

MÁSTER EN SALUD PÚBLICA
ESCUELA NACIONAL DE SANIDAD

IMPACTO A CORTO PLAZO DE FACTORES AMBIENTALES SOBRE LOS INGRESOS POR TRASTORNO MENTAL EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Autora:

Laura Gómez González.

Residente de Medicina Preventiva y Salud Pública.

Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz.

Tutorización:

José Antonio López Bueno.

Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Madrid.

ÍNDICE

I.	Prefacio y agradecimientos.....	1
II.	Resumen	3
III.	Índice de figuras y tablas.....	4
IV.	Lista de abreviaturas utilizadas.....	5
1.	Antecedentes y estado actual del tema.....	6
2.	Hipótesis y objetivos.....	10
3.	Material y métodos.....	10
3.1.	Diseño del estudio.....	10
3.2.	Variable dependiente.....	11
3.3.	Variable independiente.....	11
3.4.	Análisis estadístico.....	12
4.	Resultados.....	13
4.1.	Estadísticos descriptivos gráficos de secuencia.....	13
4.2.	Análisis de la superación de los valores de referencia de calidad de aire y ruido.....	16
4.3.	Relaciones funcionales y diagramas de dispersión.....	17
4.4.	Modelos de regresión de Poisson.....	17
5.	Discusión.....	20
6.	Limitaciones y fortalezas.....	25
7.	Conclusión.....	25
8.	Bibliografía.....	27
9.	Anexos	

I. PREFACIO Y AGRADECIMIENTOS

La relación entre el ambiente y el ser humano ha ido evolucionando con el paso del tiempo. No podemos negar la conexión entre el ser humano y la naturaleza a pesar de que en el mundo actual nos empeñamos en olvidarlo.

Desde siempre he estado concienciada con el cuidado de la naturaleza y de nuestros ecosistemas y así me lo enseñaron de pequeña.

Un medio ambiente sano contribuye a la salud y bienestar de las personas y al mismo tiempo puede ser fuente de factores de estrés si el equilibrio se pierde, como la contaminación atmosférica, el ruido, o los efectos derivados del cambio climático, todos ellos con gran componente antropogénico. La OMS calcula que el 24% de la carga mundial de morbilidad y un 23% de la mortalidad son atribuibles a factores medioambientales.

La importancia de este tema, mi interés por el mismo y el hecho de que, en muchas ocasiones olvidamos esta especial conexión entre el ambiente y el ser humano, me llevaron a querer profundizar más en esta materia. Es por eso por lo que decidí hacer este trabajo.

A su vez, otros de los problemas que acompañan a la evolución de la sociedad actual es su salud mental. Las enfermedades de salud mental constituyen hoy en día una epidemia silenciosa y en ellas influyen múltiples factores sociales, ambientales, psicológicos y biológicos.

Diferentes factores o riesgos ambientales pueden desempeñar un importante papel en el desarrollo de enfermedades psiquiátricas o trastornos psicológicos pero es necesaria más investigación al respecto, sobre todo en el caso de calidad del aire, ruido o consecuencias del cambio climático como las temperaturas extremas, ya que son estos escenarios donde a los profesionales de salud pública nos queda mucho por hacer.

Unir estos dos temas, medio ambiente y salud mental, tan importantes hoy en día por las consecuencias de salud crecientes que acarrearán, me pareció un tema fascinante para analizar e investigar sobre ello.

La realización de este trabajo la considero un privilegio y una oportunidad para aprender más sobre estos temas y con un poco de suerte y trabajo aportar más conocimiento y evidencia sobre esta materia, que espero que sea más considerada e importante en el ámbito de la salud pública.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer enormemente a los codirectores de la Unidad de referencia en Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano de la Escuela Nacional de Sanidad, Cristina Linares y Julio Díaz, el privilegio que me han concedido al poder hacer este trabajo con ellos, además de su dedicación, su ayuda y sus enseñanzas, que han sido muchas. Ha sido muy especial para mi haber tenido esta experiencia de poder colaborar con ellos. Al tutor de mi trabajo, José Antonio López Bueno, muchísimas gracias por toda la ayuda y por su disponibilidad para resolverme todas las dudas tan rápido y tan bien. Ha sido un verdadero placer.

Mis compañeras de máster y amigas Araceli, Alma... que me han acompañado y ayudado en el camino y tuvimos la suerte de que Raquel se nos uniera para echarnos una mano, justo cuando lo necesitábamos.

Por otro lado, gracias a mis padres por inculcarme la pasión y el respeto por el medio ambiente y a mi pareja, por compartir conmigo este respeto y por ser compañero insaciable de experiencias para que no perdamos la conexión con la naturaleza.

Por último, gracias a todos los que han contribuido a mi formación y desarrollo personal todos estos años y gracias a los que me acogieron con los brazos abiertos en esta nueva etapa de residencia de Medicina Preventiva y Salud Pública.

II. RESUMEN

Antecedentes: La salud humana y el ambiente que nos rodea están estrechamente relacionados. Diversos factores ambientales como la contaminación de aire, el ruido ambiental en los entornos urbanizados y las condiciones meteorológicas pueden provocar importantes efectos en la salud humana e impactar en la aparición, desarrollo o agravamiento de diversas enfermedades tales como enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cáncer, neurológicas o psicológicas. En los últimos años numerosos estudios han confirmado la relación entre diversos trastornos mentales y factores como la contaminación química, ruido y variables meteorológicas. Esta asociación puede repercutir en aumentos de los ingresos hospitalarios urgentes por estas causas.

Objetivo: Analizar el impacto de diversos factores ambientales sobre los ingresos hospitalarios urgentes a nivel diario por trastorno mental en la Comunidad de Madrid (CAM) en el periodo 2013-2028. Para ello se ha llevado a cabo un estudio ecológico longitudinal de series temporales analizadas mediante regresión de Poisson, siendo la variable dependiente los ingresos por trastorno mental no programados diarios en la CAM y las independientes contaminantes químicos, nivel de ruido y variables meteorológicas.

Resultados: Se observó que los ingresos hospitalarios por patología mental se relacionan significativamente con el nivel de ruido diurno, las horas de luz, la velocidad del viento y la humedad relativa. La significación de la humedad relativa la consideramos en estos modelos como variable de confusión. Para las horas de luz la relación es negativa, es decir, que a menos horas de luz más ingresos. Los ingresos por patología mental en las mujeres se relacionan igualmente con las variables anteriores y en hombres el viento y las horas de luz resultaron igualmente significativas, no así el ruido.

Conclusión: Los hallazgos obtenidos en este estudio muestran que el ruido es una variable relacionada con los ingresos hospitalarios por trastornos mentales en todos los grupos de edad en esta región. El porcentaje de ingresos por año atribuibles a esta variable supone un 4,72% del total. Las escasas horas de luz y la velocidad del viento han resultado igualmente significativas pudiendo interpretarse este hallazgo como indicador del efecto de la sensación térmica de frío. Los resultados de este estudio pueden servir de base para la elaboración de recomendaciones y planes de salud que consideren estas variables como factores de riesgo para la salud mental dada la prevalencia creciente a de los trastornos mentales, sobre todo para el caso del ruido, ya que el nivel de ruido depende fundamentalmente de las actividades antropogénicas en zonas altamente urbanizadas y con elevada densidad de tráfico.

Palabras clave: medio ambiente, ruido, trastorno mental, salud mental, ingresos hospitalarios.

III. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de población que vive en zonas urbanas en Europa por países	7
Figura 2. Directrices de la OMS y Normativa española en relación a la calidad del aire.....	8
Figura 3. Prevalencia de alguna enfermedad mental según sexo y grupo de edad (%). Encuesta Nacional de Salud de España 2017.....	9
Figura 4. Prevalencia de alguna enfermedad mental según sexo y comunidad autónoma (%). Encuesta Nacional de Salud de España 2017.....	9
Figura 5. Gráfico de secuencia del número de ingresos diarios no programados en hospitales de la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018.....	15
Figura 6. Gráfico de secuencia de las concentraciones medias diarias de PM10 en la Comunidad de Madrid durante el periodo 2013-2018.....	15
Figura 7. Gráfico de secuencia del nivel medio de ruido diurno y nocturno diario en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018.....	15
Figura 8. Diagrama de dispersión entre el nivel medio de ruido dB (A) y los ingresos por patología mental en Madrid en el periodo 2013-2018	17
Figura 9. Ejemplo de modelo final de regresión de Poisson para ingresos por patología mental.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Estadísticos descriptivos variable dependiente.....	13
Tabla II. Estadísticos descriptivos variables independientes.....	14
Tabla III. Riesgos relativos y Riesgos atribuibles con intervalos de confianza al 95% para cada incremento de una unidad en las variables explicativas sobre los ingresos por patología mental, total y desagregada por sexo en todos los grupos de edad.....	18
Tabla IV. Número de ingresos atribuibles con intervalos de confianza al 95% para cada incremento de una unidad en las variables explicativas sobre los ingresos por trastorno mental para todos los grupos de edad.....	19
Tabla V. RR y RA con IC 95% para cada incremento de una unidad en las variables explicativas sobre los ingresos por trastornos del estado de ánimo y trastornos psicóticos para todos los grupos de edad.....	20

IV. LISTA DE ABREVIATURAS

ADN: ácido desoxirribonucleico
AEMET: Agencia Estatal de Meteorología
AENA: Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
CAM: Comunidad de Madrid
CIE: Clasificación Internacional de Enfermedades
CMDB: Conjunto Mínimo Básico de Datos
dB (A): decibelios ponderados
EMH: Encuesta de Morbilidad Hospitalaria
ENSE: Encuesta Nacional de Salud de España
GLMs: Modelos Lineales Generalizados
HPA: Eje hipotálamo-hipófisis-adrenal
hPa: Hectopascales
IC: Intervalo de Confianza
INE: Instituto Nacional de Estadística
Km/h: kilómetros hora
Lag: retardo
Leq24: niveles de ruido diario
Leqd: niveles de ruido diurno
Leqn: niveles de ruido nocturno
MITERD: Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico
NO₂: dióxido de nitrógeno
O₃: ozono
O_{3oct}: ozono octorario
°C: grados centígrados o Celsius
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMS: Organización Mundial de la Salud
PM₁₀: partículas de diámetro inferior a 10 micras
PM_{2,5}: partículas de diámetro inferior a 2,5 micras
RA: Riesgo atribuible
RD: Real Decreto
RR: Riesgo relativo
SAM: Sistema simpático adrenal medular
SD: Desviación Típica
T^a: temperatura
µm: micras
µg/m³: microgramos por metro cúbico.

1. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA

La salud humana y el ambiente que nos rodea están estrechamente relacionados. Es innegable la existencia de una intersección entre el medio ambiente y la salud, en el que se ven implicados diversos factores químicos, físicos y biológicos. Estas condiciones conjuntamente, se denominan los determinantes ambientales de la salud.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) identifica diferentes factores de riesgo a través de los cuales el medio ambiente puede influir en nuestra salud: la contaminación de aire, el agua, saneamiento e higiene deficientes, agentes químicos y biológicos, radiación ultravioleta e ionizante, ruido ambiental, riesgos laborales, entornos urbanizados, prácticas agrícolas y condiciones específicas ocurridas como consecuencia del cambio climático (1).

Todos estos factores pueden provocar importantes efectos en la salud humana e impactar en la aparición, desarrollo o agravamiento de diversas enfermedades o procesos humanos tales como enfermedades respiratorias, cardiovasculares, trastornos neurológicos del desarrollo, cáncer, trastornos neuropsiquiátricos, psicológicos e incluso tienen impacto en la mortalidad.

El ser humano es dependiente del medio ambiente para sobrevivir y esto nos hace a su vez muy vulnerables a pequeños o grandes cambios en el mismo.

Está ampliamente documentado que la salud mental y el bienestar de las personas se ven influidos por una compleja interacción entre factores genéticos, psicológicos, sociales y de estilo de vida, además de exposiciones ambientales (2–4). Históricamente el ambiente ha sido considerado como un factor clave en el estudio y comprensión de muchas enfermedades, incluidas las enfermedades psiquiátricas (5). En la etiopatogenia de estos problemas deben considerarse diversos factores ambientales que pueden ser identificados como elementos favorecedores de salud o enfermedad, pudiendo contribuir por tanto a la morbilidad y mortalidad psiquiátrica.

Los entornos urbanos son el centro principal en el que confluyen todos estos factores.

Los problemas ambientales derivados de la vida en las ciudades (contaminación del aire, nivel de ruido, diseño urbano inadecuado etc.) y algunos como las temperaturas extremas, estrechamente ligadas al cambio climático, deben estar en el foco de atención en materia de salud pública.

Actualmente, alrededor del 55 % de la población mundial, 4200 millones de habitantes, vive en ciudades. Se cree que esta tendencia continuará y se espera que para el 2050 acojan al 75% de la población a escala mundial (6). Según el último informe del Banco de España, en nuestro país el 81% de la población vive en ciudades (7) (Figura 1), por lo que podemos imaginar que el impacto a nivel de la salud poblacional puede ser alto.

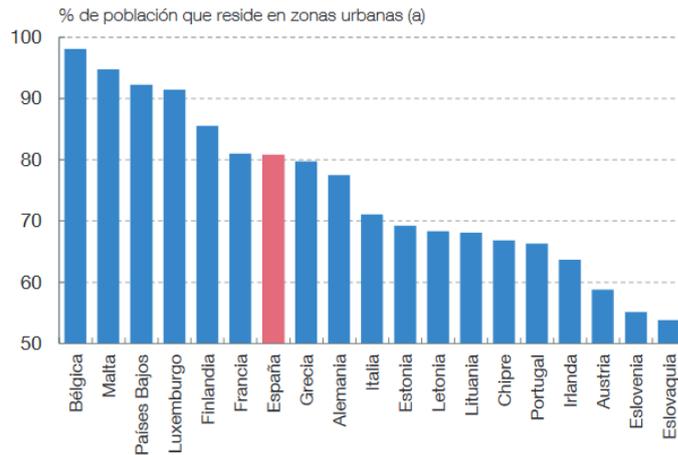


Figura 1. Porcentaje de población que vive en zonas urbanas en Europa por países.

Asimismo, la merma en la salud poblacional impacta en muchos sectores, desde el social al sanitario, político o económico. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se estima que los problemas de salud mental suponen a Europa un gasto de más de 600 mil millones de euros anuales, o más del 4% del PIB, de los que un tercio se destina a gastos sanitarios directos (8).

En los últimos años numerosos estudios han confirmado la relación entre diversos trastornos mentales como ansiedad, depresión, suicidio, trastornos psicóticos o neuropsiquiátricos y factores ambientales tales como la contaminación atmosférica química(9) (10) (11), la contaminación acústica (12) (13) (14) y diversas variables meteorológicas (15), como las altas (16) (17) o bajas temperaturas (18), horas de luz (19), viento (20) (21), humedad (11) (12) o presión atmosférica (23) (24). Además esta asociación repercute en aumentos de los ingresos hospitalarios urgentes por estas causas(11) (25) (26).

Las pruebas emergentes sugieren que la inflamación y el estrés oxidativo son factores cruciales en la patogénesis de los trastornos inducidos por la contaminación atmosférica, impulsados por el aumento de la producción de mediadores proinflamatorios y especies reactivas del oxígeno en respuesta a la exposición a diversos contaminantes atmosféricos (27).

Los contaminantes afectan al cerebro humano a través de vías neuroinflamatorias que también han demostrado causar fenotipos similares a la depresión en estudios con animales (9). También se sugiere la implicación del sistema neuroendocrino y la respuesta de este al estrés, esta es una característica de muchos procesos patológicos, incluidos los asociados a la contaminación atmosférica (10).

En nuestro país, existe legislación, normativas y planes para el control de algunos de estos factores. La legislación relativa a la calidad del aire actualmente vigente es el Real Decreto 102/2011, del 28 de enero, el cual traslada el contenido de las directivas europeas al ordenamiento jurídico español (28). Desde 1987, la OMS publica periódicamente directrices sobre la calidad del aire relacionadas con la salud para ayudar a los gobiernos y a la sociedad civil a reducir la exposición humana a la contaminación del aire y sus efectos adversos.

En 2021 la OMS publica un nuevo informe (29), que sirve de actualización al último publicado en 2005, ante la evidencia creciente sobre los efectos adversos de la contaminación atmosférica para la salud. Este informe ofrece recomendaciones cuantitativas para la gestión de la calidad

del aire en relación a concentraciones de los contaminantes atmosféricos clave a largo o corto plazo. Sobrepasar los niveles que figuran en sus recomendaciones está asociado a riesgos importantes para la salud pública. Estas directrices no son normas vinculantes jurídicamente pero pretenden servir como herramienta y guía para la elaboración de leyes y políticas en los estados miembros. En la figura 2 se representan los valores de la normativa actual europea junto con los de la OMS previos y actualizados.

