Cov-2 se propagó a los seres humanos a partir de animales salvajes que se vendían ilegalmente en el mercado mayorista de Huanan. Más tarde, el análisis filogenético mostró que este nuevo virus es un miembro de la familia coronaviridae, pero diferente del SARS-CoV2 (79% de identidad) y del MERS (50% de identidad). Estos datos son importantes para el desarrollo de mecanismos para bloquear la transmisión, así como para el desarrollo de vacunas.

Es necesario entender los modos de transmisión de COVID-19 para desarrollar medidas efectivas de control, pese a que ya en muchos países se ha autorizado el uso de vacunas, se requiere de al menos un 60-70% de la población inmunizada para que sea visible el efecto de la vacunación. Es así como, los estudios epidemiológicos han puesto su enfoque en la transmisión de persona a persona del SARS-CoV-2 se produce principalmente por vía respiratoria, gotitas o el contacto con superficies contaminadas. Sin embargo, la transmisión remota (> 2 m) por aire se ha sugerido con una frecuencia cada vez mayor. En los entornos de transmisión de alto riesgo, como lo son las instalaciones sanitarias, el conocimiento de los modos de transmisión y la adopción de las precauciones adecuadas, son necesarios para mejorar nuestra comprensión de los modos de transmisión del SARS-CoV-2, en particular los relacionados a la contaminación.

Está bien documentado que la contaminación perjudica a la primera línea de defensa de las vías respiratorias superiores como son los cilios (Cao et al., 2020), por lo tanto, un sujeto que vive en una zona con altos niveles de contaminantes es más proclive a desarrollar enfermedades respiratorias crónicas y adecuados a cualquier. Por otro lado, una exposición prolongada a la contaminación del aire conduce a una inflamación crónica incluso en sujetos jóvenes y sanos

Es importante que hay evidencia epidemiológica respecto de la relación positiva entre la

contaminación del aire (alto nivel de material particulado) en algunas áreas urbanas y la mortalidad debido a enfermedades cardiovasculares y respiratorias, no debiendo olvidar que la infección por SARS-Cov2 (COVID-19) de origen a una enfermedad respiratoria. Además, existe evidencia de que la exposición a contaminantes atmosféricos modula la respuesta inflamatoria del huésped y conduce a una sobreexpresión de citocinas y quimiocinas inflamatorias (Gouda et al).

Se ha demostrado que los factores meteorológicos, incluyendo la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento, pueden estar asociados con la evolución de la transmisión de enfermedades graves el síndrome respiratorio agudo (SARS), y el coronavirus del síndrome respiratorio del Oriente Medio (MERS-CoV) (Donnelly et al., 2003; Nair et al, 2011). Los experimentos de laboratorio han indicado que el SARS-CoV-2 es altamente estable en ambientes fríos pero sensible al aumento de la temperatura (Chin et al., 2020). Las pruebas relativas a los efectos de los factores meteorológicos ambientales en la incidencia/mortalidad de COVID-19 son controvertidas. Algunos estudios epidemiológicos/ecológicos han informado de una asociación negativa entre la temperatura y el número de casos confirmados de COVID-19 en un país concreto, incluida China (J Liu y otros 2020; Qi y otros, 2020; Shi y otros, 2020a), Brasil (Prata y otros, 2020), los Estados Unidos (Runkle y otros, 2020), Turquía (Sahin, 2020) y otros países (Abdollahi y Abdollahi y Rahbaralam, 2020). En contraste, otros Los estudios han observado asociaciones positivas (Ahmadi et al., 2020; Bashir y otros, 2020; Tosepu y otros, 2020; Zhu y Zhu y Xie, 2020) o ninguna asociación (Yao et al., 2020). Esto nos llevó a analizar la humedad relativa y su posible asociación con el aumento de casos de COVID-19, así como también algunos factores de contaminación ambiental.

