



**Instituto de
Salud Pública**
Universidad Andrés Bello

Universidad Andrés Bello

Instituto de Salud Pública Andrés Bello

Magister en Salud Pública con Menciones

**Asociación entre casos confirmados de Hantavirus y factores
medioambientales en Chile durante los años 2018 y 2019.**

Por:

Francisca Ávila Chamorro

Javiera Fuentes Ceballos

Julio Sandoval Valenzuela

Carlos Valdés Núñez

Cheryl Villar Pizarro

Profesor Guía:

Jeffrey Thomas Lange

Santiago, Chile

2024

Resumen ejecutivo.

Introducción: Hantavirus es una zoonosis endémica en Chile en la cual el roedor silvestre *Oligoryzomys longicaudatus* conocido como ratón de cola larga actúa como el reservorio del virus. Esta zoonosis ha sido un problema de salud pública desde mediados de los años 90's ya que conduce a la persona infectada a poder desarrollar el síndrome cardiopulmonar por Hantavirus (SCPH) y que un 60% de los pacientes enfermos fallecían. El cambio climático, en términos de variables medioambientales, ha generado impacto en la flora y fauna del país lo que puede incidir directamente en la relación persona - lugar - enfermedad.

Material y método: El estudio corresponde a un diseño ecológico de corte transversal que analiza 107 casos confirmados de enfermedad por Hantavirus ocurridos en los años 2018 y 2019 en Chile y su asociación con factores medioambientales como temperatura, humedad relativa, material particulado y precipitaciones. El grupo de variables se analizó con test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, luego análisis bivariado a través test de Pearson para progresar al análisis multivariado de regresión logística.

Resultados: Los casos confirmados de Hantavirus en Chile durante los años 2018 y 2019 se presentaron entre las regiones de Coquimbo y Aysén, siendo Los Lagos la región con el mayor porcentaje de casos y la región que presenta la mayor incidencia fue la región de Los Ríos. Se identificó mayor presentación de la enfermedad en hombres (70,1%) que en mujeres (29,9%) y el predominio de los casos fue durante los meses de verano (diciembre-marzo). El análisis de las variables medioambientales identificó que las temperaturas más altas y material particulado 2.5 se relacionan con un aumento del número de casos de SCPH. Por su contraparte, la humedad y las precipitaciones no mostraron una relación estadísticamente significativa. Es importante destacar que, al procesar todas las variables en conjunto en el modelo de regresión, se obtiene un $R^2= 0,74$, el cual explica aproximadamente el 74% de la variabilidad de los casos de Hantavirus. Las variables medioambientales en conjunto poseen una relación positiva y con un nivel de significancia estadística adecuado sobre los casos estudiados.

Discusión y conclusión: El modelo estadístico aplicado ofrece una mejor comprensión del complejo fenómeno, al considerar todos los factores, por lo que se puede determinar que existe asociación positiva entre las variables medioambientales y el número de casos de Hantavirus en Chile, y significancia estadística solo con temperatura y MP 2,5. En la observación de las variables de manera individual se encontró que las temperaturas más altas podrían influir en la incidencia de la enfermedad, situación similar con el material particulado 2.5. El cambio climático y el aumento de las temperaturas en zonas agrícolas y de alta flora nativa, asociado a factores situacionales como incendios forestales, factores de polución como grandes obras de construcción y emergencias ambientales podrían potenciar precisamente aquellas variables medioambientales que se asociaron significativamente al número de casos de SCPH. El conocimiento acerca de estas implicancias permite favorecer la política y salud pública para el desarrollo de estrategias preventivas.

Recomendaciones de mejora: Los hallazgos descritos permiten sostener que el clima y los factores medioambientales deben ser considerados en las estrategias de salud pública en la prevención del Hantavirus. La cuantificación del impacto de dichas variables invita a la expansión del trabajo conjunto intersectorial y multidisciplinario para el logro de metas comunes. De acuerdo con la experiencia presentada, la disposición de tecnología para la captación de datos continúa siendo un punto débil que dificulta la absorción de información y posterior análisis. Se considera que las herramientas con las que se cuenta actualmente se pueden mejorar con innovación de tecnología meteorológica asociado a inteligencia artificial, desarrollo en aplicaciones para seguimiento de variables, análisis de síntomas y signos de enfermedad en posibles contagiados, capacitaciones preventivas e implementación de canales de trabajo conglomerado y asociativo que aumente la cobertura de mediciones y que aporte facilidad de posteriores estudios.

Índice

Resumen ejecutivo.	2
Introducción.	5
Marco teórico.	6
Hantavirus.	6
Hantavirus en América Latina	7
Hantavirus en Chile.	8
Factores medioambientales	9
Objetivos.	11
Objetivo general:	11
Objetivos específicos:	11
Planteamiento de hipótesis.	11
Marco metodológico.	11
Material y método.	13
Resultados.	14
Discusión.	18
Conclusión.	19
Propuesta de innovación.	21

Introducción.

Las variaciones medioambientales provocadas por el cambio climático han tenido importantes consecuencias en la flora y fauna de nuestro planeta. No es difícil suponer, que estos cambios han presentado variaciones en el hábitat y la forma de vida de distintos organismos que han debido adaptarse a este para poder sobrevivir.

Muchos de estos seres vivos son portadores y transmisores de virus, bacterias o parásitos y pueden, producto de estos cambios, predisponer a la población a contraer enfermedades. A este proceso transmisible de enfermedad desde un animal vertebrado a un humano bajo condiciones naturales, lo llamamos zoonosis (Dabanch, J.2003).

Una zoonosis de relevancia es la ocurrida por el Hantavirus (*Bunyaviridae*). Virus que causa dos tipos de síndromes en los humanos: Síndrome Cardiopulmonar por Hantavirus (SCPH), limitado en el área de América y, fiebre hemorrágica con Síndrome Renal, presente en el área de Europa, Asia y África (Prist et al., 2017).

En Chile, la enfermedad causada por el Hantavirus surge a mediados de la década de los 90 y se ha mantenido como un problema emergente de salud pública. La situación epidemiológica demuestra que es una enfermedad endémica de tipo estacional (Ministerio de Salud de Chile [MINSAL], 2013) y que la historia natural de la enfermedad en estadios graves, conducen a un shock cardiogénico en la que aproximadamente el 42 al 52 % de los pacientes fallecen (Gegúndez y Lledó, 2005).

Se plantea a continuación la investigación de esta zoonosis endémica, relevante para la salud pública, la cual presenta una elevada mortalidad en más del 50% de los pacientes afectados. El enfoque de estudio se centra en el análisis crítico del enlace entre el huésped y el microorganismo, incorporando la consideración de los efectos medioambientales y cómo se relacionan directamente con el número de casos de enfermedad por hantavirus.