Contaminante	Directrices OMS 2.005 Valores umbrales (µg/m³)					Normativa España (RD 102/2011) Valores límite, niveles críticos, umbrales y objetivos (µg/m³)					Directrices OMS 2.021 Valores umbrales (µg/m³)					
	Anual	24 horas	8 horas	1 hora	10 min	Anual	Diario	8 Horas	1 hora		Anual	24 horas	6 meses	8 horas	1 hora	10 min
									VL	Alerta						
Partículas 2.5µm	10	25				25					5↓	15↓				
Partículas 10 µm	20	50	3 o 4 veces			40	50	36 veces			15↓	45↓	3 o 4 veces			
Ozono (O ₃)				100				120	25 veces	240			60 (a)	100	3 o 4 veces	
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	40			200		40		200	18 veces	400	10↓	25			200	
Dióxido de Azufre (SO ₂)		20	3 o 4 veces		500	20	125	3 veces	350	24 veces	500	40↑	3 o 4 veces			500

* en rojo valores o requisitos de la norma que implican superación de los valores umbrales de la OMS del 2.005.

↑ ↓ Variación OMS entre 2005 y 2021.

* en naranja valores o requisitos de la norma que implican la superación de los nuevos valores umbrales de la OMS de 2.021

(a) Valor promedio de los máximos octohorarios diarios durante los seis meses consecutivos con los mayores valores de ozono.

Figura 2. Directrices de la OMS y Normativa española en relación a la calidad del aire.

En cuanto al ruido, la legislación actualmente vigente en nuestro país es el Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido. Para diferentes situaciones existe un límite de ruido aplicable, tanto en horario diurno como nocturno. Las comunidades autónomas y los ayuntamientos pueden complementar la legislación nacional con ordenanzas o reglamentos adaptados a las diferentes regiones. En la última guía de la OMS sobre ruido (2018) (30), para el tráfico rodado, la fuente de contaminación más común, recomienda reducir el nivel de ruido medio diario por debajo de los 53 dB (A) y durante la noche, se recomienda mantenerlo por debajo de los 45 dB (A). En cuanto al ruido provocado por el tráfico ferroviario, el nivel acústico medio diario se debe situar por debajo de los 54 dB (A) y 44 dB (A) durante la noche. Por último para el tráfico aéreo, son más restrictivos, recomiendan que el nivel acústico medio diario permanezca por debajo de los 45 dB (A), y por debajo de los 40 dB en horario nocturno. En general los decibelios permitidos en la calle estarán comprendidos entre los 45 dB (A) y 65 dB (A) por el día y por la tarde, y de 40 dB (A) a 45 dB (A) por la noche, en función del uso predominante existente en la zona.

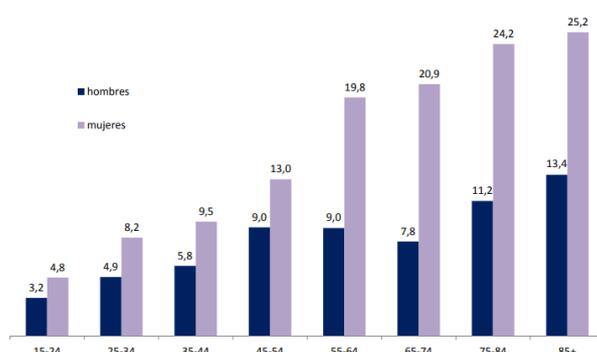
En relación a las temperaturas, en nuestro país se creó el Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los efectos de los excesos de temperaturas sobre la salud, cuyo objetivo es reducir el impacto sobre la salud de la población como consecuencia del exceso de temperatura (31). Establece las medidas para reducir los efectos asociados a las temperaturas excesivas, coordinando a las instituciones del Estado implicadas, así como también se proponen acciones que puedan ser realizadas a nivel más local, por las Comunidades Autónomas o la Administración Local. Sin embargo no existe en nuestro país un plan similar para las temperaturas bajas a pesar de que los efectos del frío en España son similares a los del calor (32)

No existen planes ni recomendaciones sobre la influencia en la salud de otros factores ambientales y meteorológicos y, en los anteriormente citados, no se suele contemplar el impacto que tienen específicamente en la salud mental.

La prevalencia y la incidencia de trastornos mentales están aumentando en todo el mundo y se han considerado una prioridad de salud pública mundial ya que suponen un impacto significativo en la salud, además de provocar importantes consecuencias sociales y económicas. Se calcula que en 2019 casi mil millones de personas los sufrieron, lo que supone alrededor del 13% de la población mundial (33).

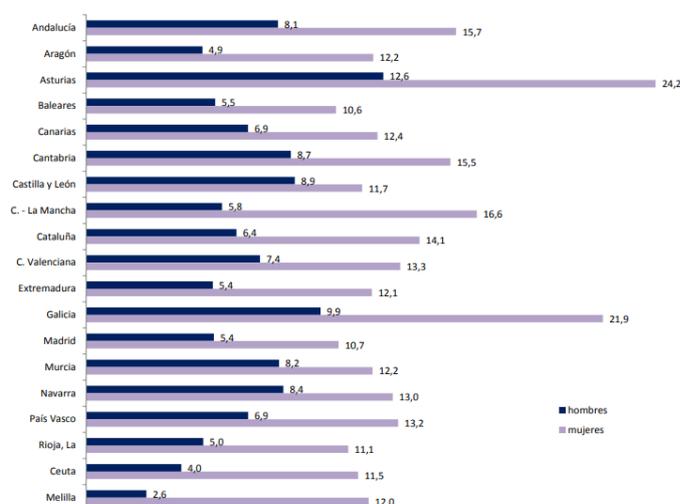
La depresión es el trastorno mental más frecuente y una de las principales causas de discapacidad en todo el mundo. Afecta a más de 264 millones de personas a nivel mundial, con mayor prevalencia en las mujeres que en los hombres (34)

En España, según los resultados de la Encuesta Nacional de Salud de España (ENSE) de 2017, más de una de cada diez personas de 15 o más años refirió haber sido diagnosticada de algún problema de salud mental (10,8%) (35). Las mujeres refieren estos problemas con mayor frecuencia que los hombres y la prevalencia aumenta con la edad (Figura 3) (35). En el caso de Madrid la prevalencia se sitúa en 10,7% y 5,4% respectivamente (Figura 4) (35).



*padecida en los últimos 12 meses y diagnosticada por un médico.

Figura 3. Prevalencia de alguna enfermedad mental según sexo y grupo de edad (%). Encuesta Nacional de Salud de España 2017.



*padecida en los últimos 12 meses y diagnosticada por un médico.

Figura 4. Prevalencia de alguna enfermedad mental según sexo y comunidad autónoma (%). Encuesta Nacional de Salud de España 2017.

En cuanto a los ingresos hospitalarios, según la Encuesta de Morbilidad Hospitalaria (EMH) del año 2019 (36) en nuestro país, los grupos de diagnósticos que causaron más estancias hospitalarias fueron los trastornos mentales y del comportamiento (15,1% del total) y a su vez estas patologías suponen también ingresos más largos. En Madrid, en ese mismo año un 14,7% del total de estancias hospitalarias se debieron a estas causas.

A pesar de que existen estudios que muestran la relación entre los ingresos por causas específicas como depresión y ansiedad y la contaminación atmosférica o el ruido de forma independiente, son pocos los que analizan el impacto combinado de estas y otras variables sobre los ingresos hospitalarios por patología mental.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS)

2.1. Hipótesis

Existe una asociación significativa entre diversos factores ambientales y los ingresos no programados diarios por causas relacionadas con la salud mental (Anexo I) en hospitales de la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM).

2.2. Objetivos

2.2.1 Objetivo general:

Analizar el impacto de diversos factores ambientales sobre los ingresos hospitalarios urgentes a nivel diario por trastorno mental en la CAM, en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de diciembre de 2018.

2.2.2 Objetivos específicos:

- Describir el comportamiento anual de las variables ambientales incluidas.
- Describir la situación de calidad de aire en la CAM a través de los estadísticos descriptivos de las variables de contaminación química durante el periodo de estudio comparándolas con la actual legislación vigente en nuestro país y las últimas recomendaciones de la OMS.
- Determinar las relaciones funcionales entre las distintas variables independientes y los ingresos por causas de salud mental mediante diagramas de dispersión.
- Determinar qué variables de las consideradas en este estudio inciden en los ingresos hospitalarios por las causas analizadas y en qué retrasos lo hacen.
- Cuantificar el impacto de las diferentes variables estadísticamente significativas a través de los riesgos relativos, riesgos atribuibles y casos atribuibles.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio ecológico longitudinal retrospectivo de series temporales. Se analizó la relación entre los ingresos hospitalarios no programados por causas de salud mental en los hospitales de la CAM con la contaminación atmosférica química y física (acústica). Así mismo. Se tuvieron en cuenta, diferentes variables meteorológicas y variables de control de carácter estacional, autorregresivo y de tendencia de las series, que podían actuar como posibles variables de confusión.

3.2. Variable dependiente

La variable dependiente usada fueron los ingresos hospitalarios no programados diarios por trastorno mental registrados en la CAM durante el periodo del 1 de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2018, según la Clasificación Internacional de Enfermedades, 9ª y 10ª edición (CIE9-MC y CIE10-ES). La CIE10-ES se comenzó a usar desde el año 2016. Se consideraron para el análisis los ingresos por todas las causas relacionadas con la salud mental (“Trastornos mentales, del comportamiento y desarrollo neurológico y lesiones auto infligidas intencionalmente” CIE9-MC: 290-319 y E950-959; CIE10-ES:F00-F99 y X71-X83 y T14.91), y de manera separada por las siguientes causas: trastornos psicóticos no relacionados con el estado de ánimo (CIE-MC9: 295.0-295.9 y 297.0-298.9 y 301.22; CIE1-ES0: F20-F29), trastornos del estado de ánimo afectivos (CIE9-MC: 296.0-296.9, 300.4, 301.1, 311; CIE10-ES: F30- F39) y trastorno de ansiedad (CIE9-MC: 300.0-300.09; CIE10-ES: F41.00, F41.1, F41.8, F41.9) (Anexo I); Estos datos se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística (INE) bajo protocolo de confidencialidad. Las causas mencionadas en el párrafo anterior se desagregaron por sexo (hombres – mujeres).

3.3. Variables independientes

Las variables independientes seleccionadas fueron:

- Las concentraciones medias diarias de contaminación atmosférica química, medida en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir del conjunto de datos de todas las estaciones de medida ubicadas en la CAM, se calcularon las medias de los niveles diarios de partículas de diámetro inferior a 10 micras (PM_{10}), partículas de diámetro inferior a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3) y ozono octohorario ($\text{O}_{3\text{oct}}$: valor máximo registrado entre las 8 y las 16 horas). Estos datos se obtuvieron de la Red de Control de Contaminación Atmosférica, proporcionadas por el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD), para el periodo 1 enero 2013 – 31 diciembre 2018.
- El nivel de ruido (contaminación acústica) medido en decibelios ponderados (dB(A)). Se obtuvieron las medias equivalentes de los niveles de ruido diurno (leq_d : desde las 7 hasta las 23 horas), nocturno (leq_n : desde las 23 hasta las 7 horas) y diario (leq_{24}). Estos datos fueron proporcionados por la Red de Control de Contaminación Atmosférica, proporcionados por el Ayuntamiento de Madrid y AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) para el mismo periodo (1 enero 2013 – 31 diciembre 2018).
- Entre las variables meteorológicas se utilizaron las siguientes: los valores diarios de la temperatura máxima y mínima ($^{\circ}\text{C}$), presión atmosférica (hPa), número de horas de sol al día (horas), velocidad del viento medio diario, (km/h) y humedad relativa (media diaria en %). Estos datos meteorológicos proceden del observatorio Madrid-Retiro (Observatorio de referencia de la Comunidad de Madrid), proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), para el periodo antes citado (1 enero 2013 – 31 diciembre 2018).
- También se utilizaron las siguientes variables de control: estacionalidad anual (365 días), semestral (180 días), cuatrimestral (120 días) y trimestral (90 días) mediante las correspondientes funciones de senos y cosenos de estas periodicidades. Se tuvo en cuenta la tendencia de la serie con un contador n_1 que asigna un número a cada día de la serie: n_1 igual a 1 para el 01/01/2013, n_1 igual a 2 para el 02/01/2013 y así sucesivamente. Se crearon variables “dummies” para los días de la semana y se controló por el carácter autorregresivo de la variable dependiente. Así mismo, se controló por los días festivos incluyendo los de Semana Santa y Navidad en el periodo de estudio.

3.4. Análisis estadístico

Primero se realizó un análisis descriptivo de todas las variables del estudio (dependientes e independientes). Según los Valores Guía para calidad del aire establecidos por la última recomendación de la OMS de 2021 (29) y de los Valores Límite de la normativa española (RD 102/2011) (28), se calculó el porcentaje de días en los que se superaron estos valores. Para comprobar la distribución temporal de las variables y la posible existencia de “valores fuera de serie” (outlayers), se dibujaron gráficos de secuencias de las variables, tanto la dependiente como las independientes.

Según estudio previos (37) las relaciones funcionales entre los ingresos hospitalarios y las variables ambientales siguen una distribución lineal sin umbral en todos los casos excepto para temperatura y ozono. No obstante se comprobó que también ocurría para el caso de los ingresos hospitalarios ocurridos en la Comunidad en el periodo citado.

En cuanto al ozono diario, se comprobó que la relación funcional entre este y los ingresos hospitalarios por causas de salud mental era de tipo cuadrática. Se calculó el nivel de ozono diario correspondiente al mínimo de la función cuadrática mediante su correspondiente ajuste a un polinomio de orden 2, para parametrizar la función, determinándose este valor en $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se creó una nueva variable (“O3alto”) para identificar aquellos valores que superaron el umbral calculado:

$$O_{3\text{alto}} = 0, \text{ si } [O_3] < 74 \mu\text{g}/\text{m}^3$$
$$O_{3\text{alto}} = O_3 - 74 \mu\text{g}/\text{m}^3, \text{ si } [O_{3o}] > 74 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

En el caso de la temperatura, se realizó un procedimiento similar. Según estudios previos (38) el umbral a partir del cual se estima que aumenta la mortalidad es una temperatura de 34°C para la definición de ola de calor y -2°C para la definición de ola de frío. Para esto fueron creadas dos nuevas variables, definidas como:

$$T_{\text{cal}} = 0, \text{ si } T_{\text{max}}^\circ\text{C} < 34$$
$$T_{\text{cal}} = T_{\text{max}}^\circ\text{C} - 34^\circ\text{C}, \text{ si } T_{\text{max}}^\circ\text{C} > 34$$

$$T_{\text{frío}} = 0, \text{ si } T_{\text{min}}^\circ\text{C} > -2$$
$$T_{\text{frío}} = -2^\circ\text{C} - T_{\text{min}}^\circ\text{C}, \text{ si } T_{\text{min}}^\circ\text{C} < -2$$

En cuanto a la presión atmosférica, ya que su valor depende de la columna de aire que se tiene encima y esto a su vez depende de la altitud, que es constante, la presión atmosférica prácticamente es constante y no tiene gran interés como tal. Entonces se creó una nueva variable (“tendencia presión”), para resaltar en el modelo las variaciones diarias de presión. Una tendencia presión positiva es compatible con un escenario anticiclónico y negativa con uno ciclónico. Según estudios previos, sabemos que los cambios bruscos en la presión atmosférica son los que pueden influir en la salud (39).

Para las variables de contaminación atmosférica química, acústica y meteorológicas se realizaron retardos (llamados “lags”), ya que el efecto en salud de las variables independientes sobre la dependiente puede estar desfasada en el tiempo. Para las variables de contaminación, PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, NO_2 y el ruido, el efecto puede retrasarse 5 días (40,41), y para el ozono hasta 9 días (41). El efecto de los cambios de presión puede detectarse hasta 8 días después y el efecto de la humedad relativa alcanza los 14 días (41). En cuanto a la temperatura, el efecto de las altas temperaturas puede retrasarse hasta los 5 días (42) y en el caso del frío llega a los 14 días (37).

Se realizaron modelos lineales generalizados (GLMs) con link de regresión Poisson, controlando la sobredispersión, para determinar el impacto de la contaminación atmosférica química y acústica sobre los ingresos hospitalarios diarios por las causas mencionadas. Se incluyeron inicialmente todas las variables, las de contaminación química y acústica y las variables meteorológicas con sus correspondientes desfases temporales así como las variables de control de estacionalidad, tendencia y carácter autorregresivo y se fueron eliminando de manera gradual aquellas con menor influencia (tomando como referencia la significación estadística) hasta que todas las variables tenían una significación de $p < 0,05$ (método Backward o de “eliminación hacia atrás”). Una vez obtenidos los valores de los estimadores significativos se calcularon los riesgos relativos (RRs); en la mayoría de variables independientes se calculan por cada incremento de una unidad salvo en el caso del material particulado, NO_2 y ozono que se calculan a partir del incremento del riesgo por cada aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Además se estimaron los riesgos de ingreso por causas relacionadas con salud mental atribuibles (RA) a las variables independientes mediante los riesgos relativos (RR) calculados, según la ecuación de Coste y Spira (1991):

$$RA = \frac{(RR - 1)}{RR} \times 100$$

Partiendo de esto, se calculó el número de ingresos diarios atribuibles a las variables que resultaron significativas a partir de los riesgos atribuibles considerando el nivel o concentración del factor correspondiente por día.

El análisis estadístico se llevó a cabo con el software STATA v15 (StataCorp LP, College Station, Texas 77845 USA) principalmente y IBM SPSS Statistics v28 (IBM Corp, Armonk, NY)

4. RESULTADOS

4.1. Estadísticos descriptivos y gráficos de secuencia.

A continuación se presentan los estadísticos descriptivos y los gráficos de secuencia de las variables independientes y la variable dependiente utilizada en el estudio.