En relación con nuestros hallazgos, es importante destacar que el promedio de emisión de material particulado tipo PM10 y PM2.5, durante los meses de marzo-mayo, fue menor durante el año 2020 en comparación al mismo periodo del año 2019. Sin embargo, aunque en ambos casos los valores promedio fueron menores, es importante destacar que para la emisión de material particulado 2,5 sí fueron sobrepasados los niveles estándares internacionales permitidos, en particular en los

meses de abril y mayo. Siendo las comunas con más alto nivel de este material particulado la de Cerro Navia, El Bosque, Pudahuel, Quilicura, Independencia, Santiago Centro, La Florida y Puente Alto. Siendo sólo la comuna de Las Condes la única en estar por debajo de los niveles máximos permitidos. Si se analiza el mes de mayo, todas las comunas aumentan la emisión de este material particulado, siendo nuevamente la comuna con menor concentración de este material, pero de igual manera más alto que lo observado en el mes de abril. En relación con el mes de marzo, sólo la comuna de El Bosque presenta niveles elevados de este material. Si se hace el análisis para el material particulado PM10, igual existen comunas que poseen niveles un poco más elevados de este material contaminante. Durante el mes de marzo, las que presentaban niveles un poco más elevados fueron Santiago Centro, Cerrillos, El Bosque, Puente Alto. En abril se suman a las comunas antes mencionadas la de Pudahuel y Cerro Navia y durante el mes de mayo se mantienen las mismas del mes de abril.

Respecto de la emisión de monóxido de carbono, ninguna de las estaciones analizadas en este trabajo supera 1 ppm, aunque aquellas más cercanas a este valor durante el mes de marzo fueron La Florida, El Bosque e Independencia. Durante el mes de abril, se mantienen las mismas comunas antes mencionadas, pero se suman las comunas de Pudahuel y Cerro Navia. Durante el mes de mayo, se mantienen en niveles más altos las mismas comunas que en el mes de abril sin cambios.

Si se analizan los contagios reportados por comunas durante el periodo estudiado, se puede observar que en el mes de marzo las comunas con mayor número de contagiados fueron las comunas de Santiago Centro y las Condes, seguidas por La Florida y Puente Alto. Sin embargo, ninguna de estas comunas está dentro de las que presentan niveles más elevados de material particulado PM10 durante este mes y sólo La Florida presenta niveles un poco más elevados de material particulado del tipo PM2.5.

En el mes de abril, se mantienen las mismas comunas, con altos niveles de contagio y se observa un aumento importante de los casos en Cerro Navia, Pudahuel e Independencia. Durante el mes de mayo bajan los casos en la comuna de Las Condes, pero los casos en Puente Alto, La

Florida, Santiago Centro se mantienen elevados y aumentan los casos en Quilicura, Cerrillos y el Bosque. Nuevamente en este periodo podemos observar que Las Condes se mantiene con casos de contagios elevados pese a que los niveles de material particulado en esa comuna son bajos al igual que los niveles de CO. En el caso de las comunas de La Florida y Puente Alto los casos van en aumento, aunque el material particulado (PM2,5 y PM10) no aumenta considerablemente en estas comunas en este mes. En el caso de Santiago Centro, sí se observa un aumento del material particulado PM10 y PM2,5, no así para CO.

Si se observa lo reportado para el mes de mayo, vemos una disminución del número de contagios en la comuna de Las Condes, lo cual coincide con los bajos niveles de que presenta esta comuna de material particulado PM10 y PM2,5, así como también de CO. Sin embargo, para el caso de Santiago Centro, los casos se mantienen elevados y en aumento, pese a que los niveles de contaminantes de PM2,5 están bajos al igual que los niveles de CO, pero si se encuentran elevados los niveles de PM10. En el caso de Puente Alto, los casos de contagios también van en aumento en el mes de mayo, aunque esta comuna no está entre las cuatro con niveles más altos de ningún material particulado durante este mes. Así como tampoco lo está para los niveles de CO. En el caso de Quilicura, los casos de COVID también van en aumento, en esta comuna además se observa un aumento en la concentración de PM2,5 durante este mes no así para PM10 ni para CO. Por lo que podemos concluir que no hay una relación entre el aumento de los casos de COVID-19 en el área estudiada al menos durante el periodo comprendido entre marzo y mayo de 2020.

Al analizar los datos de la humedad relativa y los contagios durante el periodo de marzo-mayo 2020, resulta interesante destacar que durante el mes de marzo las tres comunas con más casos son de mayor a menor las comunas de Las Condes, Santiago Centro y Pudahuel, las cuales también presentan valores altos de humedad relativa y en el mismo orden decreciente. Lo que puede estarnos revelando una relación entre humedad relativa y el aumento de los contagios. Si analizamos estas mismas variables en el mes de abril, podemos observar que las cuatro comunas con más contagios son en orden