La investigación se enfocará especialmente en las regiones donde se han presentado casos en Chile, siendo estas áreas, representativas para el estudio a nivel nacional. Se seleccionaron los años 2018 y 2019 para profundizar y validar los hallazgos realizados en el estudio “Factores ambientales y síndrome cardiopulmonar por virus hanta en Chile”, el que consideró el período 2015-2017. Este enfoque permite comparar y contrastar los datos y tendencias entre ambos estudios. Además, se eligieron los años 2018 y 2019 en este estudio debido a que corresponden a años pre pandémicos, consecutivos al estudio de referencia y de alto número de casos como se presentó en el año 2019 (n=70), siendo el número más alto después del año 2017 (n=91). Posterior a este año, se observó una disminución de casos de enfermedad por hantavirus con cifras cercanas a los 30 casos anuales.

Además, la investigación busca entender mejor cómo los factores ambientales, potencialmente exacerbados por el cambio climático, pueden influir en la distribución e incidencia del Hantavirus en Chile.

El estudio “Factores ambientales y síndrome cardiopulmonar por virus hanta en Chile” que se tomó como referencia tiene los siguientes resultados: “se determinó una relación positiva y

significativa entre temperatura ambiente y número de casos de Síndrome Cardiopulmonar por virus Hanta y una relación negativa y significativa entre el número de casos de Síndrome Cardiopulmonar por virus Hanta y la humedad relativa. Además, se observó que la temperatura ambiental junto con material particulado 2,5 aumentan significativamente el número de casos de Síndrome Cardiopulmonar por virus Hanta” (Contreras-Matamala y Luengo- Martínez, 2020).

La importancia de esta investigación radica en su capacidad para proporcionar información valiosa que respalde la toma de decisiones en salud pública. Al analizar cómo las variaciones ambientales pueden afectar la incidencia de casos de enfermedad por hantavirus, se espera que los resultados obtenidos contribuyan significativamente a la formulación y mejora de políticas sanitarias en el país.

Marco teórico.

Hantavirus.

El Hantavirus es definido por la Organización Panamericana de la Salud [OPS] (2019) como “una enfermedad zoonótica emergente transmitida por roedores, incluidos ratones y ratas. Se caracteriza por presentar síntomas de fiebre, mialgia y afecciones gastrointestinales, seguidas de un inicio repentino de dificultad respiratoria e hipotensión”.

El agente que causa esta enfermedad pertenece al género Hantavirus, familia *Bunyaviridae*. Existen alrededor de 20 tipos de virus Hanta identificados, a los que se les nombra de acuerdo con el lugar donde han sido encontrados, pudiendo renombrarse posteriormente. Dentro de ellos podemos encontrar el virus Andes con sus variantes: virus Laguna Negra, Río Mamoré, Oran, Lechiguanas y Pergamino; virus Sin Nombre: con sus variantes: virus New York y el virus Monongahela. Una variante del virus Dobrava también se denomina virus Saaremaa. Algunos Hantavirus aún no han recibido nombre (The Center for Food Security & Public Health, 2009).

Clínicamente se describen dos síndromes causados por Hantavirus, siendo uno de ellos aquellos del Viejo Mundo, que se presenta en los continentes de Asia y Europa, y que producen la fiebre hemorrágica con síndrome renal (FHSR). También están los del Nuevo Mundo, que es el síndrome que se ha evidenciado en América y que causan el síndrome cardiopulmonar por Hantavirus (SCPH).

El SCPH ha sido identificado solamente en el continente americano o en viajeros que han visitado este continente (MINSAL, 2013) siendo esta la presentación más común y que puede conducir a la muerte (OPS, 2019). Existe también la forma de presentación leve de la enfermedad en algunos pacientes, la cual se diferencia en que los pacientes evolucionan sin compromiso pulmonar, sin requerimiento de oxígeno y con radiografía de tórax normal (MINSAL, 2018).

La transmisión de la enfermedad por Hantavirus, conocida también como "Hanta" o, de manera coloquial, como "El Hanta", se produce a través de la inhalación de aerosoles provenientes de las heces, orina y saliva de roedores portadores (MINSAL, 2013), por lo que, el mayor riesgo lo tienen las personas que viven en sectores rurales, así también las personas que realizan

actividades recreativas o laborales al aire libre. Otras posibles vías de inoculación son las mucosas conjuntival, nasal o bucal, mediante el contacto de las manos contaminadas con el virus, o el contacto íntimo o estrecho con un paciente especialmente durante la fase prodrómica (MINSAL, 2023).

El período de incubación de la enfermedad por Hantavirus varía entre 5 a 45 días después de la exposición. Las personas enfermas pueden experimentar cefalea, mareos, escalofríos, fiebre y mialgia. También pueden experimentar síntomas gastrointestinales que incluyen náuseas, vómitos, dolores abdominales y diarrea, seguidos de un inicio repentino de dificultad respiratoria e hipotensión (OMS, 2019).

Hantavirus en América Latina

La detección inicial del SCPH en la región de las Américas tuvo lugar en 1993 cuando se produjo una epidemia que incluyó 27 casos en el sudoeste de los Estados Unidos. Sin embargo, un análisis retrospectivo del SCPH pudo identificar casos que han existido desde 1959 en la región (OPS, 2019).

La OPS, indica que existen 13 países en la región de las Américas que tienen áreas endémicas para el Hantavirus. Cada año, hay aproximadamente 300 casos reportados de Hantavirus en las Américas según los datos disponibles (OMS, 2019).

Desde 1993, cuando el virus fue reconocido, y hasta el año 2016, de acuerdo con la información disponible por OPS, se han registrado más de 6.300 casos en países de la región donde la enfermedad está bajo vigilancia—(OMS, 2019). La letalidad por la enfermedad en la región de las Américas alcanza cifras que oscilan entre 40 - 60% (Londoño et al., 2011).

La distribución de Hantavirus está estrechamente ligada a la ecología de sus reservorios, y el entendimiento de la distribución de roedores portadores del virus se convierte en un elemento clave para anticipar la posible aparición de casos humanos (OMS, 2019). La correlación intrínseca entre la distribución del Hantavirus y la ecología de sus reservorios constituye un componente esencial en la comprensión del fenómeno. La declaración sugiere que, para anticipar la eventual emergencia de casos humanos, es imperativo obtener un conocimiento profundo de la distribución de los roedores que actúan como portadores del virus. Este enfoque orientado hacia la ecología de los reservorios subraya la interdependencia crítica entre la geografía y los patrones de comportamiento de los roedores y la propagación del Hantavirus.

La declaración implica una visión avanzada y estratégica al resaltar la importancia de anticipar casos humanos, lo cual va más allá de la mera reacción a eventos ya ocurridos.

Hantavirus en Chile.

El reservorio en Chile para la transmisión de esta zoonosis es el roedor silvestre *Oligoryzomys longicaudatus*, o ratón de cola larga, autóctono de la fauna chilena (MINSAL, 2018).