4.1.1. Variable dependiente

La variable resultado es los ingresos no programados a nivel diario por trastorno mental (Anexo I) registrados en la CAM durante el periodo 2013 a 2018. En la Tabla I se muestran los estadísticos descriptivos de la variable dependiente. Hay un total de 2191 observaciones, uno por día del periodo citado. El máximo diario de ingresos no programados por trastorno mental registrado es de 61 ingresos y el mínimo 7, con una media de 31 ingresos por día. En total en el periodo analizado se produjeron 67225 ingresos.

Tabla I. Estadísticos descriptivos variable dependiente.					
Variable	Media	SD	Min	Max	Obs
Ingresos totales salud mental	30,68	9,45	7	61	2191
Ingresos en mujeres	15,99	5,84	2	34	2191
Ingresos en hombres	14,69	5,14	2	36	2191

SD: desviación estándar. Min: mínimo. Max: máximo. Obs: número de observaciones.

A continuación se muestra el gráfico de secuencia de ingresos diarios por trastorno mental en la CAM (Figura 5). En el eje de ordenadas se representa los ingresos diarios es esa comunidad y en el eje de abscisas el tiempo de estudio expresado en años. Analizando la tendencia y estacionalidad de los ingresos diarios por causas de salud mental mediante gráficos de secuencia, se observa que no existe una variación en la tendencia y tampoco se ve clara estacionalidad.



Figura 5. Gráfico de secuencia del número de ingresos diarios no programados en hospitales de la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018

4.1.2. Variables independientes

Las variables independientes, como especifiqué anteriormente, son las concentraciones medias diarias de contaminación atmosférica química medidas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM10, PM2,5, NO2 y ozono), el nivel de ruido (contaminación acústica) medido en dB(A) y las variables meteorológicas: temperatura máxima y mínima diaria ($^{\circ}\text{C}$), presión atmosférica (hPa), número de horas de sol al día, velocidad del viento (km/h) y humedad relativa (media diaria en %).

En la Tabla II se muestran los estadísticos descriptivos de estas variables.

Tabla II. Estadísticos descriptivos variables independientes.					
Variable	Media	SD	Min	Max	Obs
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19,00	9,72	2,92	85,74	2191
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10,31	4,74	3,15	33,08	2191
NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	30,74	14,51	5,78	90,86	2191
O3 diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	56,43	23,01	6,13	113,68	2191
O3octorario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78,55	28,84	9,94	171,47	2191
Humedad relativa (%)	59,67	16,32	19,00	95,17	2191
Presión atmosférica (hPa)	940,67	6,02	911,78	962,60	2191
Ruido diurno (dB)	55,82	2,48	41,70	62,10	2191
Ruido nocturno (dB)	47,98	2,57	36,28	61,43	2191
Ruido diario (dB)	54,07	2,41	40,22	59,99	2191
Tª max ($^{\circ}\text{C}$)	21,09	9,08	2,80	40,00	2191
Tª min ($^{\circ}\text{C}$)	10,95	6,77	-3,00	25,90	2191
Viento (km/h)	6,41	3,04	0,00	18,71	2191
Horas de luz	8,14	4,27	0,00	14,42	2191

SD: desviación estándar. Min: mínimo. Max: máximo. Obs: número de observaciones. Tª: temperatura.

Si analizamos la tendencia y estacionalidad de las concentraciones de partículas mediante gráficos de secuencia, en general observamos que no presentan variaciones en la tendencia. En cuanto a la estacionalidad se aprecia que todas las variables tienen un componente “cíclico” variando en invierno y en verano. A continuación se presentan y se comentan algunos gráficos de secuencias de estas variables:

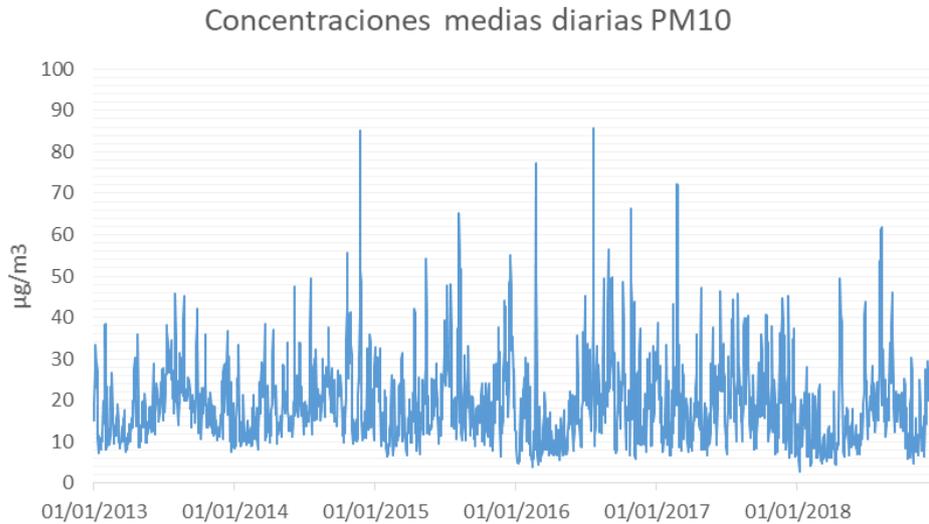


Figura 6. Gráfico de secuencia de las concentraciones medias diarias de PM10 en la Comunidad de Madrid durante el periodo 2013-2018.

En el eje de ordenadas se muestran las concentraciones medias diarias en µg/m³ de partículas cuyo diámetro aerodinámico es menor que 10 µm, de las estaciones de medición de la Comunidad de Madrid y en el eje de abscisas el tiempo, representando el periodo de 2013 a 2018. En cuanto a estas partículas se aprecian mayores concentraciones en los meses de verano.

A continuación se muestran los gráficos de secuencia de la variable ruido, tanto el medido diurno como el nocturno. En el eje de ordenadas se muestra el nivel de ruido medio diario (diurno y nocturno) medido en decibelios en la Comunidad de Madrid y en el eje de abscisas el tiempo medido en días durante el periodo 2013 a 2018. Al igual que en las variables anteriores no se aprecia tendencia pero sí estacionalidad coincidiendo los picos de mayor ruido con los meses fuera de verano.

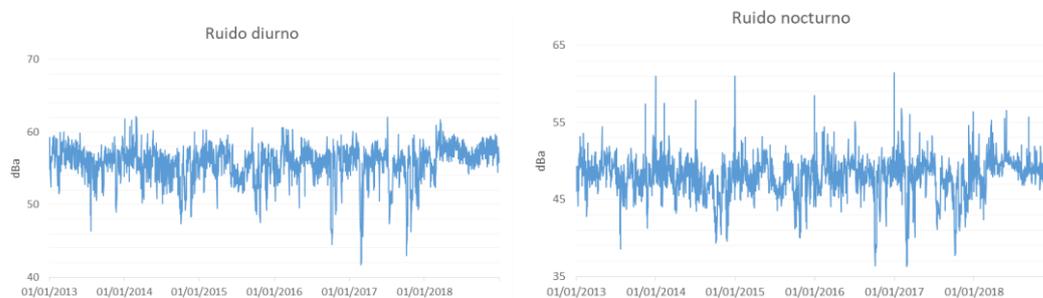


Figura 7. Gráfico de secuencia del nivel medio de ruido diurno y nocturno diario en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018

En cuanto a las variables meteorológicas no presentan una tendencia cambiante en el periodo estudiado sin embargo en este caso la estacionalidad es intrínseca a estas variables ya que en invierno y en verano las condiciones climatológicas son diferentes.

En el Anexo II se incluyen todos de los gráficos de secuencia realizados de las variables independientes.

4.2. Análisis de la superación de los valores de referencia de calidad de aire y ruido

4.2.1. Análisis de la superación de valores de referencia de calidad de aire establecidos por el último informe de la OMS (2021) y los valores límite de la normativa española (RD 102/2011).

A partir de los datos de calidad del aire de la CAM recopilados para el estudio se realizó un análisis de la superación de los valores de referencia establecidos por la OMS y los valores límite de la normativa europea (Figura 2).

A la hora de analizar la superación de los límites de las concentraciones de los diferentes contaminantes hay que tener en cuenta que con que solo una estación de medición que supere los umbrales de la normativa ya está incumpliendo la legislación. Sin embargo, en nuestro estudio, hemos analizado esta superación usando la medición media de las estaciones, no teniendo datos de cada estación individualmente. Es presumible, por tanto, que se lleguen a superar en más ocasiones ya que pueden diluirse los valores máximos al usar el promedio.

Se analizó la media de los valores diarios de las estaciones de medida de la CAM de material particulado, dióxido de nitrógeno y ozono, medidos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Según estos datos los valores medios están dentro del límite de la normativa europea para material particulado y dióxido de nitrógeno, no siendo así para ozono, ya que se incumple la legislación vigente en varios de los años analizados. Sin embargo, si tomamos como referencia las últimas recomendaciones de la OMS, los límites se superan anualmente en todo el periodo estudiado.

Sin embargo, como especifiqué anteriormente, al utilizar las medias de las concentraciones registradas en las estaciones de medida de calidad del aire, estos datos pueden llevar a error, ya que con una sola estación de la CAM que incumpla estos requisitos estaríamos incumpliendo la normativa. Esto es muy probable que ocurra teniendo en cuenta el nivel de contaminación superior en algunas zonas de la región.

4.2.2. Análisis de la superación de los valores de referencia de niveles de ruido.

En cuanto al ruido, tomando como referencia los límites recomendados por la OMS para el tráfico rodado, en el caso del ruido diario (valor límite 53 dB) se ven sobrepasados los límites 1854 días del periodo analizado (84% del total) y para el nivel de ruido nocturno (valor límite 45 dB) 1963 días (casi el 90% del total). Para el nivel de ruido durante el día no establece el límite como tal, pero si tomamos como referencia el límite de nivel de ruido medio diario (53 dB) se vería superado 2014 días (92% del total del periodo).

4.3. Relaciones funcionales y diagramas de dispersión

Como se ha demostrado en estudios previos, la relación existente entre algunas variables ambientales y sus efectos en salud sigue una distribución lineal, tanto para mortalidad como para hospitalizaciones, excepto para la temperatura y el ozono que sigue una distribución cuadrática (41–45). Para el análisis hemos usado de referencia esta demostración, no obstante, para evaluar si existía una relación funcional y de qué tipo hemos trazado diagramas de dispersión para algunas variables. Estos diagramas proporcionan información sobre el tipo de relación que existe (lineal u otra) con respecto a dichos ingresos en el período analizado.

A continuación se muestra el diagrama de dispersión para los ingresos diarios no programados en la Comunidad de Madrid por patología mental y el ruido en el periodo 2013-2018:

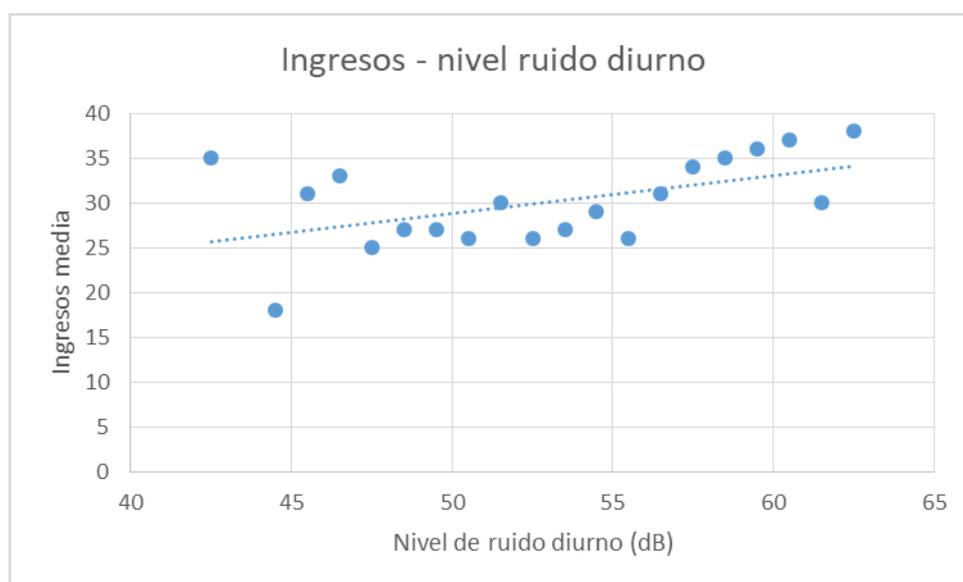


Figura 8. Diagrama de dispersión entre el nivel medio de ruido dB (A) y los ingresos por patología mental en Madrid en el periodo 2013-2018.

4.4. Modelos de regresión de Poisson

Para cuantificar la asociación entre la variable dependiente y las independientes se realizaron modelos de regresión de Poisson multivariados.

Se observó que los ingresos hospitalarios por patología mental se relacionan significativamente con el nivel de ruido diurno sin retardo, las horas de luz en el retardo 4, la velocidad del viento en el retardo 1 y la humedad relativa en el retardo 4. Para las horas de luz y la humedad relativa esta relación es negativa, es decir, que a menos horas de luz más ingresos. La estacionalidad se presenta en ciclos semestrales y trimestrales.

A su vez, también se realizaron modelos de regresión para las mismas variables pero desagregando por sexo (mujeres y hombres).

Los ingresos por patología mental en las mujeres se relacionan significativamente con la humedad relativa sin retardo, la presión atmosférica en el retardo 12, la insolación en el retardo 0 y en el 5, la velocidad del viento en el retardo 1 y el ruido diurno sin retardos. Como en el caso anterior, las horas de luz y la humedad tenían una relación negativa. La estacionalidad se presentaba en ciclos semestrales y trimestrales, al igual que para los ingresos totales.

Los ingresos por patología mental en hombres se relacionaron con la insolación en el retardo 4, la velocidad del viento en el retardo 13 y la humedad relativa en el retardo 4. Al igual que los anteriores tanto las horas de luz como la humedad relativa tenían una relación negativa por lo que se interpretan como que a menos horas de luz más ingresos. La estacionalidad en este caso presentaba ciclos trimestrales.

La humedad relativa la consideramos en estos modelos como variable de confusión.

A continuación se muestra un ejemplo del modelo final del análisis con las variables que finalmente resultaron ser estadísticamente significativas para los ingresos totales.

```
. poisson psi psil i.sem festivo nl sinl80 cosl20 rh4 insollag4 vientos Ld
```

```
Iteration 0: log likelihood = -6913.3588
Iteration 1: log likelihood = -6913.323
Iteration 2: log likelihood = -6913.323
```

```
Poisson regression                               Number of obs   =    2,187
                                                LR chi2(15)     =   4301.60
                                                Prob > chi2     =    0.0000
Log likelihood = -6913.323                       Pseudo R2      =    0.2373
```

	psi	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
	psil	.0020296	.0006215	3.27	0.001	.0008116 .0032477
	sem					
	2	.0236414	.0167511	1.41	0.158	-.00919 .0564729
	3	-.0254985	.0177244	-1.44	0.150	-.0602378 .0092407
	4	-.0375343	.0171495	-2.19	0.029	-.0711466 -.003922
	5	-.028279	.0168459	-1.68	0.093	-.0612965 .0047384
	6	-.541916	.0186909	-28.99	0.000	-.5785495 -.5052824
	7	-.6295165	.0165802	-37.97	0.000	-.6620131 -.5970199
	festivo	-.4130451	.0240061	-17.21	0.000	-.4600961 -.3659941
	nl	.000024	6.24e-06	3.85	0.000	.0000118 .0000363
	sinl80	-.0222472	.0055423	-4.01	0.000	-.03311 -.0113844
	cosl20	-.0241361	.0055517	-4.35	0.000	-.0350172 -.013255
	rh4	-.0009797	.0004119	-2.38	0.017	-.0017871 -.0001724
	insollag4	-.0039985	.0015662	-2.55	0.011	-.0070682 -.0009287
	vientos	.0033267	.0013153	2.53	0.011	.0007488 .0059047
	Ld	.0032756	.0016661	1.97	0.049	.0000101 .0065412
	_cons	3.380334	.0986381	34.27	0.000	3.187007 3.573662

Figura 9. Ejemplo de modelo final de regresión de Poisson para ingresos por patología mental.

Se calcularon los riesgos relativos y los riesgos atribuibles para los incrementos en una unidad de cada una de las variables explicativas que han resultado estadísticamente significativas en el modelo final de Poisson, excepto la humedad relativa por actuar posiblemente como variable de confusión. En la Tabla III se muestran los riesgos relativos y atribuibles con sus respectivos intervalos de confianza además del retardo en el que la variable resulta significativa.

Tabla III. Riesgos relativos y Riesgos atribuibles con intervalos de confianza al 95% para cada incremento de una unidad en las variables explicativas sobre los ingresos por patología mental, total y desagregada por sexo en todos los grupos de edad.