decreciente: Puente Alto, Santiago Centro, La Florida y Las Condes. Estas mismas comunas se encuentran entre las comunas con mayor humedad relativa en ese periodo, siendo la excepción la Comuna de Pudahuel, la cual no aparece entre las cuatro comunas con más contagios en ese periodo, pero si es la que posee la mayor humedad relativa en ese periodo. En el mes de mayo, las comunas con mas casos de contagio son Puente Alto, Santiago Centro, La Florida, seguido del aumento de casos en Independencia, si se analizan los valores de humedad relativa para este periodo se puede visualizar en la figura 7, que las comunas de Pudahuel, Santiago centro, La Florida e Independencia poseen lo mayores valores para esta variable. Interesantemente la comuna de las Condes presenta una disminución de los casos y se encuentra entre las comunas con menor humedad relativa para este periodo, esto puede estar sugiriendo una posible relación entre la humedad relativa y el contagio por COVID, aunque un análisis estadístico se requiere para ver si esto es significativo o no. En relación con el análisis de todas las variables analizadas en este trabajo, se puede observar en la figura 11, donde se puede apreciar claramente que en la comuna de Santiago Centro, se dieron una serie de factores que pudieron haber favorecido el esparcimiento del virus en sus etapas iniciales, como lo son la alta humedad relativa, el material particulado PM2.5, el cual es el más peligroso dado que es capaz de penetrar estructuras profundas del sistema respiratorio, mayor concentración de Monóxido de carbono. Finalmente pero no menos importante es el hecho que la humedad relativa posee variaciones durante el día, encontrándose valores altos de este parámetro en las mañanas y en las tardes, horarios que calzan en el caso de Santiago con las horas punta de entrada y salida desde y hacia los lugares de trabajo, lo que favorecería el contagio entre personas pensando en las aglomeraciones que se producen en los sistemas transporte público, favoreciendo así la acumulación de aerosoles y fómites que pudiesen contener partículas del virus.

Durante mucho tiempo se introdujo el tema de la estacionalidad, sin embargo, la introducción generalizada de la calefacción central y el aislamiento cada vez más hermético de los edificios, causa una desconexión aún mayor del clima exterior diario y estacional fluctuaciones, la

cual se hace más evidente en la época de invierno por la gran divergencia de la temperatura interior y exterior y la humedad relativa (HR). Por otro lado el número de contactos entre personas aumenta significativamente en los días laborables en comparación con fines de semana, mientras que las condiciones climáticas locales como la lluvia, el sol y el frío tienen efectos menores en los contactos. Estos hallazgos contradicen la idea frecuentemente expresada de que la reunión en interiores debido a las desagradables condiciones climáticas tiene un efecto relevante en la estacionalidad de las infecciones. En el mundo industrializado, la mayoría de la gente interactúa, trabaja, duerme, viaja al trabajo y pasa el 90% de su vida en espacios cerrados, donde comparten una cantidad limitada de aire para respirar. Esto implica que la mayoría de los eventos de transmisión de persona a persona ocurren en interiores. Esta evidencia científica es de suma importancia si se considera que las mediciones realizadas en este trabajo se hicieron con mediciones de variables exteriores, por lo que se sugiere hacer estudios de mediciones de algunos de ellos como concentración de CO y humedad relativa en lugares cerrados para determinar el real riesgo de contagio que existen en estos lugares. Los resultados obtenidos por trabajos previos realizados por la escuela estarían de acuerdo con los aquí obtenidos dado que sería el contacto persona-persona, favorecido por las condiciones de vida de algunas comunas, es especial el hacinamiento los que serían determinantes en la diseminación del virus y no tanto los contaminantes atmosféricos al menos en el área aquí estudiada y durante el periodo evaluado.

REFERENCIAS'

ZHU N, ZHANG D, WANG W, LI X, YANG B, SONG J, et al. "A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019". *N Engl J Med*. Vol 382, no 8, 2020, p. 727-33.

LI Q, GUAN X, WU P, WANG X, ZHOU L, TONG Y, et al. "Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia". *N Engl J Med*. Vol 382, no 13, 2020, p. 1199-207.

BAGHERZADEH M, LOEWE N, MOUAWAD RG, BATISTA-FOGUET JM, ARAYA-CASTILLO L, THIEME C. "Spanish Version of the Satisfaction with Life Scale: Validation and Factorial Invariance

Analysis in Chile". *Span J Psychol.* Vol 21:E2, 2018.

PÉREZ CA, ARMESTO JJ. "Coupling of microbial nitrogen transformations and climate in sclerophyll forest soils from the Mediterranean Region of central Chile". *Sci Total Environ.* Vol 625, 2018, p. 394-402.