Este roedor se desplaza principalmente desde la IV región de Coquimbo a Tierra del Fuego, en los bosques con sectores de vegetación herbácea y arbustiva que crece al borde de los potreros y cultivos, siendo una especie transmisora de importantes enfermedades infecciosas como Hantavirus, leptospirosis y enfermedad de Lyme (Murúa, 2017).

En Chile el primer caso se detectó en 1995 en el área sur de la región de Los Lagos, identificándose un nuevo subtipo viral denominado virus Andes (VA), manteniéndose hasta la fecha como una endemia, con aumento en forma estacional de los casos, que se inicia con la primavera (MINSAL, 2018).

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 7/2019, la enfermedad por Hantavirus es de notificación obligatoria e inmediata y puede ser considerada una enfermedad profesional cuando la exposición al virus se produce como consecuencia de actividades laborales (Decreto Supremo N° 73, 2006, artículo 18) (MINSAL, 2018).

Conforme a los hallazgos de la Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2003, la prevalencia de anticuerpos contra Hantavirus Andes, específicamente el subtipo viral conocido como virus Andes, es muy baja a nivel nacional, alcanzando el 0,3%. No obstante, se observa una disparidad significativa entre las áreas rurales y urbanas, siendo la prevalencia siete veces mayor en las zonas rurales (1,10%) en comparación con las áreas urbanas (0,14%) (MINSAL, 2018). Es importante mencionar que en las ENS posteriores a 2003 no se consideró Hantavirus dentro de los temas de relevancia nacional.

Desde 1993 cuando se detectaron los primeros casos en Chile a diciembre del 2017 se han confirmado 1018 casos de enfermedad por Hantavirus (rango de 35-90 casos anuales en los últimos 10 años), afectando principalmente a hombres jóvenes. La mediana de edad de los casos es de 33,2 años (rango de un mes a 83 años). Los menores de 15 años representan el 12% del total de casos (MINSAL, 2018).

En los últimos 10 años, entre 2012 y 2021, la tasa de incidencia anual osciló entre 0,15 y 0,49 casos por cien mil hab. En los años 2017 y 2019 se presentó la incidencia más alta de Hantavirus, con 91 (0,49 por cien mil hab.) y 70 (0,37 por cien mil hab.) casos respectivamente.

En 2019, la letalidad alcanzó a un 26% (n=18 fallecidos), similar a lo observado en los tres años anteriores (MINSAL, 2019).

El porcentaje de letalidad, que rondaba el 60% en sus fases iniciales, ha experimentado una notable disminución, llegando a cifras inferiores al 40% en los últimos cuatro años. Este descenso se atribuye al incremento del conocimiento acerca de la enfermedad, a la implementación de acciones de vigilancia más efectivas, al mejoramiento de la capacidad de diagnóstico y a la introducción de tratamientos precoces (MINSAL, 2023).

Factores medioambientales

Datos sobre el cambio climático indican transformaciones significativas en las condiciones ambientales a nivel global. Según la ONU, la temperatura terrestre ha aumentado 1,1 °C desde

el siglo XIX, superando por el momento el límite de 1,5 °C de aumento de la temperatura global establecido en el Acuerdo de París. Los años 2015-2019 fueron los más cálidos registrados, y la década 2010-2019 fue la más cálida en la historia (United Nations, s. f.).

El informe del IPCC de 2021 (IPCC, 2021) revela consecuencias alarmantes de estos cambios. Por ejemplo, la superficie de hielo marino en el Ártico alcanzó su nivel más bajo desde 1850 entre 2011 y 2020. El calentamiento oceánico se ha acelerado, con un aumento en eventos de calor extremo y una disminución en eventos de frío extremo.

Estos cambios en el clima pueden impactar la proliferación de roedores y la aparición de enfermedades como el virus Hanta. Las variaciones en las condiciones climáticas podrían expandir o modificar los hábitats de los roedores, influyendo en su distribución y abundancia. Los cambios climáticos también pueden afectar la ecología de los reservorios del virus, alterando la probabilidad de transmisión a humanos, pudiendo aumentar la incidencia de enfermedad por Hantavirus.

En el año 2019, las concentraciones de gases de efecto invernadero alcanzaron nuevos máximos, con niveles de dióxido de carbono que fueron un 148% superiores a los niveles preindustriales (United Nations, s. f.). El aumento de gases de efecto invernadero en 2019 podría intensificar estos cambios, aumentando la preocupación por el impacto del cambio climático en la salud pública, incluyendo la relación con enfermedades transmitidas por roedores como el virus Hanta.

En la literatura, se encuentran estudios respecto a los factores ambientales que mantienen consideración con la zona geográfica en la que se encuentra la mayor concentración de casos positivos. En Chile, la publicación "*Factores ambientales y síndrome cardiopulmonar por virus Hanta en Chile*", la cual revisa los casos de Hantavirus entre los años 2015 al 2017, nos entrega información relevante de la interacción de los factores ambientales y los casos de Hantavirus en Chile. De los casos que se tiene registro, el mayor porcentaje de estos se presenta en personas que se desempeñan en labores de tipo agrícola, en un 31,5%. No obstante, también se presentaron casos durante el período en estudio en estudiantes, en un 17,3%, y en dueñas de casa, en un 9,6%. Territorialmente los casos se concentran entre la Región del Maule y la Región de los Lagos, siendo Biobío la región con más porcentaje de casos, 20,8% (Contreras-Matamala y Luengo- Martínez, 2020).

Basándonos en la literatura, podemos analizar cómo cada factor ambiental se asocia con el virus Hanta:

Temperatura

La temperatura afecta la ecología de los roedores portadores del virus Hanta, influenciando su reproducción y supervivencia (Douglas et al., 2021). Ambientes más cálidos pueden promover el crecimiento de la vegetación y la disponibilidad de alimentos para los roedores.

Se han observado asociaciones tanto positivas como negativas entre la temperatura y el Síndrome Pulmonar por Hantavirus (SCPH), sugiriendo que el aumento de temperaturas puede aumentar la transmisión del virus (Douglas et al., 2021).

En el medio ambiente, los hantavirus son susceptibles a la desecación, pero pueden permanecer viables por períodos más prolongados si son protegidos por material orgánico. A temperatura ambiente (23 °C), tanto el virus Puumala como el virus Tula (hantavirus de la zona norte europea) pierden viabilidad dentro de las 24 horas al secarse, pero pueden permanecer infecciosos durante más de 5 días si el medioambiente permanece húmedo.

Humedad

Climas templados y húmedos son favorables para la presencia de roedores, lo que puede aumentar el riesgo de transmisión del virus Hanta (OPS, 2019). La humedad, junto con una cobertura vegetal adecuada, crea condiciones ideales para el crecimiento de la población de roedores huéspedes. Sin embargo, los análisis de los datos publicados por la Revista de Salud Pública y la investigación "*Factores ambientales y síndrome cardiopulmonar por virus Hanta en Chile*" realizada en los años 2015 al "2017" (Contreras-Matamala y Luengo- Martínez, 2020) entrega una visión diferente, ya que el aumento de la Humedad se relacionaba con una disminución de los casos.