Ingresos totales							
	Lag	RR	IC 95% RR		RA	IC 95% RA	
Horas de luz*	4	1,004	1,001	1,007	0,398	0,093	0,704
Velocidad viento	1	1,0033	1,0007	1,0059	0,3321	0,0748	0,5887
Ruido diurno	0	1,0033	1	1,0066	0,3270	0,0010	0,6520
Ingresos mujeres							
	Lag	RR	IC 95% RR		RA	IC 95% RA	
Tendencia presión	12	1,004	1,001	1,006	0,354	0,065	0,641
Horas de luz*	0 y 5**	1,007	1,003	1,012	0,740	0,313	1,166
Velocidad viento	1	1,005	1,001	1,008	0,464	0,105	0,822
Ruido diurno	0	1,005	1,0004	1,01	0,498	0,04	0,954

Ingresos hombres							
	Lag	RR	IC 95% RR		RA	IC 95% RA	
Horas de luz*	4	1,006	1,0014	1,0103	0,579	0,136	1,02
Velocidad viento	13	1,0063	1,0027	1,01	0,6308	0,2669	0,9933

Lag: retardo. RR: riesgo relativo. IC: intervalo de confianza. RA riesgo atribuible * En el caso de las horas de luz la interpretación es que a menos horas de luz más ingresos. **Cuando han resultado significativos más de un lag para una misma variable independiente, se calcula el RR combinado (sumatorio) de los lags significativos.

Se puede observar que los ingresos por patología mental sin desagregar por sexo se relacionan con el ruido diurno, las horas de luz, la velocidad del viento y la humedad relativa. Para las mujeres se encuentra la misma relación con las variables independientes añadiéndose la tendencia presión. En el caso de los ingresos en hombres el ruido diurno no resultó significativo, siendo similares las demás variables.

Las horas de luz se relacionan de manera negativa pudiéndose interpretar que a más horas de luz (insolación) menos ingresos. En general podemos ver que los retardos que con más frecuencia dan un resultado significativo son el 0 para el ruido diurno, es decir, que el aumento de los ingresos se produce el mismo día del aumento de ruido; el retardo 4 para las horas de luz, es decir, que se produce un aumento de los ingresos al 4º día de los días oscuros; y el retardo 1 para la velocidad del viento, es decir, que el aumento de los ingresos se produce al día siguiente del aumento del viento.

Se calcularon a su vez el número de ingresos por año atribuibles a cada factor ambiental significativo a partir de los riesgos atribuibles. Los resultados se presentan en la Tabla IV.

Tabla IV. Número de ingresos atribuibles con intervalos de confianza al 95% para cada incremento de una unidad en las variables explicativas sobre los ingresos por trastorno mental para todos los grupos de edad.		
	Lag	Nº medio de ingresos por causas de salud mental por año
Ruido diurno umbral*	0	529 (6 - 469)
Velocidad viento	1	2028 (461 - 3687)
Horas de luz**	4	2458 (571 - 4363)
		Nº medio de ingresos por causas de salud mental por año (mujeres)
Ruido diurno umbral*	1	384 (31 - 732)
Horas de luz**	0 y 5***	169 (71 - 266)
Velocidad Viento	0	81 (18 - 167)
		Nº medio de ingresos por causas de salud mental por año (hombres)
Velocidad viento	13	102 (43 - 160)
Horas de luz **	4	124 (28 - 214)

Lag: retardo. *Ruido diurno umbral se refiere al nivel de ruido restando el valor mínimo de ruido registrado, ya que se consideró que a efectos de ingresos no existe el escenario ruido cero. ** A menos horas de luz más ingresos por lo que el valor se debe interpretar como descenso de ingresos. ***Cuando han resultado significativos más de un lag para una misma variable independiente, se calcula el RR combinado (sumatorio) de los lags significativos.

En análisis posteriores se desagregó también la variable dependiente de ingresos totales en ingresos por causas específicas. Se estudió la relación de las variables independientes con los ingresos por patologías del estado de ánimo como depresión y trastorno bipolar y por trastornos psicóticos como esquizofrenia y psicosis (Anexo I). En el primer caso el ruido nocturno y el viento resultaron significativos en el retardo 2 y 7 respectivamente. Para el segundo caso resultó significativo la humedad relativa en el retardo 4 y la insolación en el retardo 5, ambas con relación negativa, en concordancia con los resultados anteriores. Como se especificó anteriormente la humedad relativa la consideramos una variable confusora. En la Tabla V se muestran los riesgos relativos y atribuibles con sus respectivos intervalos de confianza además del retardo en el que la variable resulta significativa.

Tabla V. RR y RA con IC 95% para cada incremento de una unidad en las variables explicativas sobre los ingresos por trastornos del estado de ánimo y trastornos psicóticos para todos los grupos de edad.							
Ingresos trastornos del estado de ánimo							
	Lag	RR	IC 95% RR		RA	IC 95% RA	
Ruido nocturno	2	1,0105	1,0042	1,0169	1,0406	0,4189	1,6583
Velocidad viento	7	1,0063	1,0011	1,0116	0,6290	0,1096	1,1457
Ingresos trastornos psicóticos							
	Lag	RR	IC 95% RR		RA	IC 95% RA	
Horas de luz*	5	1,005	1,0003	1,01	0,493	0,027	0,957

Lag: retardo. RR: riesgo relativo. IC: intervalo de confianza. RA riesgo atribuible. * En el caso de las horas de luz la interpretación es que a menos horas de luz más ingresos.

En nuestro caso no se encontró relación significativa entre los ingresos por patología mental y los contaminantes químicos ambientales u otras variables meteorológicas como la temperatura en olas de calor y frío.

5. DISCUSIÓN

En nuestro país se han realizado pocos estudios que relacionen diferentes factores ambientales con los ingresos urgentes por diversas patologías. En el caso concreto de la salud mental no se ha realizado ningún estudio que evalúe esta relación con ingresos totales por trastornos mentales y analizándolo por sexo. Este trabajo surge por tanto de la necesidad de analizar los efectos a corto plazo de diferentes factores ambientales, tanto de contaminación como meteorológicos, y los ingresos hospitalarios por patología mental en general en nuestro país.

Los resultados de nuestro estudio muestran asociación estadísticamente significativa entre el ruido, las horas de luz, la velocidad del viento y los ingresos hospitalarios urgentes por causas mentales, variando algo esta asociación entre hombres y mujeres. Entre las mujeres la tendencia de presión atmosférica muestra también asociación y en los hombres el ruido no resulta significativo.

Otros estudios similares apoyan estos resultados. En un estudio reciente realizado en Madrid que analizaba los efectos del ruido del tráfico y otros factores ambientales con los ingresos hospitalarios de urgencia por suicidio, depresión y ansiedad se encontró relación entre los ingresos urgentes por estas patologías y el ruido, no encontrándose sin embargo asociación con contaminantes ambientales químicos (46).

En otros estudios que analizaban los efectos de diferentes factores ambientales sobre los ingresos por diversas enfermedades como Parkinson(25), demencia (45) o esclerosis múltiple (47), también se encontró relación con la contaminación acústica. En el caso del Parkinson y esclerosis múltiple tampoco se encontró relación con la contaminación atmosférica química. Hay estudios que apoyan que el ruido tiene un mayor impacto en la salud que la contaminación atmosférica (48). Una revisión sistemática publicada recientemente también apoya estos resultados, encontrándose relación entre el ruido y trastornos como la depresión y ansiedad (49).

Como se mencionó anteriormente aproximadamente en un 90% de los días del periodo estudiado se incumplen los límites de ruido recomendados en la última guía de la OMS (30). En el análisis, el nivel de ruido diurno se relacionó con la variable dependiente analizada sin desagregar por sexo y para todos los grupos de edad. Este hallazgo debe hacernos reflexionar sobre la necesidad de actualizar la normativa estatal y de las comunidades autónomas a las recomendaciones de la OMS y asegurar su cumplimiento ya que está ampliamente demostrado que la superación de los niveles de ruido impacta en la salud y los hallazgos de nuestro estudio apoyan esta afirmación. Desagregando por sexo, el nivel de ruido se relacionó con la variable dependiente en el caso de las mujeres, no así en el caso de los hombres. Hay estudios que sugieren una mayor sensibilidad al ruido en las mujeres (13) (50). Estas diferencias nos deben hacer tomar en consideración el género para la elaboración de políticas de salud pública relacionadas con el ruido.

En relación al mecanismo biológico por el cual el ruido afecta a la salud mental hay diversas teorías. El ruido podría provocar anomalías en la respuesta al estrés en el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HPA) y en la neurotransmisión de serotonina (10). En personas con depresión, una hiperreactividad del eje HPA puede provocar inestabilidad y aumentar el riesgo de suicidio (51). Desde el punto de vista molecular hay estudios experimentales que sugieren que la exposición al ruido puede aumentar los niveles de hormonas del estrés, lo cual desencadenaría y activaría vías inflamatorias y de estrés oxidativo (27).

El ruido se procesa como un factor de estrés ya que tiene un impacto psicológico que comienza con la llegada de la señal sonora a las estructuras auditivas del tálamo y culmina con la excitación del hipotálamo; y además, opera a un nivel orgánico que comienza con la respuesta alostática del hipotálamo. En los mamíferos el principal mecanismo que gestiona la respuesta fisiológica al estrés es el eje HPA en coordinación con el sistema simpático adrenal medular (SAM). La respuesta inicial al estrés agudo se origina en el eje SAM mientras que el HPA prolonga la respuesta fisiológica (52).

Desde la perspectiva cuantitativa, para aumentos de 1dB en el valor de Leq_d para los ingresos hospitalarios urgentes por patología mental, los riesgos relativos encontrados son algo menores que en los estudios mencionados anteriormente que valoraban otras patologías realizados en la misma región; como esclerosis múltiple RR 1,21 (95% CI: 1.16, 1.26)(47), Parkinson RR 1,07 (95% CI: 1.04–1.09) (25), demencia RR 1,15 (95% CI: 1.11–1.20) (45), o mortalidad por suicidio 1,17 (IC 95% 1.05–1.30) (46). Un posible motivo de este menor valor del RR puede ser que la variable dependiente es poco específica ya que agrupa numerosas patologías mentales. En todos los casos al igual que en nuestro estudio el efecto era también para el retardo 0.

En cuanto a la insolación (horas de luz) también se ha descrito asociación entre las pocas horas de luz y la salud mental. Se ha descrito que la mayor exposición a la luz solar se relaciona con

menor número de días con trastorno mental (53) y las variaciones en la luz solar se han correlacionado con indicadores de salud mental y la prescripción de antidepresivos (54). El DSM-V incluye entre sus diagnósticos el trastorno afectivo estacional (55), que se define como la presencia de episodios depresivos recurrentes en una época determinada del año (usualmente otoño e invierno) y con remisión posterior cuando se supera ese periodo (56). Este trastorno es relativamente frecuente, cuya prevalencia en la población general se sitúa entre 1-10% (57). Entre los mecanismos implicados en su fisiopatología se encuentra la alteración del ritmo circadiano (58), la sensibilidad retiniana a la luz (59), un anormal metabolismo de la melatonina (60) y la disminución de la secreción de neurotransmisores como la serotonina (61). El patrón de prevalencia en un área específica puede no depender solo de la cantidad de luz irradiada sino también de aspectos como la polución, la presencia de nubes o zonas de construcción en sombra. En la provincia de Madrid, existen áreas que frecuentemente cumplen estos criterios, sobre todo la alta polución y zonas altamente construidas que dejan pasar poca luz entre los edificios.

No hay estudios previos que hayan estudiado las horas de luz y sus retardos como factor de riesgo del incremento de ingresos por trastorno mental. Esta variable ha resultado ser significativa para los ingresos totales por patología mental tanto en hombres como en mujeres. El efecto de la falta de luz se producía sobre todo a corto plazo, a los 4-5 días del día con poca insolación en los 3 casos y además en mujeres también producía efecto el mismo día, lo cual es un resultado especialmente relevante de este estudio.

Existen estudios que relacionan la contaminación atmosférica con la salud mental (62) y los ingresos hospitalarios causados por esta patología (63) (11) sin embargo en nuestro estudio en Madrid no hubo asociación con estos factores y los ingresos por patología mental. En otro estudio realizado en la misma región que relacionaba factores ambientales con suicidios, ansiedad y depresión tampoco se encontró asociación con contaminantes químicos (46).

Otros estudios que controlaban por múltiples factores estacionales también han encontrado resultados similares en cuanto a la asociación entre la contaminación del aire urbano y los suicidios (64,65).

Desde nuestro punto de vista hay varios factores que podrían explicar la falta de asociación entre los ingresos por patología mental y la contaminación atmosférica química, que se halló en nuestro estudio. En la Comunidad de Madrid la prevalencia de alguna enfermedad mental en la población se sitúa en torno a 5,4 – 10,7% (35) en hombres y en mujeres respectivamente. Esta prevalencia está por debajo de la media española, que se sitúa entre 7,2 y 14,2% en hombres y mujeres respectivamente (35). Esto contrasta con la mayor prevalencia de trastornos mentales en otros países donde se han realizado estudios que encontraron asociación entre los ingresos por salud mental y la contaminación atmosférica.

Nuestro estudio, además, no permitía separar por grupo de edad las posibles asociaciones existentes y este puede influir en los resultados ya que la prevalencia de los trastornos mentales varía con la edad siendo menor en menores de 30 años y nuestro estudio se realizó en todos los grupos de edad.

Otra razón añadida es que los niveles de contaminación incluidos en el estudio se corresponden con la media de las medidas de diferentes estaciones de la región, eso suaviza los picos máximos de contaminación que se pueden producir en algunas estaciones, disminuyendo por tanto su potencial impacto. Por otro lado incluir variables meteorológicas como la tendencia de presión podría ser un indicador indirecto de la contaminación. Una tendencia de presión positiva indica un comportamiento anticiclónico que mantenido durante largo tiempo puede estar indicando

de manera indirecta un aumento de la contaminación atmosférica. Este resultado es coherente con el que aparece en la tabla III en el que la asociación con los ingresos por enfermedad mental se observa en el retraso 12.

Otras variables meteorológicas como el viento, la humedad relativa y la tendencia de presión mostraron también asociación con los ingresos por patología mental. En el caso de la humedad relativa el efecto era negativo, es decir, a mayor humedad relativa menos ingresos. Este hallazgo se encontró tanto para ingresos totales en ambos sexos como para mujeres y hombres. No hay estudios en los que se haya evidenciado la relación entre la humedad ambiental y los ingresos por patología mental, sin embargo sí que se ha relacionado también negativamente con la mortalidad en un estudio realizado en la misma región (42). El efecto de la baja humedad relativa como factor de riesgo puede relacionarse con calor en el periodo estival y la entrada de polvo del Sáhara. El calor y sus indicadores se han relacionado con ingresos por enfermedad mental (66). Las partículas en suspensión existentes por ejemplo en los momentos de inclusión de polvo del Sahara, frecuente en nuestra región, se han relacionado con la incidencia de suicidios y empeoramiento de la esquizofrenia (67). No obstante, este hallazgo puede deberse a una asociación espúrea, ya que es posible que la humedad relativa actúe aquí como variable de confusión, controlando el efecto de las demás.

Por otro lado la velocidad del viento resultó actuar como factor de riesgo tanto para ingresos de salud mental en ambos sexos como para mujeres y hombres por separado. Hay estudios que correlacionan la dirección del viento con la patología mental (21) y también la velocidad del viento, como es nuestro caso. En este estudio (24) la velocidad del viento se asoció al aumento de actos violentos. Hay también estudios que correlacionan el viento con la sensación térmica de frío, llamada "wind chill" (68) y el frío se ha asociado a empeoramiento de la patología mental y aumento de los ingresos por esquizofrenia (69) (70) o ansiedad (71).

Este hallazgo, junto con el efecto de las escasas horas de luz, es concordante, ya que ambas variables pueden actuar como indicadores de ambiente frío. El efecto de la velocidad del viento, el efecto "wind chill" que explica la sensación térmica de frío, y los días con escasa luz solar suelen presentarse más frecuentemente y de manera sinérgica en los días fríos, por lo que se dan sobre todo en los meses de invierno. En nuestro estudio se analizó la variable frío medida como temperatura inferior a -2°C que es la temperatura considerada como ola de frío (38) sin embargo es posible que este umbral se haya quedado obsoleto, siendo necesario realizar más estudios para actualizar este punto considerando el cambio de clima que se está produciendo en las últimas décadas.

La homeostasis, proceso mediante el cual el cuerpo se mantiene en un estado estable cuando se modifica el entorno externo, puede estar implicada en este efecto. El principal centro integrador de la termorregulación humana se encuentra en la región preóptica y el hipotálamo anterior. Los cambios epigenéticos, como la impronta, la metilación del ADN o la acetilación de las histonas, y los factores pre y postnatales propuestos para la esquizofrenia pueden verse alterados por la disfunción termorreguladora. Se ha informado de una termorregulación anormal, es decir, hipertermia e hipotermia, en pacientes esquizofrénicos tratados con fármacos antipsicóticos o no tratados (72). La temperatura ambiente influye en la neurotoxicidad de la dopamina y la serotonina inducida por los fármacos en ratones y ratas (73). Dado que se ha demostrado que la transmisión dopaminérgica en la esquizofrenia está alterada en modelos animales, los pacientes esquizofrénicos podrían ser propensos a desarrollar una disfunción termorreguladora. Además, la sensibilidad de los pacientes con trastorno esquizoafectivo a la

temperatura puede explicarse parcialmente por las anomalías de la serotonina y la norepinefrina en el trastorno bipolar (74).