SIERRA-ALMEIDA A, REYES-BAHAMONDE C, CAVIERES LA. "Drought increases the freezing resistance of high-elevation plants of the Central Chilean Andes". *Oecologia.* Vol181, no 4, 2016, p. 1011-23.

UH JIN Kim, SEUNG YEOB Lee, JI YEON Lee, AHRANG Lee, SEUNG EUN Kim, OK-JA Choi, JI SUK Lee, SEUNG-JUNG Kee, and HEE-CHANG Jang. "Air and Environmental Contamination Caused by COVID-19 Patients: A MultiCenter Study".

GOUDA MM, SHAIKH SB, BHANDARY YP. "Inflammatory and Fibrinolytic System in Acute Respiratory Distress Syndrome. Lung". Vol 196, no 5, 2018, p. 609-16.

CONTICINI Edoardo, FREDIANI Bruno, CARO Dario. "Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy?"

YU Cao, MIAO Chen, DAN Dong, SONGBO Xie, MIN Liu., "Environmental pollutants damage airway epithelial cell cilia: Implications for the prevention of obstructive lung diseases".

MIYU Moriyama, WALTER J. HUGENTOBLER, and AKIKO Iwasaki., "Seasonality of Respiratory Viral Infections". *Annu. Rev. Virol.* Vol 7, no 2. 2020, p. 1-2.19

ABDOLLAHI, A., RAHBARALAM, M., "Effect of temperature on the transmission of covid19: a machine learning case study in Spain". *medRxiv.* Año 2020.

AHMADI, M., SHARIFI, A., DOROSTI, S., JAFARZADEH, GHOUSHCHI, S., GHANBARI, N., "Investigation of effective climatology parameters on covid-19 outbreak in Iran". *Sci. Total Environ.* Vol 729, 2020, 138705.

BASHIR, M.F., MA, B., KOMAL, B., BASHIR, M.A., TAN, D., BASHIR, M., "Correlation between climate indicators and covid-19 pandemic in New York, USA". *Sci. Total Environ.*, 138835, 2020.

CHIN, A.W.H., CHU, J.T.S., PERERA, M.R.A., HUI, K.P.Y., YEN, H.-L., CHAN, M.C.W., et al., "Stability of sars-cov-2 in different environmental conditions". *The Lancet Microbe* 1, e10. Año 2020.

DONNELLY, C.A., GHANI, A.C., LEUNG, G.M., HEDLEY, A.J., FRASER, C., RILEY, S., et al., "Epidemiological determinants of spread of causal agent of severe acute respiratory syndrome in Hong Kong". *Lancet.* Vol 361, 2003, p. 1761-1766.

NAIR, H., BROOKS, W.A., KATZ, M., ROCA, A., BERKLEY, J.A., MADHI, S.A., et al., "Global burden of respiratory infections due to seasonal influenza in young children: a systematic review and meta-analysis". *Lancet.* Vol 378, 2011, p. 1917-1930.

LIU, J., ZHOU, J., YAO, J., ZHANG, X., LI, L., XU, X., et al., "Impact of meteorological factors on the covid-19 transmission: a multi-city study in China". *Sci. Total, Environ.* Vol 726, 2020, 138513.

PRATA, D.N., RODRIGUES, W., BERMEJO, P.H., "Temperature significantly changes covid19 transmission in (sub)tropical cities of Brazil". *Sci. Total, Environ.* Vol 729, 2020, 138862.

RUNKLE, J.D., SUGG, M.M., LEEPER, R.D., RAO, Y., MATHEWS, J.L., RENNIE, J.J., "Short-term effects of weather parameters on covid-19 morbidity in select us cities". *J. Popul. Econ.* Vol 33, 2020, p. 1127-1172. 140093.

SAHIN, M., "Impact of weather on covid-19 pandemic in Turkey". *Sci. Total, Environ.* Vol 728, 2020, 138810.

SHI, P., DONG, Y., YAN, H., LI, X., ZHAO, C., LIU, W., et al., "The Impact of Temperature and Absolute Humidity on the Coronavirus Disease 2019 (Covid-19)". *Outbreak - Evidence from China.* Año 2020.