Material Particulado

Aunque no se discute ampliamente en la literatura, la calidad del aire podría tener un impacto indirecto en la transmisión del virus Hanta. Por ejemplo, una mala calidad del aire podría afectar la salud respiratoria humana, aumentando la susceptibilidad a infecciones como el SCPH.

Los cambios en la calidad del aire podrían influir en la distribución y comportamiento de los roedores, aunque se necesita más investigación para establecer una conexión directa. Queda por analizar si existe una relación entre variables cuando se presentan en conjunto, como describió la investigación "*Factores ambientales y síndrome cardiopulmonar por virus Hanta en Chile*" 2015-2017 (Contreras-Matamala y Luengo- Martínez, 2020) al vincular temperatura y calidad del aire.

Precipitaciones

Las precipitaciones están consistentemente asociadas con un mayor riesgo de infección por Hantavirus (Douglas et al., 2021). Un aumento en las precipitaciones puede llevar a un incremento en la disponibilidad de alimentos y hábitats adecuados para los roedores. Sin embargo, el análisis de la precipitación per se y no la consecuencia de la precipitación en el ambiente nos muestra una visión diferente. A menores magnitudes de precipitación, mayor es el riesgo de contagio por hantavirus, como se propone en el estudio "Identificación de zonas de riesgo al contagio por Hantavirus en la región de Aysén: Importancia de la matriz urbana y la biodiversidad en un análisis desde la Geografía de la Salud"

Como se ejemplifica en estudios que han establecido que frente a altas precipitaciones existe un menor riesgo de contagio, asociada a la muerte de roedores (Tian y Stenseth, 2019).

Por su parte las inundaciones y las lluvias torrenciales que tienen como consecuencia inundación, podrían contribuir a disminuir los casos de hanta por distribución de los roedores,

cambio de ubicación de la comunidad animal, favoreciendo la propagación en otros sectores y disminución de casos en las zonas acostumbradas. (Carver et al., 2015)

Objetivos.

Objetivo general:

Evaluar la asociación entre factores ambientales –temperatura, humedad relativa, material particulado y precipitaciones- y número de casos mensuales de enfermedad por Hantavirus en Chile durante los años 2018 y 2019.

Objetivos específicos:

- a) Determinar el número de casos confirmados de enfermedad por Hantavirus a nivel comunal y regional de Chile durante los años 2018 y 2019.
- b) Estimar la fecha de exposición al virus Hanta de los casos confirmados de enfermedad por Hantavirus en Chile entre los años 2018 y 2019.
- c) Identificar para cada caso valores de temperatura, humedad relativa, material particulado y precipitaciones de acuerdo al lugar y a la fecha estimada de exposición al virus del caso confirmado.

Planteamiento de hipótesis.

H₁ Existe asociación entre los distintos factores ambientales – temperatura, humedad relativa, material particulado y precipitaciones – y el número de casos mensuales de enfermedad por Hantavirus a nivel comunal en Chile durante los años 2018 y 2019.

H₀ No existe asociación entre los distintos factores ambientales – temperatura, humedad relativa, material particulado y precipitaciones – y el número de casos mensuales de enfermedad por Hantavirus a nivel comunal en Chile durante los años 2018 y 2019.

Marco metodológico.

Diseño de estudio.

La metodología que se utilizó en esta investigación refiere a un estudio ecológico de corte transversal donde se evaluará la asociación entre las variables independientes (factores ambientales) y dependientes (casos de Hantavirus).

Variable Dependiente:

Caso de Hantavirus.

Casos notificados y confirmados con serología y/o PCR positiva para Hantavirus reportados en Chile, a nivel comunal, entre las fechas 21 de diciembre de 2017 y 21 de diciembre de 2019. Los datos serán obtenidos de la red de vigilancia epidemiológica del Ministerio de Salud de Chile (MINSAL, 2023).

Variables independientes:

En concordancia con el periodo de incubación promedio para Hantavirus descrito por la literatura (MINSAL, 2018), los factores ambientales fueron registrados en la comuna correspondiente a cada caso 21 días previos a la fecha de notificación del mismo.

Humedad relativa

Porcentaje de vapor de agua presente en el aire en comparación con la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a la misma temperatura (Real Academia Española [RAE], 2023). Los datos serán obtenidos del proveedor de servicios de internet Microsoft Start subsector pronóstico del tiempo y la medida.

Temperatura ambiental

Percepción de calor del aire en un lugar específico y momento determinado medida en una escala termométrica expresada en grados Celsius (°C) (RAE, 2023). Los datos serán obtenidos del proveedor de servicios de internet Microsoft Start subsector pronóstico del tiempo (Microsoft Start, s.f.).

Material particulado

Grado de pureza del aire en un área y momento determinado según cantidad de material particulado respirable en su porción fina menor a 2,5 micrómetros de diámetro que se mantiene en suspensión medido en microgramo por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{M}^3$) (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2023). Los datos serán obtenidos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire [SINCA], s.f.).

Precipitaciones

Corresponde a cualquier manifestación del agua, en cualquiera de sus estados, que precipita desde la atmósfera hacia la superficie de la tierra (RAE, 2023). La cantidad de precipitaciones se expresa en milímetros de agua caída por metro cuadrado (mm/m^2) en un tiempo determinado. Los datos serán obtenidos del proveedor de servicios de internet Microsoft Start subsector pronóstico del tiempo (Microsoft Start, s.f.)

Bases de datos.

Los datos obtenidos para realizar este trabajo corresponden a datos de acceso público y libre, que se encuentran dispuestos en sitios web de acceso libre. Para recopilar los datos asociados a los casos de enfermedad por Hantavirus se utilizó la base dispuesta por el departamento de epidemiología del MINSAL para esta enfermedad (MINSAL, 2022). Estos datos se encuentran anonimizados y en un archivo Excel, el cual fue descargado. Para los cálculos de incidencia comunal y regional, se utilizó la base dispuesta por el Instituto Nacional de Estadística (INE), de estimaciones y proyecciones basadas en el CENSO 2017 (INE, s.f.).

En el caso de la obtención de datos ambientales, estos se recopilaron de sitios web de acceso público como lo son SINCA y Microsoft Start, desde donde se obtuvieron los datos ambientales para la fecha requerida.

Consideraciones éticas.

La obtención de los datos medioambientales, para el presente estudio, son de uso y acceso público, mencionadas anteriormente.

Los datos de los pacientes incluidos también son de acceso público, anonimizados y sin datos sensibles, es por eso que no se presentan consideraciones de carácter ético para el estudio, como el solicitar la aprobación de un comité de bioética o similar.

Material y método.