Por último la tendencia de la presión atmosférica resultó significativa y actuaba, según el análisis, como factor de riesgo en el caso de las mujeres. Las condiciones meteorológicas anticiclónicas con un tiempo cálido y humedad relativa baja se han relacionado con aumento de la frecuencia de suicidios (75). Sin embargo hay bibliografía que sugiere que bajas presiones atmosféricas se relacionan con un aumento de los comportamientos impulsivos y las visitas a urgencias (24). Es posible que esta variable pueda actuar también como variable de confusión, influyendo en el efecto de las demás y, al igual que la humedad relativa, es probable que la asociación encontrada sea debida al azar.

Para los factores ambientales para los que se encontró asociación con los ingresos por patología mental, se calculó el número de ingresos por trastornos mentales atribuibles a estos factores (Tabla IV). Durante el periodo de estudio se produjeron un total de 67225 ingresos, 11204 ingresos de media por año de estudio.

Para el caso del ruido diurno ascendería a 2028 ingresos de media por año para ambos sexos y en todos los grupos de edad. Esto supondría un 18% respecto al total de ingresos al año aproximadamente atribuibles al ruido diurno. Como se comentó anteriormente el ruido tiene una relación lineal con los ingresos pero el escenario de nivel de ruido cero no existiría como tal. Por esto se ha calculado también el número de ingresos atribuibles al ruido diurno considerando como punto de partida el nivel de ruido menor registrado en el periodo de estudio. Este valor, considerándolo como valor umbral, resultó ser 41,7 dB. Partiendo de este punto el número de ingresos atribuible disminuiría a 529 ingresos, suponiendo un 4,72% respecto al total de ingresos al año, valor que consideramos más probable por su magnitud.

Es necesario reseñar el amplio intervalo de confianza en el que se mueven los ingresos probables atribuibles a esta variable, al igual que los riesgos relativos y atribuibles a partir de los que se calculó.

El número de ingresos atribuible a las escasas horas de luz ascendería a 2458 de media por año para ambos sexos y en todos los grupos de edad. Esto supone un 16,67% respecto al total de ingresos por patología mental por año de estudio. Esta cifra impresiona por el alto porcentaje, siendo posible que se haya visto influido por otras variables de confusión no consideradas en nuestro análisis.

El cálculo de los ingresos atribuibles al resto de variables se representa en la Tabla IV.

Los hallazgos de nuestro estudio demuestran que diversos factores ambientales tanto naturales como antropogénicos influyen en los ingresos por patología mental en la CAM. Se ha demostrado ampliamente que la salud mental de las poblaciones se ve influida por interacciones complejas entre factores tanto genéticos como sociales y de estilo de vida así como ambientales. La salud mental es actualmente un problema creciente a nivel mundial y crisis sobrevenidas como la del COVID-19 agravan la situación. La mayor prevalencia e incidencia de los trastornos mentales en la población y los problemas derivados del cambio climático son pandemias paralelas.

En nuestro país actualmente no existe un sistema de vigilancia específico integrado en salud pública que monitorice la salud mental de la población, como si existe con otras enfermedades

no transmisibles. Tampoco a nivel europeo existe un sistema integrado que recoja los datos de los diferentes países. Esto supone una dificultad, tanto para la realización de estudios como para la vigilancia y la toma de medidas de respuesta.

Es necesaria más investigación al respecto y a la vez, la implementación de medidas políticas, sociales y sanitarias que velen por la salud mental de la población.

6. LIMITACIONES Y FORTALEZAS

6.1. Limitaciones

Los valores de los contaminantes y de las variables meteorológicas son el resultado de la media de las mediciones de diversas estaciones de medida localizadas en diferentes áreas de la Comunidad de Madrid, lo cual puede suavizar el impacto ya que no tiene en cuenta los picos máximos de contaminantes tanto químicos como acústico, que se producen en algunas zonas de la región.

Otra limitación es la heterogeneidad de estas estaciones de medición, la mayoría de las estaciones se sitúan en zonas urbanas pero también hay estaciones fuera de ellas. Estos sesgos se minimizan mediante la inclusión de variables de control en los modelos, como la tendencia, la estacionalidad y el carácter autorregresivo de las series. Por otro lado como ocurre en los estudios que analizan el efecto de la contaminación atmosférica sobre las variables sanitarias, existe un problema de desajuste (76).

No hay que olvidar que las características físicas y socioeconómicas del barrio se relacionan con los trastornos de conducta (77). Estas variables no fueron consideradas en este estudio.

Tampoco se consideraron la existencia de comorbilidades que puedan alterar el diagnóstico de ingreso (78).

Los datos de los ingresos se han obtenido de la EMH, lo cual solo incluye un diagnóstico al ingreso, y no los secundarios como en el Conjunto Mínimo Básico de Datos (CMBD). Esto puede conllevar que no se consideren algunos diagnósticos de salud mental concomitantes a la causa de ingreso principal.

Al tratarse de un estudio con datos agregados y considerando además las limitaciones anteriores los resultados no se pueden extrapolar a nivel individual.

6.2. Fortalezas

Nuestro estudio se basa en una metodología ampliamente utilizada y aceptada para la realización de este tipo de estudios ya que se ha usado previamente en estudios similares (43,45,46).

En el modelo se ha controlado por muchas variables ambientales lo cual añade valor al estudio ya que se han considerado posibles variables ambientales confusoras no consideradas en otros estudios. Además los datos utilizados proceden de fuentes oficiales fiables y las estaciones de medición de donde se han obtenido los datos de las variables ambientales son representativas de la región donde se desarrolla el estudio.

7. CONCLUSIONES.

1. Los hallazgos obtenidos en este estudio muestran que el ruido es una variable relacionada con los ingresos hospitalarios por trastornos mentales en general para todos los grupos de edad y para mujeres de manera independiente en la CAM. El porcentaje de ingresos por año atribuibles a esta variable supone un 4,72% del total. Los resultados de otros estudios realizados en la misma región para ingresos por

ansiedad, depresión, suicidio y enfermedades neurodegenerativas son concordantes en cuanto a esta variable.

2. Las escasas horas de luz y la velocidad del viento han resultado igualmente significativas pudiendo interpretarse este hallazgo como indicador del efecto de la sensación térmica de frío. Previamente no se había analizado en estudios similares el impacto de las horas de luz y la velocidad del viento sobre los ingresos por patología mental, por lo que nuestro estudio aporta conocimiento a este respecto.
3. Los resultados de este estudio pueden servir de base para la elaboración de recomendaciones y planes de salud que consideren estas variables como factores de riesgo para la salud mental; sobre todo para el caso del ruido, ya que el nivel de ruido depende fundamentalmente de las actividades antropogénicas en zonas altamente urbanizadas y con elevada densidad de tráfico. Desde el punto de vista de salud pública serían recomendables medidas al respecto.
4. Ante la prevalencia creciente de la patología mental a nivel mundial y en concreto en países desarrollados, es necesario considerar este problema como un problema de salud pública y tomar medidas políticas, sanitarias y sociales para minimizarlo.
5. La investigación en el campo de salud mental debe desarrollarse y evolucionar desde un punto de vista holístico y global, considerando los cambios que se producen en la sociedad y el medio ambiente y teniendo en cuenta aspectos como el cambio climático o la organización de nuestras ciudades.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks [Internet]. [citado 12 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241565196>
2. Salud en las Américas 2012 - Determinantes e inequidades en salud [Internet]. [citado 12 de junio de 2022]. Disponible en: https://www3.paho.org/salud-en-las-americas-2012/index.php?option=com_content&view=article&id=58:health-determinants-and-inequalities&Itemid=165&lang=es
3. Ávila-Agüero ML. Hacia una nueva Salud Pública: determinantes de la Salud. *Acta Médica Costarric.* abril de 2009;51(2):71-3.
4. De La Guardia Gutiérrez MA, Ruvalcaba Ledezma JC, De La Guardia Gutiérrez MA, Ruvalcaba Ledezma JC. La salud y sus determinantes, promoción de la salud y educación sanitaria. *J Negat No Posit Results.* enero de 2020;5(1):81-90.
5. Ordóñez-Iriarte JM. Salud mental y salud ambiental. Una visión prospectiva. Informe SESPAS 2020. *Gac Sanit.* 2020;34:68-75.
6. Banco Mundial Desarrollo urbano: Panorama general [Internet]. World Bank. [citado 15 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>
7. España B de. Banco España BDE Informe 2020. La distribución espacial de la población en España y sus implicaciones económicas. 13 de mayo de 2021 [citado 15 de mayo de 2022]; Disponible en: <https://repositorio.bde.es/handle/123456789/16628>
8. OECD, European Union. Health at a Glance: Europe 2018: State of Health in the EU Cycle [Internet]. OECD; 2018 [citado 15 de mayo de 2022]. (Health at a Glance: Europe). Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/health-at-a-glance-europe-2018_health_glance_eur-2018-en
9. Khan A, Plana-Ripoll O, Antonsen S, Brandt J, Geels C, Landecker H, et al. Environmental pollution is associated with increased risk of psychiatric disorders in the US and Denmark. *PLOS Biol.* 20 de agosto de 2019;17(8):e3000353.
10. Thomson EM. Air Pollution, Stress, and Allostatic Load: Linking Systemic and Central Nervous System Impacts. *J Alzheimers Dis.* 1 de enero de 2019;69(3):597-614.
11. Gao Q, Xu Q, Guo X, Fan H, Zhu H. Particulate matter air pollution associated with hospital admissions for mental disorders: A time-series study in Beijing, China. *Eur Psychiatry.* 1 de julio de 2017;44:68-75.
12. Tzivian L, Winkler A, Dlugaj M, Schikowski T, Vossoughi M, Fuks K, et al. Effect of long-term outdoor air pollution and noise on cognitive and psychological functions in adults. *Int J Hyg Environ Health.* enero de 2015;218(1):1-11.
13. Schreckenber D, Griefahn B, Meis M. The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance. *Noise Health.* 1 de enero de 2010;12(46):7.

14. Hao G, Zuo L, Xiong P, Chen L, Liang X, Jing C. Associations of PM2.5 and road traffic noise with mental health: Evidence from UK Biobank. *Environ Res.* 1 de mayo de 2022;207:112221.
15. Frangione B, Rodríguez Villamizar LA, Lang JJ, Colman I, Lavigne E, Peters C, et al. Short-term changes in meteorological conditions and suicide: A systematic review and meta-analysis. *Environ Res.* 1 de mayo de 2022;207:112230.
16. Yarza S, Vodonos A, Hassan L, Shalev H, Novack V, Novack L. Suicide behavior and meteorological characteristics in hot and arid climate. *Environ Res.* 1 de mayo de 2020;184:109314.
17. Kim Y, Kim H, Honda Y, Guo YL, Chen BY, Woo JM, et al. Suicide and Ambient Temperature in East Asian Countries: A Time-Stratified Case-Crossover Analysis. *Environ Health Perspect.* enero de 2016;124(1):75-80.
18. Yi W, Zhang X, Gao J, Wei Q, Pan R, Duan J, et al. Examining the association between apparent temperature and admissions for schizophrenia in Hefei, China, 2005-2014: A time-series analysis. *Sci Total Environ.* 1 de julio de 2019;672:1-6.
19. Papadopoulos FC, Frangakis CE, Skalkidou A, Petridou E, Stevens RG, Trichopoulos D. Exploring lag and duration effect of sunshine in triggering suicide. *J Affect Disord.* 1 de noviembre de 2005;88(3):287-97.
20. Brazienė A, Vencloviėnė J, Vaičiulis V, Lukšienė D, Tamošiūnas A, Milvidaitė I, et al. Relationship between Depressive Symptoms and Weather Conditions. *Int J Environ Res Public Health.* enero de 2022;19(9):5069.
21. Bos EH, Hoenders R, Jonge P de. Wind direction and mental health: a time-series analysis of weather influences in a patient with anxiety disorder. *Case Rep.* 8 de junio de 2012;2012:bcr2012006300.
22. Licanin I, Fisekovic S, Babić S. Admission Rate of Patients with Most Common Psychiatric Disorders in Relation to Seasons and Climatic Factors During 2010/2011. *Mater Socio-Medica.* 2012;24(2):94-9.
23. Faculty of Medicine, University of Osijek, Osijek, Croatia, Dumencic B, Clinical Department of Pathology and Forensic Medicine, Osijek University Hospital, Osijek, Croatia, Rajc J, Faculty of Medicine, University of Osijek, Osijek, Croatia, Clinical Department of Pathology and Forensic Medicine, Osijek University Hospital, Osijek, Croatia, et al. IMPACT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON SUICIDE ATTEMPTS AND COMPLETED SUICIDES IN CROATIA, OSIJEK-BARANJA COUNTY. *Psychiatr Danub.* 5 de noviembre de 2019;31(4):405-12.
24. Schory TJ, Piecznski N, Nair S, El-Mallakh RS. Barometric Pressure, Emergency Psychiatric Visits, and Violent Acts. *Can J Psychiatry.* 1 de octubre de 2003;48(9):624-7.
25. Díaz J, Martínez-Martín P, Rodríguez-Blázquez C, Vázquez B, Forjaz MJ, Ortiz C, et al. Short-term association between road traffic noise and healthcare demand generated by Parkinson's disease in Madrid, Spain. *Gac Sanit.* 2 de diciembre de 2019;32:553-8.
26. Szyszkowicz M, Willey JB, Grafstein E, Rowe BH, Colman I. Air Pollution and Emergency Department Visits for Suicide Attempts in Vancouver, Canada. *Environ Health Insights.* 1 de enero de 2010;4:EHI.S5662.

27. Hahad O, Lelieveld J, Birklein F, Lieb K, Daiber A, Münzel T. Ambient Air Pollution Increases the Risk of Cerebrovascular and Neuropsychiatric Disorders through Induction of Inflammation and Oxidative Stress. *Int J Mol Sci.* enero de 2020;21(12):4306.
28. Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. :54.
29. Organización Mundial de la Salud. Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire: materia particulada (MP2.5 y MP10), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono: resumen ejecutivo [Internet]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2021 [citado 26 de mayo de 2022]. 11 p. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/346062>
30. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition. *Int J Environ Res Public Health.* febrero de 2018;15(2):285.
31. Ministerio de Sanidad - Ciudadanos - Salud ambiental y laboral - Prevención Efectos Altas Temperaturas - Plan de control y prevención [Internet]. [citado 12 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2021/Plan_nacion_al_actuaciones_preventivas.htm
32. Carmona R, Díaz J, Miron I, Luna MY, C O, Linares C. Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009.Comparacion con la mortalidad atribuible al calor. 2016.
33. Rehm J, Shield KD. Global Burden of Disease and the Impact of Mental and Addictive Disorders. *Curr Psychiatry Rep.* 7 de febrero de 2019;21(2):10.
34. Trastornos mentales [Internet]. [citado 13 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mental-disorders>
35. Ministerio de Sanidad - Portal Estadístico del SNS - Encuesta Nacional de Salud de España 2017 [Internet]. [citado 13 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuesta2017.htm>
36. Encuesta morbilidad hosp INE [Internet]. [citado 26 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=7919&capsel=7919>
37. Díaz J, Alberdi JC, Pajares MS, López C, López R, Lage MB, et al. A model for forecasting emergency hospital admissions: effect of environmental variables. *J Environ Health.* octubre de 2001;64(3):9-15.
38. Díaz J, Carmona R, Mirón IJ, Ortiz C, Linares C. Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. *Environ Res.* noviembre de 2015;143(Pt A):186-91.
39. González S, Díaz J, Pajares MS, Alberdi JC, Otero A, López C. Relationship between atmospheric pressure and mortality in the Madrid Autonomous Region: a time-series study. *Int J Biometeorol.* febrero de 2001;45(1):34-40.
40. Tobias A, Díaz J, Saez M, Alberdi JC. Use of poisson regression and box-jenkins models to evaluate the short-term effects of environmental noise levels on daily emergency admissions in Madrid, Spain. *Eur J Epidemiol.* 2001;17(8):765-71.