QI, H., XIAO, S., SHI, R., WARD, M.P., CHEN, Y., TU, W., et al., "Covid-19 transmission in Mainland China is associated with temperature and humidity: a time-series analysis". *Sci. Total, Environ.* Vol 728, 2020, 138778

- TOSEPU, R., GUNAWAN, J., EFFENDY, D.S., AHMAD, O.A.I., LESTARI, H., BAHAR, H., et al., "Correlation between weather and covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia". *Sci. Total Environ.* Vol 725, 2020, 138436.
- YAO, Y., PAN, J., LIU, Z., MENG, X., WANG, W., KAN, H., et al., "No association of covid-19 transmission with temperature or uv radiation in chinese cities". *Eur. Respir. J.* Vol 55, 2020, 2000517.
- ZHU, Y., XIE, J., "Association between ambient temperature and covid-19 infection in 122 cities from China". *Sci. Total, Environ.* Año 2020, 138201
- CUI Guo, YACONG Bo, CHANGGING Lin, HAO BI Li, YIQIAN Zeng, YUMIAO Zhang, MD SHAKHAOAT Hossain, JIMMY W.M. Chan, DAVID W. Yeung, KIN-ON Kwok, SAMUEL Y.S. Wong, ALEXIS K.H. Lau, XIANG QIAN Lao. "Meteorological factors and COVID-19 incidence in 190 countries": *An observational study.* Año 2020.
- 2020, W. W. (s.f.). <https://www.who.int/csr/don/12-january-2020-novel-coronavirus-china/en/>.
- ARTEAGA, J. D. "Contaminación Atmosférica en Chile: Antecedentes y políticas para su control". *Medio Ambiente, ecología y salud pública.* Año 2001. Obtenido de <http://www.usach.cl/ima/cap9.htm>
- BALMACEDA, M. "Normativa de Emisión de Material Particulado Fino (Ley N° 19.300)". Año 2016.
- BCN. (2015). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1057140>
- CHINA, P. o. (01 de 2020). <https://www.who.int/csr/don/05-january-2020-pneumonia-of-unknown-cause-china/en/>.
- CONAMA, 2000. (s.f.). "Estudio de la calidad del aire en regiones urbano-industriales de Chile". *Fase intermedia. Informe de actividades del año 2000. Santiago: Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente.*
- HEALTH, T. L. (2020). [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(20\)30074-7/fulltext#fig3](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(20)30074-7/fulltext#fig3).
- Holshue M, T. (s.f.). <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoA2001191>.
- LU, H. "Drug treatment options for the 2019-new coronavirus (2019-nCoV)". *BioScience Trends.* Año 2020.
- MUÑOZ V. Mario, 1985. (s.f.). "La Contaminación Atmosférica En Santiago, Impacto Sobre La Salud De La Población".
- MÉDICA, G. (2020). <https://gacetamedica.com/investigacion/como-funcionan-y-en-que-se-diferencian-las-pcr-y-los-test-rapidos-de-coronavirus/>. Obtenido de <https://gacetamedica.com/investigacion/como-funcionan-y-en-que-se-diferencian-las-pcr-y-los-test-rapidos-de-coronavirus/>
- MINSAL. (2020). <https://www.minsal.cl/ministerio-de-salud-confirma-primer-caso-de-coronavirus-en-chile/>.
- MINSEGPRES. (2002). "Reformula y Actualiza Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana". Obtenido de http://www.thermal.cl/docs/normas/decreto_58.pdf
- MOP. (2020). <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>.
- PAULO., F. d. (2020). <https://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2020/02/brasil-confirma-primeiro-caso-do-novo-coronavirus.shtml>.
- Resolución N° 1215, 1. M. (s.f.). Obtenido de <http://bcn.cl/1v21v>
- SALUD, S. (2018). Secretaria Regional Ministerial de Salud. Obtenido de <http://airesantiago.gob.cl/balance-1997-2017/#:~:text=La%20Regi%C3%B3n%20Metropolitana%20fue%20declarada,Secretar%C3%ADa%20General%20de%20la%20Presidencia>.
- SERPRAM, 2020. (s.f.). Servicios y Proyectos Ambientales S.A.

SINCA. (2020).
<https://sinca.mma.gob.cl/index.php/pagina/index/id/norma>.

SINCA, 2020. (s.f.). Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire.

TERRAM. (2011).
https://www.terram.cl/2011/11/zonas_saturadas_y_latentes/.

UC.cl. (s.f.). Obtenido de
http://www7.uc.cl/sw_educ/contam/pobl/pobl24.htm

XINHUANET, I. d. (02 de 2020).
http://www.xinhuanet.com/english/2020-01/09/c_138690570.htm.