En cuanto a la realización del análisis estadístico, primeramente, se tomaron los promedios aritméticos diarios de las variables seleccionadas por los dos años de estudio, teniendo en cuenta la fecha de inicio de síntomas (FIS) y el período de incubación que puede variar de los 5 a los 45 días (MINSAL, 2018), es que se consideró 21 días previos a la fecha descrita anteriormente, y así de esta manera, poder tener una imagen más representativa del posible momento de infección.

Del total de casos de enfermedad por hantavirus que se confirmaron durante los años 2018 y 2019, de acuerdo a la fecha de primeros síntomas de estos, se obtuvo un total de 103 casos. Para realizar nuestro análisis y utilizando como fecha lo que se consideró 21 días previos a la fecha de inicio de síntomas (21-FIS), se incluyeron en la muestra 4 casos más, los cuales corresponden a casos del año 2017 y fueron incluidos al utilizar FIS-21. Por ende, nuestra muestra a utilizar correspondió a un total de 107 valores únicos de casos de enfermedad por hantavirus.

Para poder evaluar la estacionalidad, es que se consideraron 4 períodos de acuerdo a 21-FIS, que abarcaron desde el 21 de diciembre de 2017 (inicio del verano 2018) hasta el 21 de diciembre de 2019 (previo al inicio del período estival del año 2020), por otra parte, para el análisis mensual solo se consideró el período abarcado entre el 01 de enero de 2018 hasta el 31 de diciembre de 2019, en ambos casos quedando con la misma cantidad de casos a trabajar.

En cada uno de los casos se trabajó con los datos de manera agrupada de acuerdo a la fecha calculada correspondiente a 21 días previo a la fecha de inicio de síntomas, trabajando principalmente los promedios diarios de cada variable:

- Temperatura, se utilizó el promedio estadístico entre las temperaturas mínimas y máximas registradas para cada día, expresadas en °C.
- Humedad relativa, se utilizó el promedio expresado en porcentaje %.
- Material particulado 2,5 (PM_{2,5}) expresado en ug/M³, que se calculó tomando las mediciones diarias (corresponden en su mayoría a una medición por hora) y se promedió el total de los valores.
- Precipitaciones, se utilizó el valor de precipitaciones diarias expresadas en mm/m².

Para poder incluir las variables es nuestro modelo, es que primeramente se verificó la distribución de estas mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, considerando variables paramétricas aquellas que arrojaron $p > 0,05$.

En cuanto a la relación conjunta de las variables y su eventual efecto, es que se probó un modelo que relaciona las variables en cuestión, el cual pudo ser medido mediante una regresión lineal múltiple. En todos los casos se consideró un valor de $p < 0,05$.

Para la generación de gráficos y tablas se usará el software Microsoft Excel versión 16.78, licencia del año 2019 y para los modelos estadísticos se utilizará STATA, versión 18.0.

Resultados.

Durante los años 2018 y 2019, de acuerdo a los registros del Ministerio de Salud, se confirmaron en Chile un total de 103 casos de SCPH, de los cuales 73 casos corresponden a hombres (70,1%) y 30 casos a mujeres (29,9%). En el año 2018 de acuerdo con la fecha de inicio de síntomas se confirmaron 33 casos (27 hombres [81,8%] y 6 mujeres [18,2%]); mientras que en el año 2019 se confirmaron 70 casos. (46 hombres [65,7%] y 24 mujeres [34,3%]).

De acuerdo a la distribución territorial de los casos, estos se presentan entre la región de Coquimbo y la región de Aysén, siendo Los Lagos la región con más porcentaje de casos 19,6% (n=21). Al observar por tasa de incidencia, la región que presenta la mayor tasa es la región de Los Ríos con 2,48 casos por cada 100.000 habitantes (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de casos y tasa de incidencia de enfermedad por Hantavirus por comuna y región. Chile, años 2018 y 2019.

Región / comuna	n	Tasa de incidencia(*)
Coquimbo	1	0,12
Ovalle	1	0,83
Valparaíso	4	0,21
La Cruz	1	4,07
Limache	1	2,03
Los Andes	1	1,48
Rinconada	1	9,08
Metropolitana	7	0,09
El Monte	1	2,54
Melipilla	1	0,72
Pirque	1	3,38
Puente Alto	2	0,32
San Pedro	1	8,54
Santiago	1	0,21
Libertador Bernardo O' Higgins	8	0,82
Chimbarongo	1	2,67
Rancagua	1	0,38
Rengo	1	1,59
Requinoa	1	3,34
San Fernando	1	1,29
San Vicente	2	4,00
Maule	19	1,70
Cauquenes	1	2,27
Constitucion	1	1,99
Curepto	1	10,55
Curicó	1	0,62
Licantén	1	14,34
Linares	1	1,00
Longavi	1	3,08
Maule	1	1,74
Parral	3	6,79
Pencahue	2	23,33
Retiro	2	9,56
Romerol	1	6,27
Talca	2	0,85
Teno	2	6,55
Ñuble	12	2,36
Bulnes	3	13,32
Chillán	3	1,52
Chillán Viejo	1	3,00
Coihueco	2	7,11
Pemuco	1	11,57
Pinto	2	16,98

Región / comuna	n	Tasa de incidencia(*)
Biobío	12	0,73
Cañete	1	2,72
Chiguayante	1	1,10
Curanilahue	1	0,42
Los Alamos	1	4,47
Los Ángeles	3	1,38
Mulchén	3	9,69
San Pedro de la Paz	2	1,39
Araucanía	11	1,09
Carahue	1	3,93
Collipulli	1	3,85
Cunco	1	5,55
Curarrehue	1	12,87
Lonquimay	1	9,08
Padre Las Casas	1	1,23
Puren	1	8,20
Temuco	2	0,67
Traiguén	1	5,18
Victoria	1	2,83
Villarrica	1	1,71
Los Ríos	10	2,48
Corral	5	91,84
Futroneo	2	13,11
La Unión	1	2,54
Los Lagos	2	9,76
Valdivia	1	0,57
Los Lagos	21	2,37
Cochamo	4	99,60
Futaleufú	2	72,20
Llanquihue	1	5,40
Los Muermos	1	5,62
Osorno	2	1,16
Palena	2	109,77
Puerto Montt	3	1,13
Puerto Octay	1	10,85
Puerto Varas	1	2,09
Purranque	1	4,74
Puyehue	1	8,50
Aysén	2	1,87
Aysén	2	8,04

(*) Tasa de incidencia por 100.000 habitantes
Poblaciones en base a estimaciones y proyecciones de CENSO 2017

Se observa que en los meses que se presentó mayor número de casos, corresponde a la época estival que comprende entre diciembre y marzo, con números de casos que van desde los 17 a los 22 casos mensuales (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen descriptivo de variables estudiadas y el número de casos, acorde a los meses de FIS, en Chile, años 2018 a 2019.