41. Díaz J, García R, Ribera P, Alberdi JC, Hernández E, Pajares MS, et al. Modeling of air pollution and its relationship with mortality and morbidity in Madrid, Spain. *Int Arch Occup Environ Health*. septiembre de 1999;72(6):366-76.
42. Alberdi JC, Díaz J, Montero JC, Mirón I. Daily mortality in Madrid community 1986–1992: Relationship with meteorological variables. *Eur J Epidemiol*. 1 de septiembre de 1998;14(6):571-8.
43. Linares C, Díaz J. Short-term effect of PM2.5 on daily hospital admissions in Madrid (2003–2005). *Int J Environ Health Res*. 1 de abril de 2010;20(2):129-40.
44. Samoli E, Touloumi G, Zanobetti A, Le Tertre A, Schindler C, Atkinson R, et al. Investigating the dose-response relation between air pollution and total mortality in the APHEA-2 multicity project. *Occup Environ Med*. diciembre de 2003;60(12):977-82.
45. Linares C, Culqui D, Carmona R, Ortiz C, Díaz J. Short-term association between environmental factors and hospital admissions due to dementia in Madrid. *Environ Res*. 1 de enero de 2017;152:214-20.
46. Díaz J, López-Bueno JA, López-Ossorio JJ, Gónzález JL, Sánchez F, Linares C. Short-term effects of traffic noise on suicides and emergency hospital admissions due to anxiety and depression in Madrid (Spain). *Sci Total Environ*. 25 de marzo de 2020;710:136315.
47. Carmona R, Linares C, Recio A, Ortiz C, Díaz J. Emergency multiple sclerosis hospital admissions attributable to chemical and acoustic pollution: Madrid (Spain), 2001–2009. *Sci Total Environ*. 15 de enero de 2018;612:111-8.
48. Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J. Impact of road traffic noise on cause-specific mortality in Madrid (Spain). *Sci Total Environ*. 15 de julio de 2017;590-591:171-3.
49. Hegewald J, Schubert M, Freiberg A, Romero Starke K, Augustin F, Riedel-Heller SG, et al. Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. enero de 2020;17(17):6175.
50. Hammersen F, Niemann H, Hoebel J. Environmental Noise Annoyance and Mental Health in Adults: Findings from the Cross-Sectional German Health Update (GEDA) Study 2012. *Int J Environ Res Public Health*. octubre de 2016;13(10):954.
51. Chen JC, Samet JM. Air pollution and suicide risk: another adverse effect of air pollution? *Eur J Epidemiol*. 1 de noviembre de 2017;32(11):943-6.
52. Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. *Environ Res*. 1 de abril de 2016;146:359-70.
53. Ha H, Shao W. A spatial epidemiology case study of mentally unhealthy days (MUDs): air pollution, community resilience, and sunlight perspectives. *Int J Environ Health Res*. 4 de julio de 2021;31(5):491-506.
54. Lansdall-Welfare T, Lightman S, Cristianini N. Seasonal variation in antidepressant prescriptions, environmental light and web queries for seasonal affective disorder. *Br J Psychiatry*. agosto de 2019;215(2):481-4.

55. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™, 5th ed. Arlington, VA, US: American Psychiatric Publishing, Inc.; 2013. xlv, 947 p. (Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™, 5th ed).
56. Rosenthal NE, Sack DA, Gillin JC, Lewy AJ, Goodwin FK, Davenport Y, et al. Seasonal affective disorder. A description of the syndrome and preliminary findings with light therapy. *Arch Gen Psychiatry*. enero de 1984;41(1):72-80.
57. Magnusson A. An overview of epidemiological studies on seasonal affective disorder. *Acta Psychiatr Scand*. marzo de 2000;101(3):176-84.
58. Desan PH, Oren DA. Is seasonal affective disorder a disorder of circadian rhythms? *CNS Spectr*. junio de 2001;6(6):487-94, 499-501.
59. Roeklein KA, Wong PM, Miller MA, Donofry SD, Kamarck ML, Brainard GC. Melanopsin, Photosensitive Ganglion Cells, and Seasonal Affective Disorder. *Neurosci Biobehav Rev*. marzo de 2013;37(3):229-39.
60. A circadian signal of change of season in patients with seasonal affective disorder - PubMed [Internet]. [citado 5 de junio de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11735838/>
61. Carlsson A, Svennerholm L, Winblad B. SEASONAL AND CIRCADIAN MONOAMINE VARIATIONS IN HUMAN BRAINS EXAMINED POST MORTEM. *Acta Psychiatr Scand*. marzo de 1980;61(S280):75-85.
62. Bakolis I, Hammoud R, Stewart R, Beevers S, Dajnak D, MacCrimmon S, et al. Mental health consequences of urban air pollution: prospective population-based longitudinal survey. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 1 de septiembre de 2021;56(9):1587-99.
63. Ji Y, Liu B, Song J, Cheng J, Wang H, Su H. Association between traffic-related air pollution and anxiety hospitalizations in a coastal Chinese city: are there potentially susceptible groups? *Environ Res*. 1 de junio de 2022;209:112832.
64. Fernández-Niño JA, Astudillo-García CI, Rodríguez-Villamizar LA, Florez-García VA. Association between air pollution and suicide: a time series analysis in four Colombian cities. *Environ Health Glob Access Sci Source*. 12 de mayo de 2018;17(1):47.
65. Astudillo-García CI, Rodríguez-Villamizar LA, Cortez-Lugo M, Cruz-De la Cruz JC, Fernández-Niño JA. Air Pollution and Suicide in Mexico City: A Time Series Analysis, 2000–2016. *Int J Environ Res Public Health*. enero de 2019;16(16):2971.
66. Thompson R, Hornigold R, Page L, Waite T. Associations between high ambient temperatures and heat waves with mental health outcomes: a systematic review. *Public Health*. 1 de agosto de 2018;161:171-91.
67. Yackerson NS, Zilberman A, Todder D, Kaplan Z. The influence of air-suspended particulate concentration on the incidence of suicide attempts and exacerbation of schizophrenia. *Int J Biometeorol*. 1 de enero de 2014;58(1):61-7.
68. Shitzer A. Wind-chill-equivalent temperatures: regarding the impact due to the variability of the environmental convective heat transfer coefficient. *Int J Biometeorol*. marzo de 2006;50(4):224-32.

69. Sung TI, Chen MJ, Lin CY, Lung SC, Su HJ. Relationship between mean daily ambient temperature range and hospital admissions for schizophrenia: Results from a national cohort of psychiatric inpatients. *Sci Total Environ.* 2011;6.
70. Pan R, Zhang X, Gao J, Yi W, Wei Q, Xu Z, et al. Impacts of heat and cold on hospitalizations for schizophrenia in Hefei, China: An assessment of disease burden. *Sci Total Environ.* 1 de diciembre de 2019;694:133582.
71. Li H, Li M, Zhang S, Qian Z (Min), Zhang Z, Zhang K, et al. Interactive effects of cold spell and air pollution on outpatient visits for anxiety in three subtropical Chinese cities. *Sci Total Environ.* 15 de abril de 2022;817:152789.
72. Shiloh R, Weizman A, Epstein Y, Rosenberg SL, Valevski A, Dorfman-Etrog P, et al. Abnormal thermoregulation in drug-free male schizophrenia patients. *Eur Neuropsychopharmacol.* 1 de agosto de 2001;11(4):285-8.
73. Yuan J, Hatzidimitriou G, Suthar P, Mueller M, McCann U, Ricourte G. Relationship between Temperature, Dopaminergic Neurotoxicity, and Plasma Drug Concentrations in Methamphetamine-Treated Squirrel Monkeys. *J Pharmacol Exp Ther.* 1 de marzo de 2006;316(3):1210-8.
74. Wiste AK, Arango V, Ellis SP, Mann JJ, Underwood MD. Norepinephrine and serotonin imbalance in the locus coeruleus in bipolar disorder. *Bipolar Disord.* 2008;10(3):349-59.
75. Törő K, Dunay G, Bartholy J, Pongrácz R, Kis Z, Keller É. Relationship between suicidal cases and meteorological conditions. *J Forensic Leg Med.* 1 de julio de 2009;16(5):277-9.
76. Gotway CA, Young LJ. Combining Incompatible Spatial Data. *J Am Stat Assoc.* 1 de junio de 2002;97(458):632-48.
77. Generaal E, Timmermans EJ, Dekkers JEC, Smit JH, Penninx BWJH. Not urbanization level but socioeconomic, physical and social neighbourhood characteristics are associated with presence and severity of depressive and anxiety disorders. *Psychol Med.* enero de 2019;49(1):149-61.
78. Summary of the evidence on modifiable risk factors for cognitive decline and dementia: A population-based perspective - ScienceDirect [Internet]. [citado 5 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1552526015001971>

ANEXO I

CÓDIGOS INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS

Totales: TRASTORNOS MENTALES, CONDUCTUALES Y NEUROLÓGICOS DEL DESARROLLO (ICD9-CM: "290-319 & E950-959"; ICD10-CM: "F00-F99 & X71-X83 & T14.91")

Subanálisis:

- 1) Esquizofrenia, trastorno esquizotípico, trastornos delirantes y otros trastornos psicóticos no relacionados con el estado de ánimo (ICD9-CM: "295.0-295.9" & "297.0-298.9 & 301.22"; ICD10-CM: "F20- F29")

- 2) Trastornos del estado de ánimo [afectivos] (CIE9-CM: "296.0-296.9, 301.1, 300.4, 311, "; CIE10-CM: "F30- F39")

Episodio maníaco, Trastorno bipolar, Trastorno depresivo mayor, episodio único, Trastorno depresivo mayor, recurrente, Trastornos del estado de ánimo [afectivos] persistentes, Trastorno del estado de ánimo [afectivo], no especificado

Episodio maníaco: (CIE9-CM: "296.0"; CIE10-CM: "F30")

Trastorno bipolar: (CIE9-CM: "296.4-296.9"; CIE10-CM: "F31")

Trastorno depresivo mayor, episodio único: (CIE9-CM: "296.2, 311"; CIE10-CM: "F32")

Trastorno depresivo mayor, recurrente: (ICD9-CM: "296.3"; ICD10-CM: "F33")

Trastornos [afectivos] persistentes del estado de ánimo: (CIE9-CM: "301.13, 300.4, 296.9, 296.4-296.7"; CIE10-CM: "F34")

Trastorno del estado de ánimo [afectivo], no especificado: (ICD9-CM: "296.9"; ICD10-CM: "F39")

- 3) Trastorno de ansiedad (CIE9-CM: "300.0-300.09"; CIE10-CM: "F41.00, F41.1, F41.8, F41.9")

ANEXO II

GRÁFICOS DE SECUENCIA DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DIAGRAMAS BOXPLOT

Gráfico de secuencia y boxplot de las concentraciones medias diarias de PM10 en la Comunidad de Madrid durante el periodo 2013-2018.

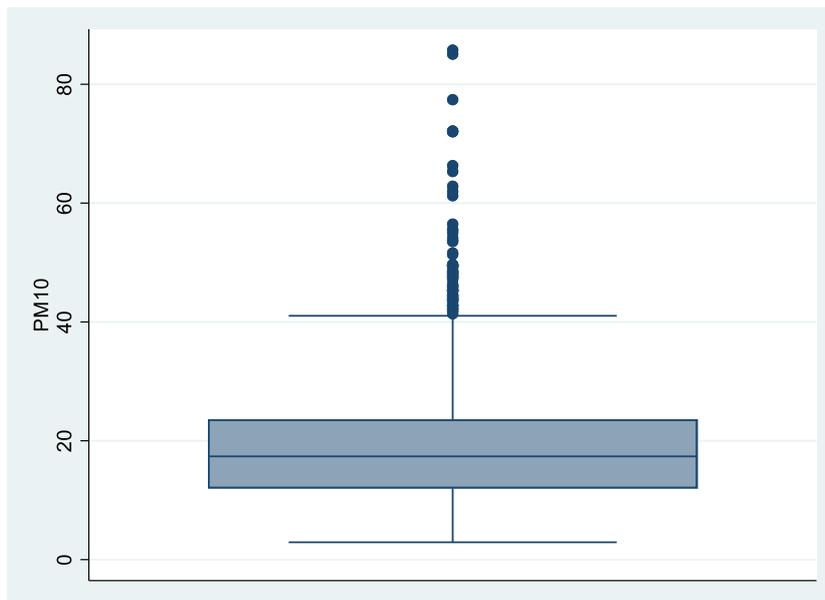
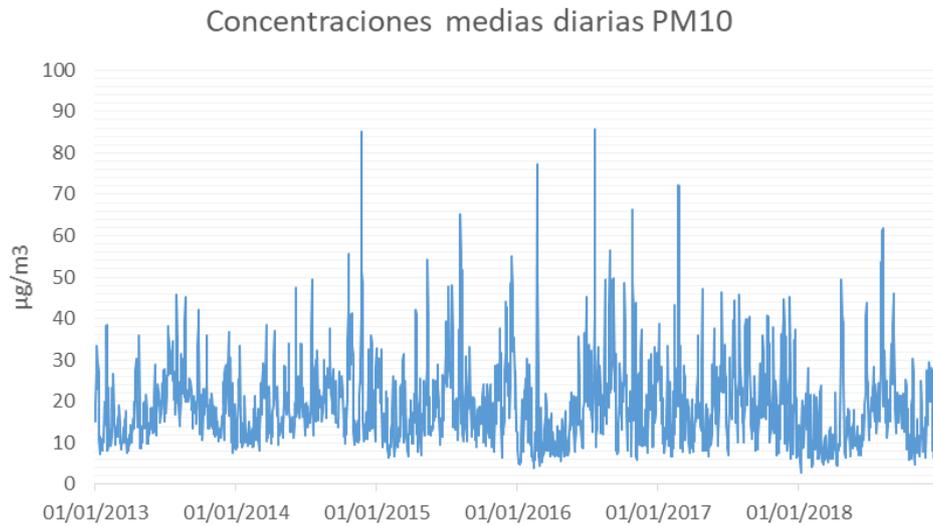


Gráfico de secuencia y boxplot de las concentraciones medias diarias de Pm 2,5 en la Comunidad de Madrid durante el periodo 2013-2018.

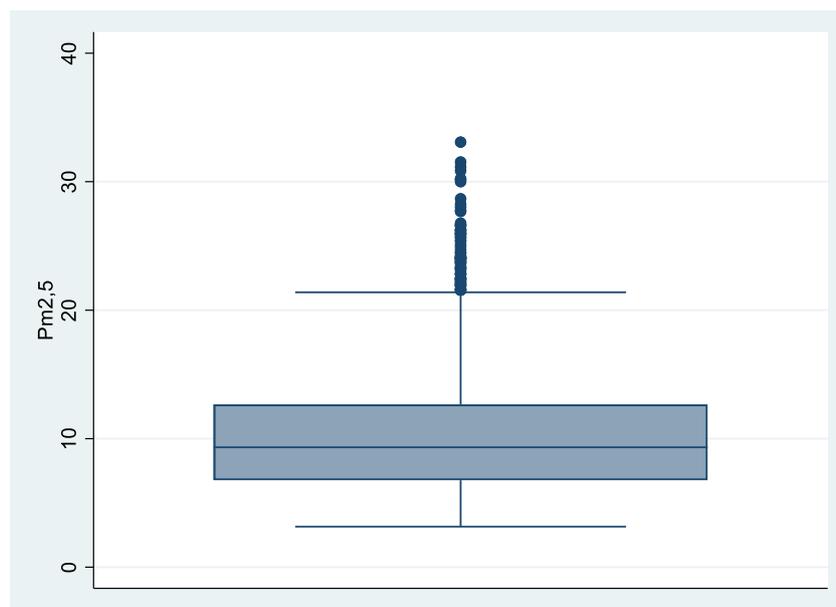
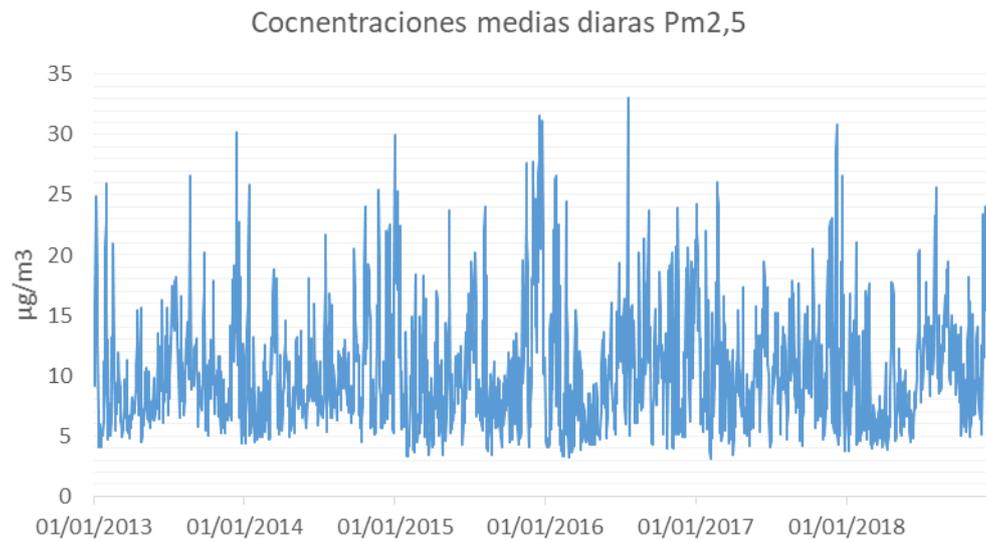


Gráfico de secuencia y boxplot de las concentraciones medias diarias de NO2 en la Comunidad de Madrid durante el periodo 2013-2018.

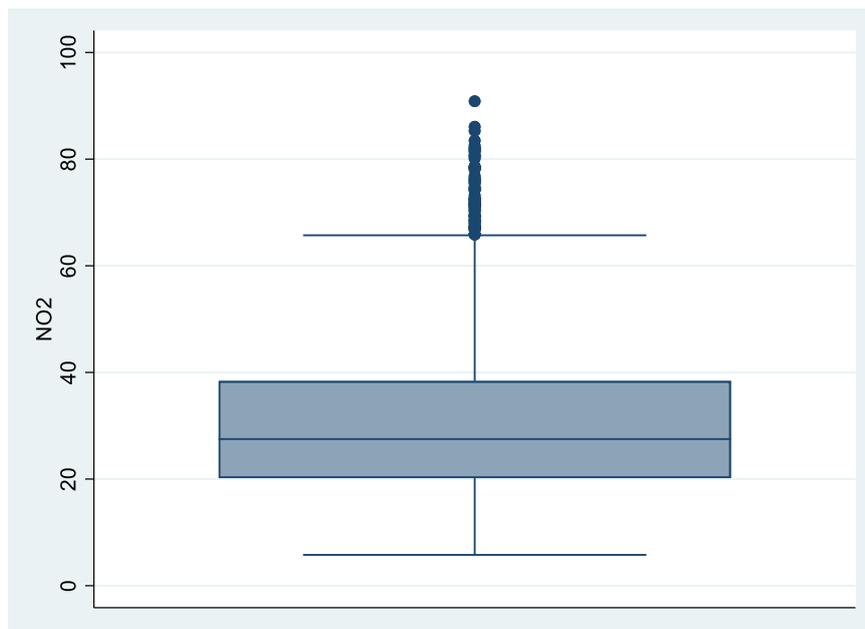
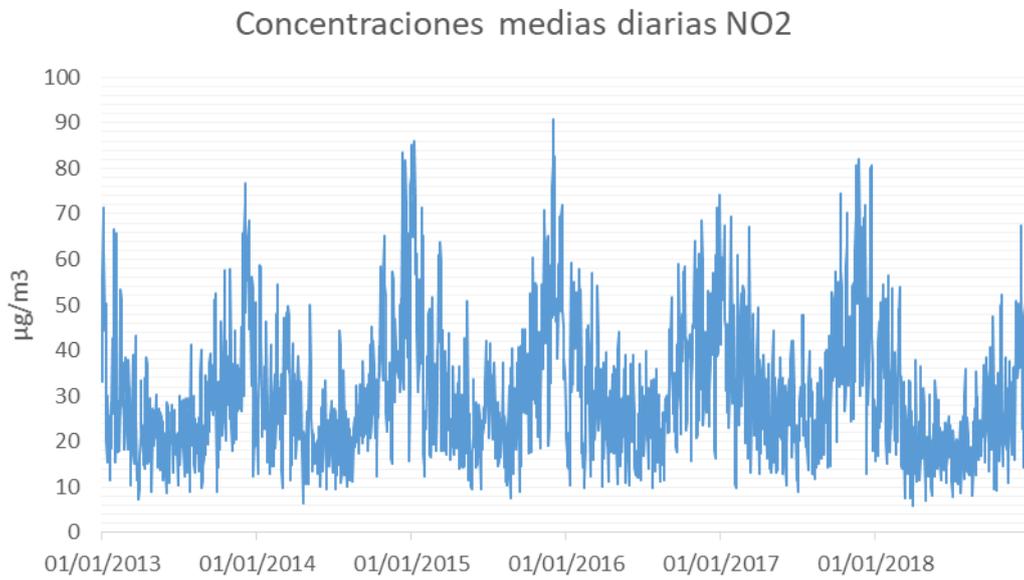


Gráfico de secuencia y boxplot de las concentraciones medias diarias de ozono en la Comunidad de Madrid durante el periodo 2013-2018.

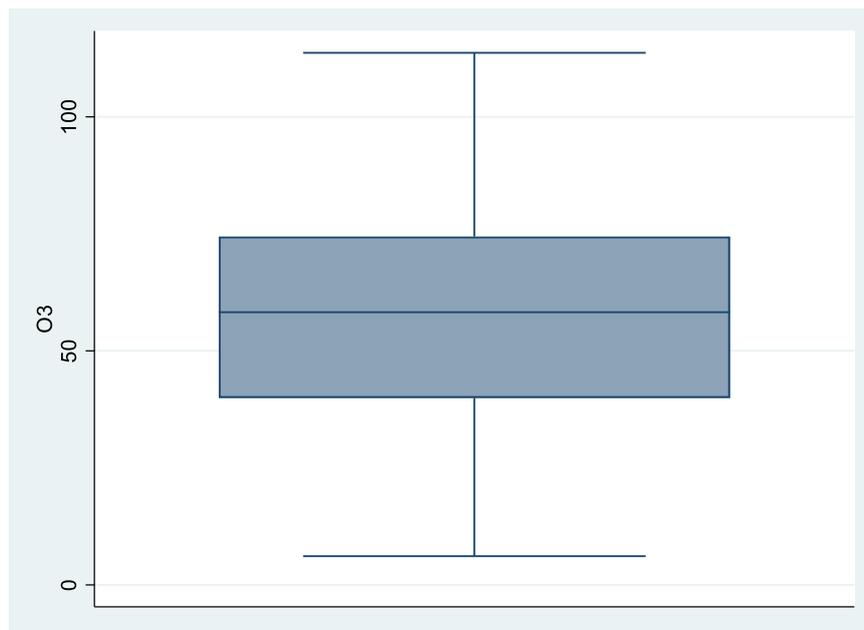
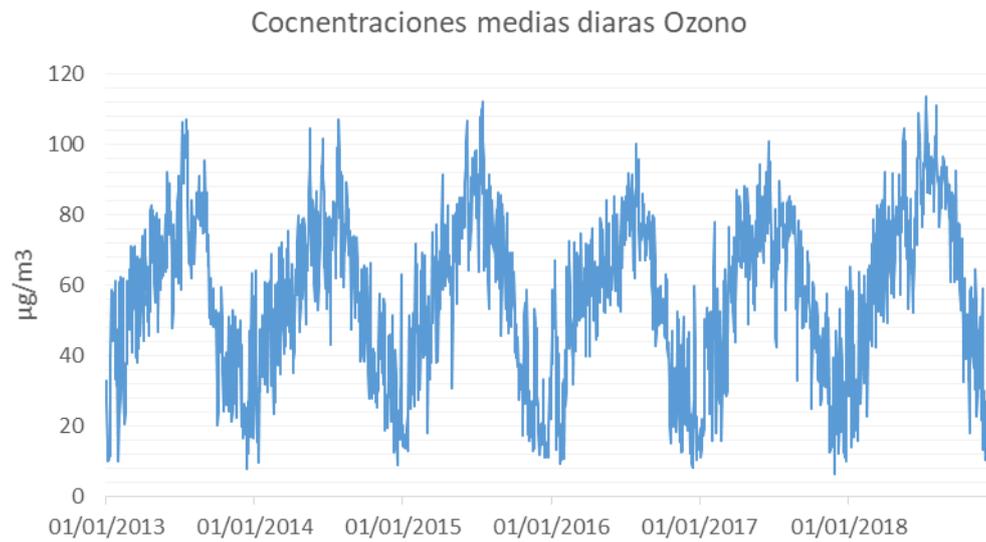
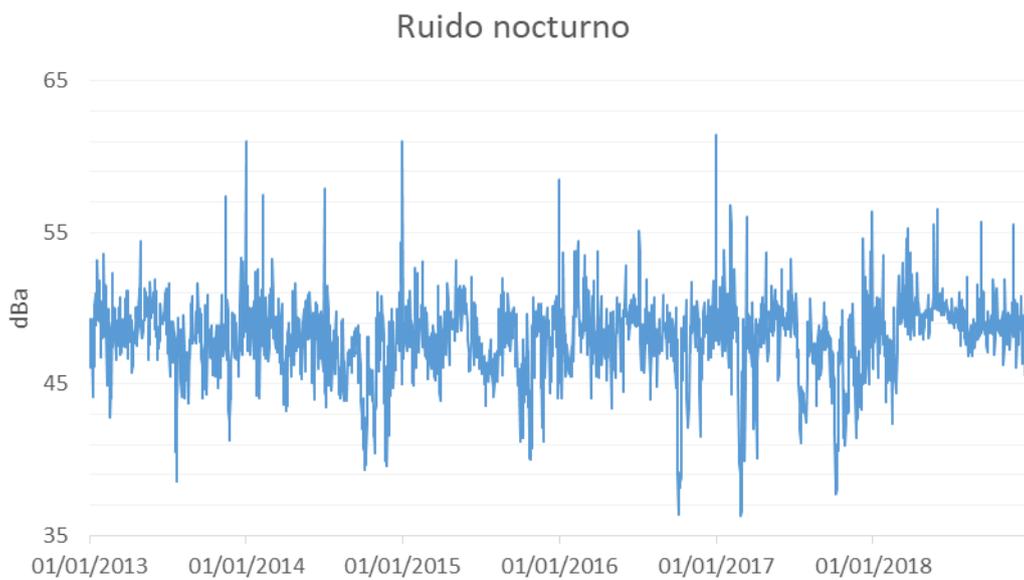
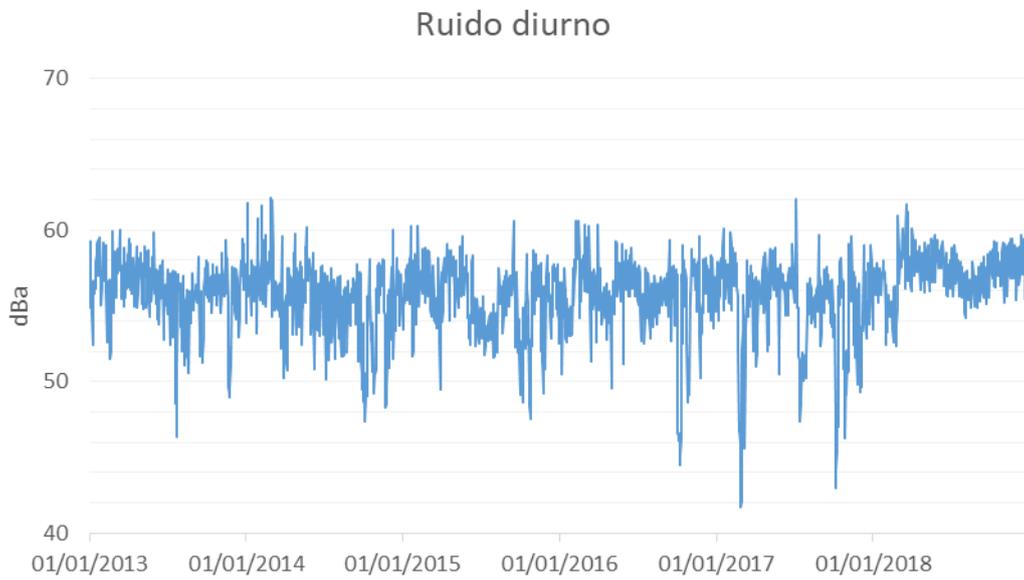
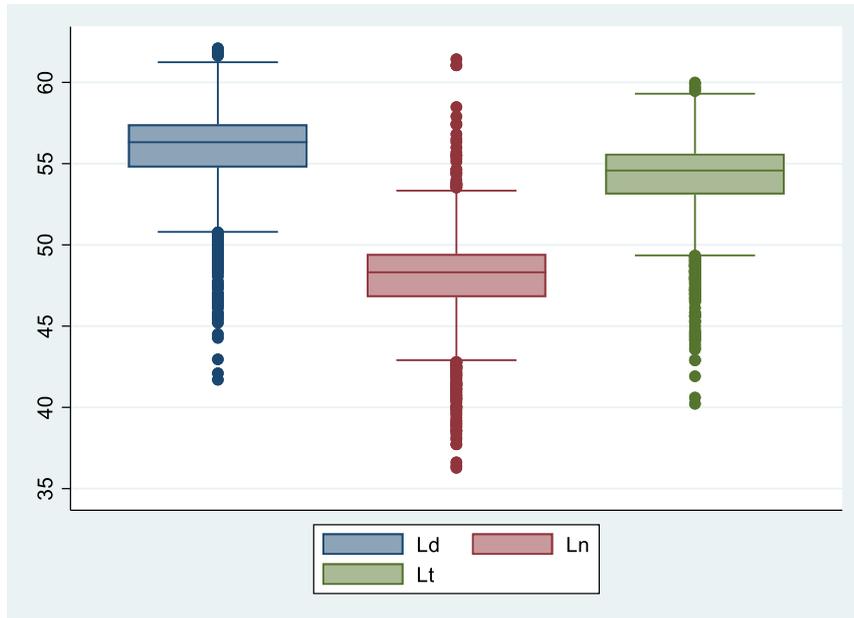


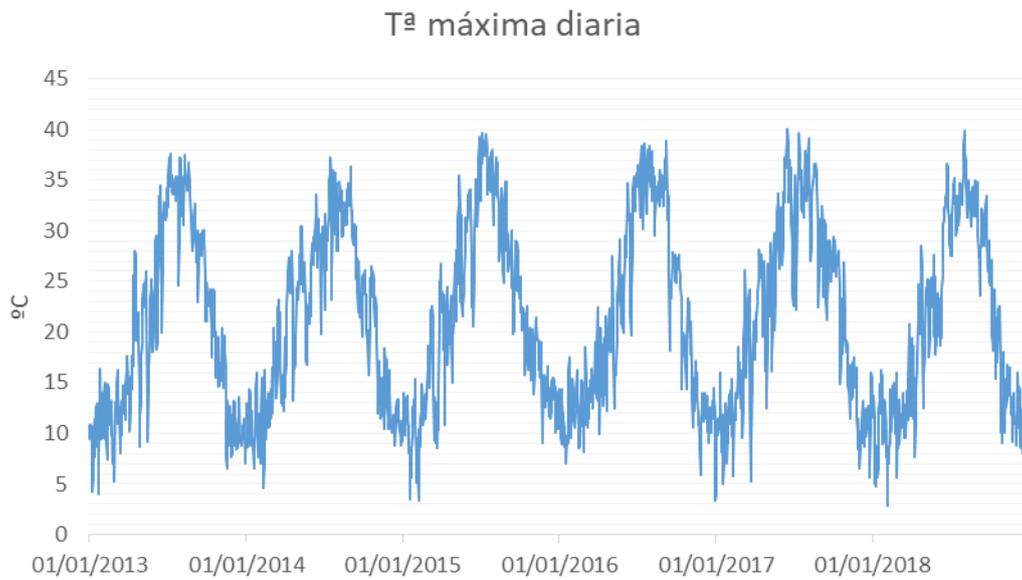
Gráfico de secuencia del nivel medio de ruido diurno y nocturno diario en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018



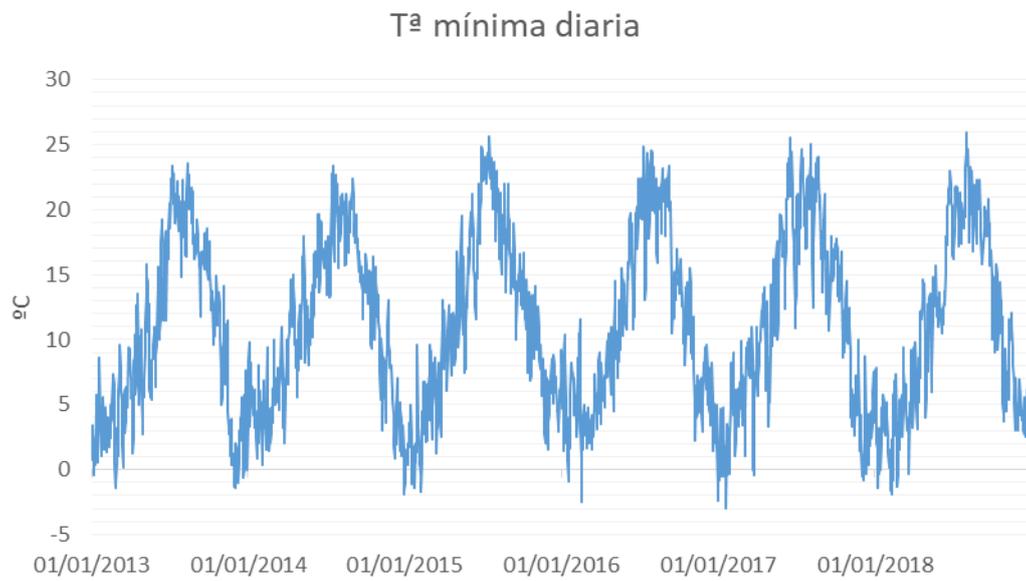
Boxplot del nivel medio de ruido diurno, nocturno y diario en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018



Gráficos de secuencia de la temperatura máxima diaria en la Comunidad de Madrid en el periodo de 2013-2018.



Gráficos de secuencia de la temperatura mínima diaria en la Comunidad de Madrid en el periodo de 2013-2018.



Boxplot de las temperaturas máxima y mínima diarias en la Comunidad de Madrid en el periodo de 2013-2018.