Mes FIS - 21 días	Nº de casos	Tº Promedio	Humedad	PM _{2,5}	Precipitaciones
Enero	19	18,68	61,46	9,62	0,74
Febrero	22	18,57	68,07	13,38	0,21
Marzo	17	16,24	64,63	11,45	2,29
Abril	3	11,5	79,62	25,29	0
Mayo	6	11,92	84,49	18,98	3,45
Junio	2	3,75	85,45	40,48	0
Julio	2	5,75	82,24	24,89	6,6
Agosto	3	6,5	79,42	32,2	0,23
Septiembre	2	8,25	70,48	20,59	0
Octubre	5	13,2	69,59	12,19	1
Noviembre	6	13,25	67,43	5,82	3,03
Diciembre	20	16,88	65,99	7,02	2,03

La estación del año en la que se presentaron mayor cantidad de casos de enfermedad por Hantavirus es en verano, en la que también se presenta la temperatura promedio más elevada en comparación a las otras estaciones del año. En el caso de humedad, se observa que, en estos meses, ronda aproximadamente un 60%, estando dentro de los porcentajes de humedad promedio más bajos estudiados. En lo que respecta a material particulado 2,5 y las precipitaciones, estos análisis revelan que mayores concentraciones no se condicionan con los meses o estaciones de mayor incidencia (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen descriptivo de variables estudiadas y el número de casos, acorde a la estación del año, en Chile, años 2018 a 2019.

Estación del año	Nº de casos	Tº Promedio	Humedad	PM _{2,5}	Precipitaciones
Verano	65	17,91	65,38	10,49	1,45
Otoño	17	11,88	78,21	20,77	1,45
Invierno	7	15,16	65,22	8,13	1,35
Primavera	18	6,79	77,67	26,8	1,99

Se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov para verificar la normalidad de las variables dependientes e independientes. Temperatura ($p=0,74$), humedad ($p=0,51$), material particulado 2.5 ($p=0,50$), precipitaciones ($p=0,36$) y el número de casos ($p=0,197$). Dada la naturaleza de las variables, se utilizó el test de correlación de Pearson para evaluar su relación con el número total de casos.

Tabla 4. Matriz de correlaciones de las variables estudiadas.

	Nº casos	Temperatura	Humedad	PM _{2,5}	Precipitaciones
Nº casos	1	--	--	--	--
Temperatura	0,68	1	--	--	--
Humedad	-0,56	-0,81	1	--	--
PM _{2,5}	-0,39	-0,86	0,83	1	--
Precipitaciones	-0,02	-0,11	0,18	0,10	1

Se observa una correlación positiva entre el número de casos y la temperatura, sin embargo, existe una asociación negativa con las demás variables estudiadas. (Tabla 4)

Para poder relacionar y evaluar el efecto de todas las variables medioambientales estudiadas, es que se llevó a cabo un modelo de regresión lineal múltiple, de esta forma también poder evaluar estadísticamente la influencia de cada una en el modelo presentado a continuación.

Tabla 5. Modelo de regresión lineal múltiple entre las variables.

Coefficiente	Estimación	Error estándar	Valor-P
Intercepto	13,02	30,46	0,68
Temperatura	2,49	0,74	0,01
Humedad	-0,85	0,45	0,19
PM_{2,5}	1,34	0,49	0,03
Precipitaciones	2	1,22	0,15

R² = 0,74

De acuerdo con los resultados obtenidos, se identifica que dos variables específicas tienen un valor de P menor a 0,05 (Tabla 5). Esto indica que, según el modelo de análisis, estas dos variables, temperatura y MP 2,5 se asocian de manera estadísticamente significativa al número de casos. Por otro lado, tanto la humedad como las precipitaciones no muestran significancia estadística. Es importante destacar que el modelo muestra un buen ajuste, con un R² de 0,74, cuando se incluyen todas las variables.

Discusión.

A partir de estos resultados, se observa que los casos de SCPH se presentan predominantemente entre las regiones de Coquimbo y Aysén, siendo más frecuentes en hombres que en mujeres. También de manera concordante con la literatura, nuestro estudio mostró una relación positiva y significativa entre temperatura ambiente y el número de casos de enfermedad por Hantavirus, más no respecto a las otras variables ambientales estudiadas.

De manera similar, el estudio corrobora una relación positiva y significativa entre la temperatura ambiente y la incidencia de casos de Hantavirus, alineándose con los resultados obtenidos en estudios similares. Esta asociación destaca la influencia de la temperatura en la dinámica de la transmisión de la enfermedad, sugiriendo que en condiciones ambientales más cálidas pueden favorecer su propagación.

A pesar de la exhaustiva exploración de factores ambientales como la humedad relativa y las precipitaciones, no se estableció una asociación definida con la incidencia de la enfermedad por Hantavirus en las regiones estudiadas. Esta discrepancia subraya la necesidad de continuar investigando el impacto de estas variables ambientales en la transmisión del Hantavirus.

Es importante destacar que, al procesar todas las variables en conjunto en el modelo de regresión, se obtiene un $R^2= 0,74$, el cual explica aproximadamente el 74% de la variabilidad de los casos de Hantavirus y que pueden ser explicados por el modelo. Arrojando como resultado una significancia estadística con la temperatura y MP 2,5, pero no así con las variables precipitaciones y humedad. Por lo tanto, es fundamental tener en cuenta todos los factores pertinentes al investigar fenómenos complejos como este.

Al llevar a cabo la interpretación de estos resultados, se puede determinar que, por cada grado de incremento en la temperatura del ambiente se podría generar un incremento de aproximadamente 2,5 casos de enfermedad por Hantavirus, situación preocupante ya que se ha registrado aumento sostenido de temperatura global desde el siglo XIX.

Por cada unidad adicional de material particulado 2,5 se producirá un aumento de al menos 1,34 casos de enfermedad por Hantavirus. Esto se explicaría debido a que la variable mencionada puede actuar como vector y aportar a la propagación, sin dejar fuera la relación positiva que presenta que se evidencia entre MP2,5 y su alta capacidad de penetrar el árbol respiratorio. (Remaggi et al, 2013)

Este estudio ofrece evidencia clave para los tomadores de decisiones y guiar la formulación de políticas de salud pública enfocadas en la prevención y control del Hantavirus. Al analizar la relación entre factores ambientales y la incidencia de la enfermedad, se pueden establecer estrategias precisas para mitigar la exposición del ser humano a ambientes, que por sus características, tienen alta probabilidad de contagio.

Frente al incremento del riesgo de contraer SCPH en áreas con temperaturas elevadas y altas concentraciones de material particulado, nuestras sugerencias se centran en medidas preventivas y estrategias de intervención que puedan implantarse a corto plazo.

Planes de mitigación de material particulado, recomendar uso de elementos de contención de material particulado en instancias de construcción y/o remodelación de espacios habitacionales.

Educación y concienciación pública, realizando campañas informativas sobre las formas de transmisión del Hantavirus y mejoras de higiene ambiental, promoviendo prácticas de limpieza efectiva en los hogares y áreas de trabajo para minimizar la población de roedores. Uso de equipos de protección y adaptación de infraestructura en zonas de alto riesgo, promoviendo el sellado y buen estado de viviendas y edificaciones para prevenir la entrada de roedores.

Es crucial reconocer el impacto que tienen las variables meteorológicas; cambios extremos o repentinos de las condiciones climáticas, derivados del cambio medioambiental que experimenta Chile y el mundo, pueden alterar las conductas demográficas de los roedores portadores del virus y favorecer su migración a zonas donde los humanos estén más expuestos y aumentar el riesgo de transmisión.

Es importante considerar de igual manera el efecto que puedan producir la generación y propagación de los incendios forestales que afectan al país principalmente en período estival, ya que éstos están intrínsecamente relacionados con el incremento tanto de la temperatura, como con la liberación del material particulado al ambiente. Se debe considerar además el tiempo que requiere un incendio forestal para su control, ya que, aportan días de temperaturas elevadas extendiendo el periodo de un probable contagio, la magnitud del área que involucra y la destrucción de aquellos elementos naturales de la fauna que contribuyen al control de plagas.

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario explorar las fuentes de información disponibles, que si bien son de carácter público y su acceso se puede hacer a través de internet, su disponibilidad no concentraba todos los datos del área geográfica puntual que se estaba estudiando, sino que abarcaba datos de estaciones cercanas o estaciones provinciales de cada región en lo que respecta a datos meteorológicos.

En la búsqueda de datos de otras variables se debió explorar fuentes gubernamentales para material particulado 2,5 no estando vinculado a la meteorología y fuentes internacionales para temperatura por lo que la segregación de las fuentes de datos limita la eficiencia de la búsqueda.

Por otro lado, el periodo de incubación de la enfermedad es fluctuante, ya que puede ir de 5 a 45 días post contacto, logrando variar los casos en un mes u otro e incluso quedar en una estación versus otra, lo que dificulta su análisis.

Se abre una oportunidad de investigación y de protección a la población. Promover la prevención de la enfermedad por Hantavirus, promover el cuidado del medio ambiente, generar políticas públicas en pro de disminuir emisiones que aumenten la temperatura por causa de efecto invernadero y eventualmente, disminuir la frecuencia de esta patología que puede causar enfermedad grave e incluso la muerte.

Conclusión.

Hantavirus es una enfermedad zoonótica de importancia para la salud pública debido a la gravedad que puede causar en las personas que enferman. Presentando severos síntomas, insuficiencia respiratoria, el desarrollo del síndrome cardiopulmonar y la progresión, incluso, hasta la muerte.

Este estudio ecológico de corte transversal analizó la distribución de casos durante el periodo que comprende los años 2018 y 2019 en Chile, proporcionando un análisis detallado de la relación entre factores ambientales y los casos confirmados de Hantavirus. A través de la metodología empleada, se identificaron asociaciones significativas entre las variables ambientales y el número de casos de enfermedad. Se encontró que las temperaturas más altas, y el material particulado 2,5 pueden influir en la incidencia de la patología. Por otro lado, variables como la humedad, y las precipitaciones no mostraron una relación estadísticamente significativa con el número de casos de enfermedad por Hantavirus, pero si aportan al modelo propuesto, descartando la posibilidad de ser variables confusoras.

Lo que se expone como resultado, invita a nuevos interesados en esta temática a seguir desarrollando investigaciones para continuar evaluando los factores ambientales que puedan asociarse a la ocurrencia de casos de enfermedad por Hantavirus. Es importante ahondar en las distintas variables y sus implicancias, cómo influyen los incendios forestales en la calidad del aire y su relación con los casos de Hantavirus. Se espera que esta investigación sea una continuidad y/o comienzo de nuevas líneas de estudio. La importancia del estudio de esta enfermedad, así como su análisis considerando el medio ambiente como un factor fundamental, colabora a la toma de decisiones en salud pública. Orientando en los procesos estacionales vinculados al aumento de casos, en medidas de mitigación y medidas preventivas. Se espera poder facilitar a través del conocimiento el desarrollo de políticas públicas preventivas dirigidas a evitar el contagio de esta enfermedad.

Se sugiere ampliar el periodo de análisis a futuro, permitiendo así una mejor valoración de la asociación entre los casos de enfermedad por Hantavirus y variables ambientales medidas durante un periodo más extenso, lo que permitirá evaluar de mejor manera aquellas que afectan en esta enfermedad y aquellas que pueden ser variables confundentes.

Propuesta de innovación.

En el área de la tecnología móvil digital, el desarrollo de una aplicación integrada que congrega en una única interfaz las variables meteorológicas de crucial importancia representa un avance significativo en el ámbito de la tecnología aplicada a la salud pública. Este proyecto se construye como una herramienta de mucha utilidad para profesionales y personas que se encuentran trabajando en áreas relacionadas con el Hantavirus y otras enfermedades zoonóticas. La accesibilidad y facilidad de uso de la aplicación son fundamentales para asegurar que cualquier individuo, provisto de un dispositivo con conexión a internet, pueda beneficiarse de esta iniciativa. La naturaleza y magnitud de los datos recolectados exigen una colaboración y un gran desafío con entidades gubernamentales para la adquisición y difusión efectiva de la información. Hay que mencionar que Chile cuenta con registros de libre acceso, continuos y confiables en relación con las variables ambientales de mayor interés.

Además, la inclusión de un modelo estadístico, elaborado a partir de este estudio, permitiría un monitoreo exhaustivo de las variables ambientales analizadas. Esto facilitaría la identificación de patrones estadísticos relacionados con las condiciones ambientales predominantes en momentos de alta probabilidad de transmisión del virus. La generación de alertas basadas en estas observaciones contribuiría al desarrollo de estrategias de prevención más robustas, especialmente enfocadas en regiones geográficas con un riesgo elevado de contagio.

En paralelo, la creación de otra aplicación móvil destinada a individuos que experimentan síntomas sugestivos de infección por Hantavirus u otras zoonosis, enfatiza la importancia del seguimiento personal y la orientación preventiva. Esta herramienta no solo proporcionará recomendaciones preventivas personalizadas, sino que también dirigirá a los usuarios, incluidos turistas extranjeros, hacia centros de atención sanitaria apropiados en función de su ubicación geográfica, minimizando así el riesgo de propagación.

El desafío del cambio climático y su impacto en la salud pública exigen una respuesta coordinada y multidisciplinaria. El desarrollo de políticas públicas ambientales, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, involucra un esfuerzo interministerial dirigido a combatir el cambio climático y, por ende, a disminuir los riesgos para la salud humana. La implementación de medidas de control ambiental, regulaciones de construcción en áreas de riesgo, y políticas de gestión forestal y de la fauna silvestre son esenciales para este propósito.