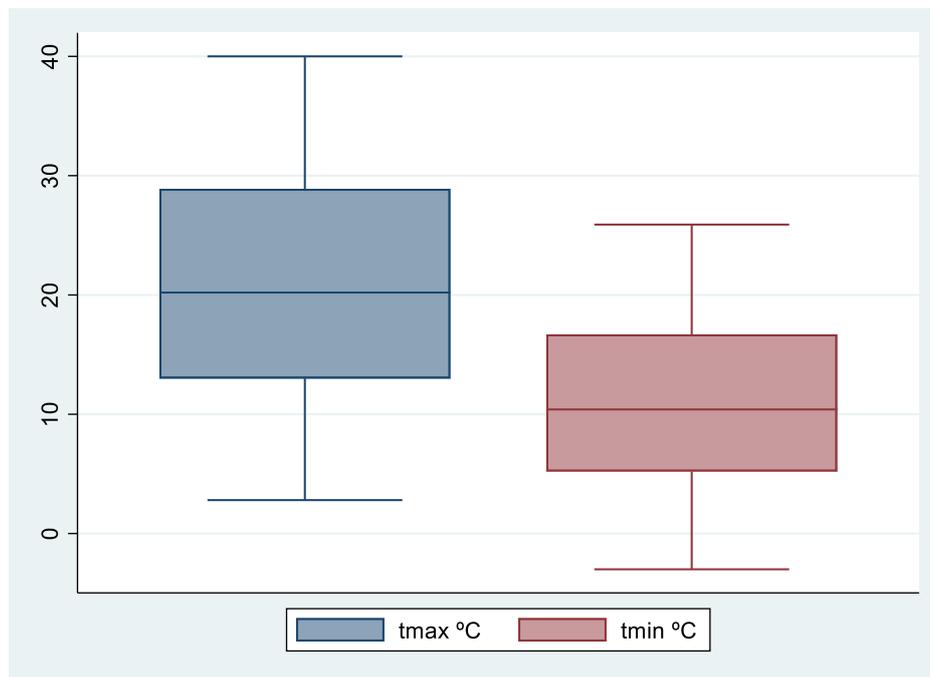
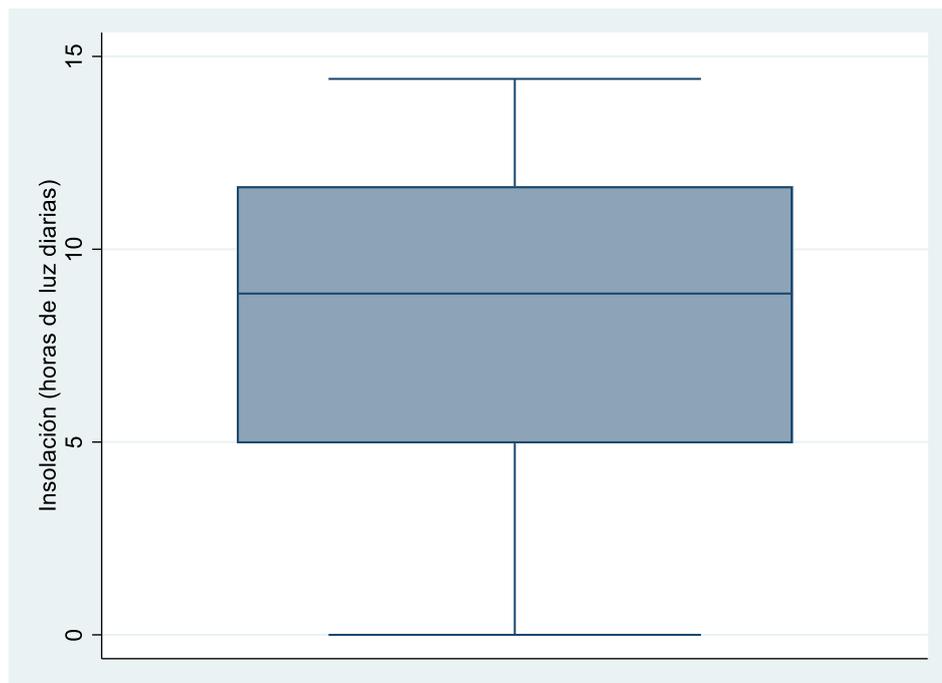
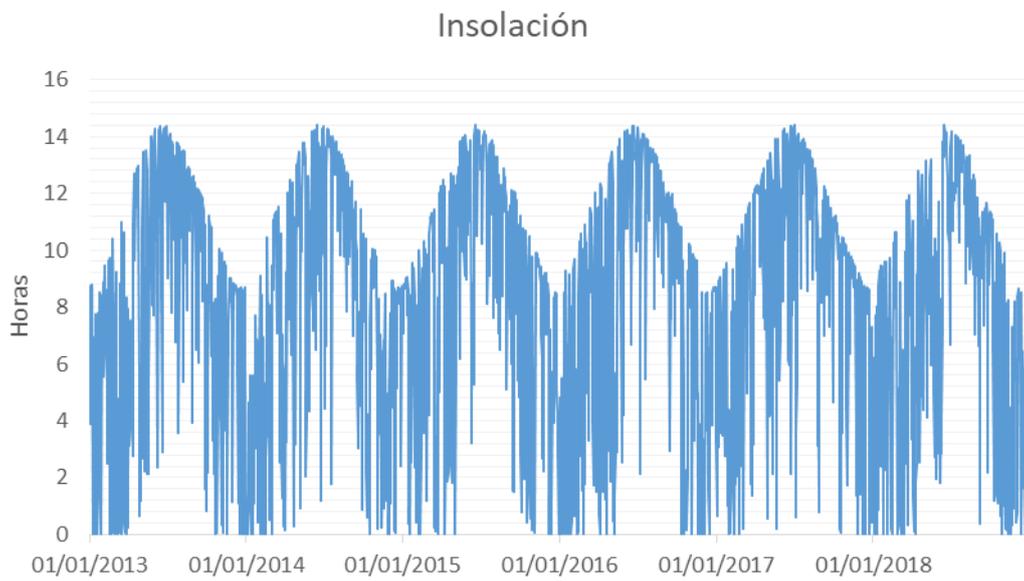


Gráfico de secuencia y boxplot de las horas de luz diarias en la Comunidad de Madrid de 2013 a 2018.



Gráficos de secuencia y boxplot de la velocidad del viento máxima diaria en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018

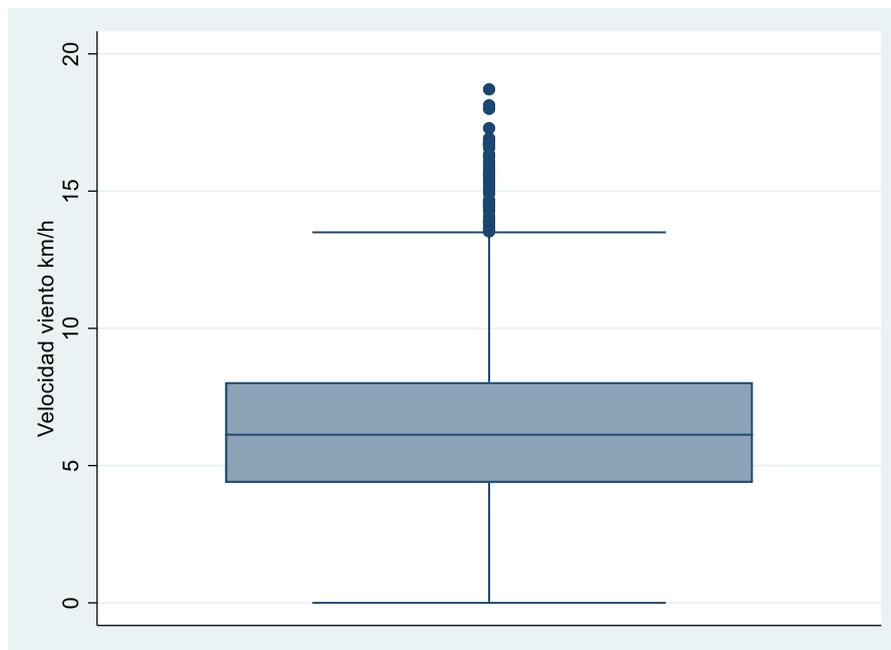
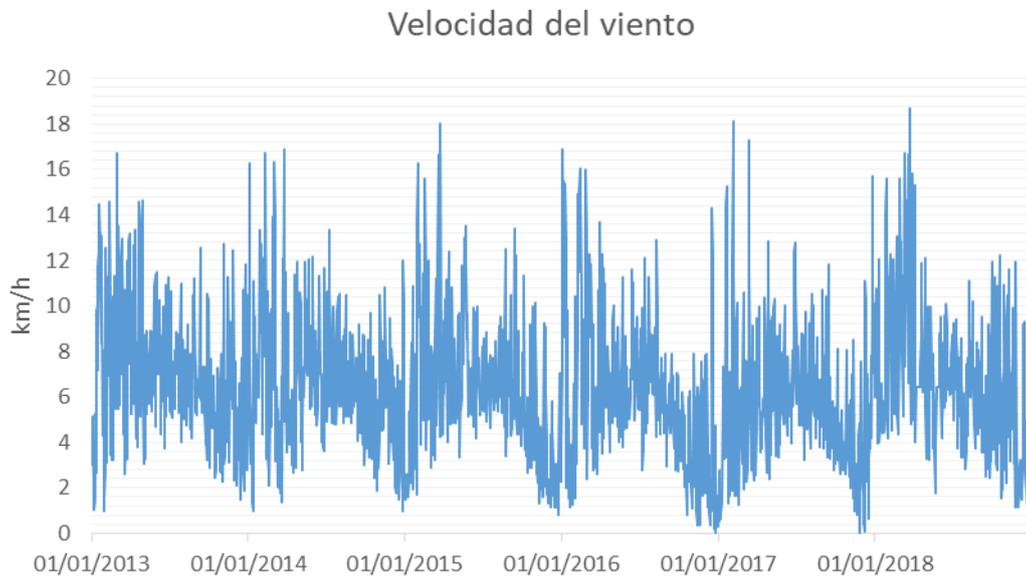


Gráfico de secuencia y boxplot de la presión atmosférica diaria medida en hectopascales en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018.

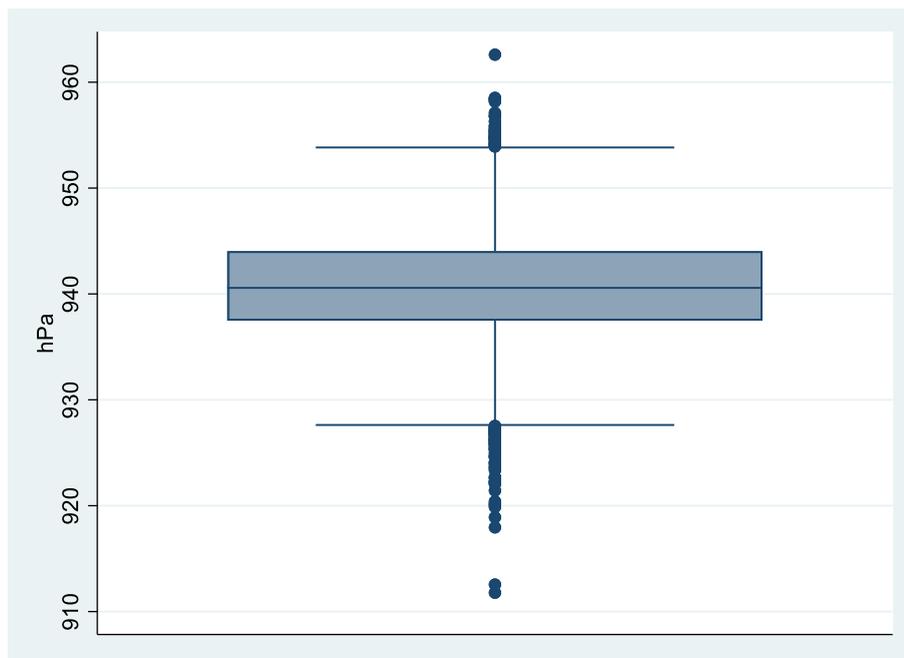
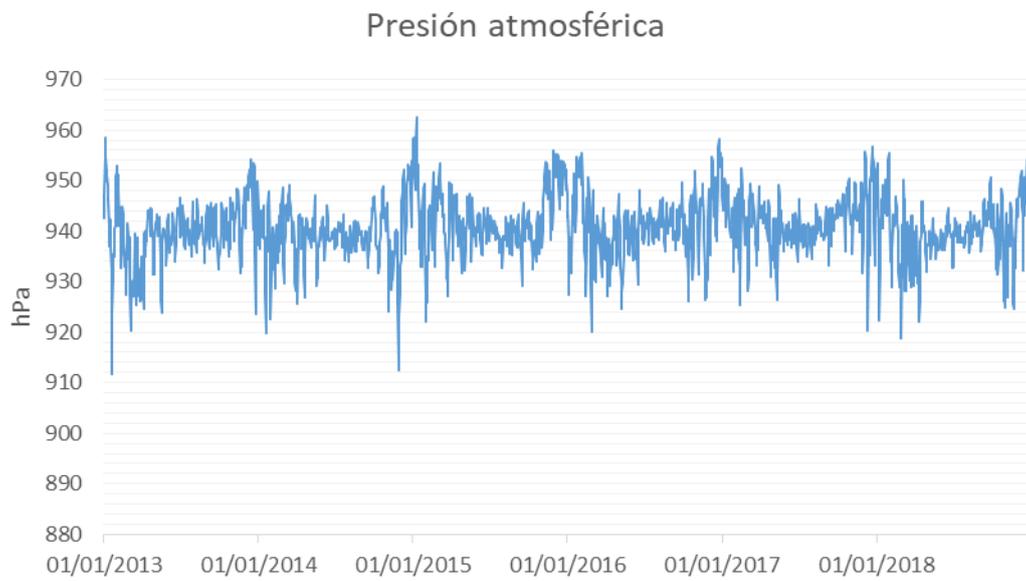
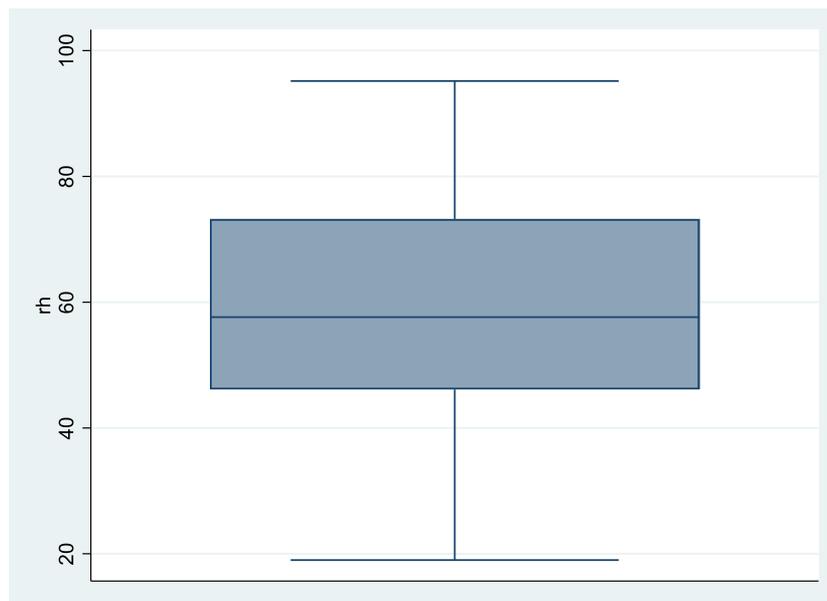
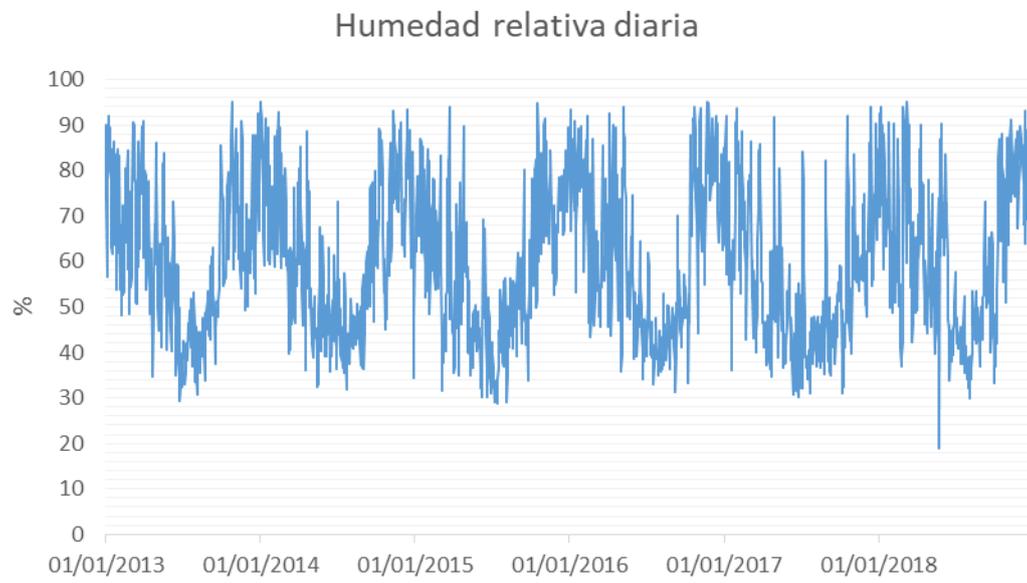


Gráfico de secuencia y boxplot de la humedad relativa medida en % en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018



ANEXO III.

Actividad desarrollada y grado de implicación del/la estudiante en las fases de generación de hipótesis y diseño del estudio, recogida y procesamiento de datos, análisis estadístico y/o síntesis y tabulación de los datos.

La estudiante ha participado en la fase de planteamiento del trabajo y generación de hipótesis del estudio. En cuanto a la recopilación de datos ha participado en la formación de las bases de datos recopilando los datos de las diversas fuentes. Ha realizado la búsqueda bibliográfica y el análisis estadístico mediante el software STATA v15. Las tablas, los gráficos y la presentación de resultados también las ha realizado al igual que la redacción del manuscrito con la discusión, conclusiones y maquetación de trabajo.