La colaboración multidisciplinaria y multisectorial se presenta como un pilar central para una comprensión de las enfermedades zoonóticas. La sinergia entre epidemiólogos, ecologistas, climatólogos, entre otros expertos, junto con la participación de gobiernos, organizaciones no gubernamentales y el sector privado, es crucial para la implementación de estrategias de prevención y control efectivo.

Finalmente, el establecimiento de programas en salud ocupacional dirigidos a profesionales y técnicos que operan en zonas de riesgo, así como políticas de evaluación continua en entornos laborales de alta exposición, se alinea con la necesidad de una política integral de protección ambiental. Esta incluiría el manejo de la flora endémica y nativa, así como prácticas agrícolas

sostenibles, para prevenir el incremento de poblaciones de roedores en áreas susceptibles de actividad humana, asegurando al mismo tiempo la protección de espacios naturales a través de una estrecha colaboración entre la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el gobierno y el sector privado.

Referencias bibliográficas.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2023). Conceptos básicos sobre el material particulado. Recuperado el 02 de diciembre del 2023. <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#PM>

Carver, S., Mills, J. N., Parmenter, C. A., Parmenter, R. R., Richardson, K. S., Harris, R. L., Douglass, R. J., Kuenzi, A. J., & Luis, A. D. (2015). Toward a Mechanistic Understanding of Environmentally Forced Zoonotic Disease Emergence: Sin Nombre Hantavirus. *BioScience*, 65(7). <https://doi.org/10.1093/biosci/biv047>

Contreras-Matamala, E. & Luengo- Martínez, C. (2020). Factores ambientales y síndrome cardiopulmonar por virus hanta en Chile. *Revista de Salud Pública*, 22(1). <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n1.81535>

Dabanch P, Jeannette. (2003). Zoonosis. *Revista chilena de infectología*, 20 (Supl. 1). <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182003020100008>

De Grado, H. U. C. E. S. (2021). Identificación de zonas de riesgo al contagio por hantavirus en la región de Aysén: Importancia de la matriz urbana y la biodiversidad en un análisis desde la geografía de la Salud. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/6652>

Douglas, K. O., Payne, K., Sabino-Santos, G., Jr, & Agard, J. (2021). Influence of Climatic Factors on Human Hantavirus Infections in Latin America and the Caribbean: A Systematic Review. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/pathogens11010015>

Gegúndeza, M.I. & Lourdes Lledó, I., (2005). Infección por hantavirus y otros virus transmitidos por roedores. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 23(8). <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-infeccion-por-hantavirus-otros-virus-13078828>

Gobierno de Chile, Ministerio de Salud. (2023). Epivigila. Recuperado el 01 de diciembre 2023 de <https://epivigila.minsal.cl/>

Gobierno de Chile, Ministerio de Salud. (2013). Guía clínica de prevención, diagnóstico y tratamiento del síndrome cardiopulmonar por Hantavirus. https://diprece.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2015/02/Gu%C3%ADa-HANTA-completa.pdf

Instituto Nacional de Estadística - Chile [INE] (s.f.). Proyecciones de población. Recuperado el 10 de enero de 2024 de <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>

Murúa, Roberto. (2017). Rol epidemiológico de *Oligoryzomys longicaudatus* (ratón colilargo) en tres enfermedades zoonóticas en Chile. *Revista médica de Chile*, 145(6), 816. <https://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872017000600816>

Microsoft Start (s.f.). Tendencias meteorológicas: Humedad. Recuperado el 28 de septiembre de 2023. <https://www.msn.com/es-xl/el-tiempo/records/in-Gran-Santiago,Regi%C3%B3n-Metropolitana-de-Santiago?loc=eyJsljoiR3JhbiBTYW50aWFnbjYsInliOiJSZWdpw7NuIE1ldHJvcG9saXRhbmEgZGUgU2FudGhZ28iLCJyMil6IByb3ZpbmNpYSBkZSBTYW50aWFnbjYsImMiOiJDaGlsZSIsImkiOiJDTCIsImciOiJlcy14bCIsIngiOiItNzAuNjgwMDAwMzA1MTc1NzgiLCJ5IjoiLTmzLjQzMdAwMDMwNTE3NTc4In0%3D&weadegreetype=C&cvd=9b276a91b24f4536840fa69ff77a67b1>

Ministerio de Salud Chile, Departamento de Epidemiología. (2023). Actualización de situación epidemiológica hantavirus agosto 2023. <http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2017/01/Circular-Vigilancia-Hantavirus.pdf>

Ministerio de Salud Chile, Departamento de Epidemiología. (2019). Boletín Epidemiológico Trimestral hantavirus SE 1-52 (2019). https://observatorio.medicina.uc.cl/wp-content/uploads/2020/10/BET_HANTAVIRUS_2019.pdf

Ministerio de Salud Chile, Departamento de Epidemiología. (2018). Síndrome Cardiopulmonar por hantavirus. Recuperado el 01 de diciembre del 2023 de <http://epi.minsal.cl/hantavirus/>

Ministerio de Salud Chile, Departamento de Epidemiología. (2023). Síndrome Cardiopulmonar por hantavirus, Hantavirus - base de datos. Recuperado el 12 de noviembre del 2023 de <http://epi.minsal.cl/hantavirus-base-de-datos/>

Naciones Unidas. (s.f.). Datos sobre la acción climática. Recuperado el 02 de diciembre de 2023 de <https://www.un.org/es/climatechange/science/key-findings>

Naciones Unidas. (s.f.). On climate and health. Recuperado el 02 de diciembre de 2023 de <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021/08/fastfacts-health.pdf>

Organización Panamericana de la Salud. (2019). Hantavirus. Recuperado el 01 de diciembre de 2023 de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14911:hantavirus&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0

Prist, P.R., Uriarte, M., Fernandes, K & Metzger, J.-P. (2017) Climate change and sugarcane expansion increase Hantavirus infection risk. PLoS Negl Trop Dis 11(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005705>

Real Academia Española. (2023). Humedad. Recuperado el 04 de diciembre de 2023 de <https://dle.rae.es/humedad?m=form&m=form&wq=humedad>

Real Academia Española. (2023). Precipitación. Recuperado el 04 de diciembre de 2023 de <https://dle.rae.es/precipitaci%C3%B3n?m=form&m=form&wq=precipitaci%C3%B3n>

Real Academia Española. (2023). Temperatura. Recuperado el 04 de diciembre de 2023 de <https://dle.rae.es/temperatura?m=form&m=form&wq=temperatura>

Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire [SINCA] (s.f). Recuperado el 02 de diciembre de 2023 de <https://sinca.mma.gob.cl>

Tian, H., & Stenseth, N. C. (2019). The ecological dynamics of hantavirus diseases: From environmental variability to disease prevention largely based on data from 68 China. PLOS Neglected Tropical Diseases, 13 (2). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006901>

The Center for Food Security & Public Health. (2010). Hantavirus. <https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/hantavirus-es.pdf>

The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2021). Informes. Recuperado el 02 de diciembre de 2023 de <https://www.ipcc.ch/reports/>