

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE MEDICINA Y HOSPITAL UNIVERSITARIO
CENTRO REGIONAL DE ALERGIA E INMUNOLOGÍA CLÍNICA



**“RELACIÓN ENTRE LA EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES AMBIENTALES
Y EXACERBACIONES DE ASMA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS QUE
RESIDEN EN LOS MUNICIPIOS DE GUADALUPE, GARCÍA Y SANTA
CATARINA, NUEVO LEÓN”**

Por

DR. DANIEL CANTÚ MORENO

**Como requisito para obtener el grado de
SUBESPECIALISTA EN ALERGIA E INMUNOLOGÍA CLÍNICA**

Julio 2018

“RELACIÓN ENTRE LA EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES AMBIENTALES Y
EXACERBACIONES DE ASMA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS QUE
RESIDEN EN LOS MUNICIPIOS DE GUADALUPE, GARCÍA Y SANTA
CATARINA, NUEVO LEÓN”

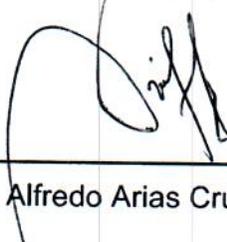
Aprobación de la tesis:



Dra. med Sandra Nora González Díaz
Jefe del Departamento



Dra. med María del Carmen Zárate Hernández
Director de tesis



Dr. Alfredo Arias Cruz
Coordinador de investigación



Dra. med Gabriela Galindo Rodríguez
Coordinadora de Enseñanza de Posgrado



Dr. med Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado

“RELACIÓN ENTRE LA EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES AMBIENTALES Y
EXACERBACIONES DE ASMA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS QUE
RESIDEN EN LOS MUNICIPIOS DE GUADALUPE, GARCÍA Y SANTA
CATARINA, NUEVO LEÓN”

Aprobación de la tesis:

Dra. med Sandra Nora González Díaz

Jefe del Departamento

Dra. med María del Carmen Zárate Hernández

Director de tesis

Dr. Alfredo Arias Cruz

Coordinador de investigación

Dra. med Gabriela Galindo Rodríguez

Coordinadora de Enseñanza de Posgrado

Dr. med Felipe Arturo Morales Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

De nuevo me encuentro concluyendo un episodio de mi carrera, quizás el más fructífero por todo lo que he aprendido. El tiempo pasa muy rápido cuando se analiza en retrospecto, pero han pasado ya trece años desde que inicié la carrera de medicina. En ese entonces, no imaginaba que trece años más adelante estaría por concluir una subespecialidad en alergia e inmunología. Han sido muchos los retos que se me han presentado en estos años, y es cierto que más de una vez me encontré con problemas que parecían imposibles de resolver, sin embargo, al mirar hacia atrás todos esos problemas ahora se ven muy pequeños.

Los últimos dos años han sido de gran aprendizaje para mí. Desde que inicié me di cuenta que había tomado la decisión correcta. Nunca me costó trabajo leer y aprender más sobre la alergia y la inmunología, y al contrario disfruto mucho adentrarme en temas que para muchos parecerán complejos. Pero el aprendizaje no solo fue en lo académico. Aprendí que para alcanzar la excelencia se requiere más que solo conocimiento científico. Se requiere mucha dedicación, mucho esfuerzo, mucha disciplina, mucho sacrificio, mucho trabajo en equipo, mucha determinación. Se requiere de personas con voluntad de servicio, con ganas de siempre hacer las cosas mejor, de siempre dar su máximo esfuerzo y de poner en alto el nombre de sus maestros y de la institución a la que representan. Se requiere creer en sí mismo y de tener la convicción de que siempre se puede ser mejor.

Siento orgullo de haber sido parte de este Centro de Excelencia, porque verdaderamente es eso a lo que se aspira y es eso lo que se aprende, la excelencia, no como un acto, sino como un hábito.

Agradezco a Mónica mi esposa quien ha gozado y sufrido este largo camino conmigo, siempre a mi lado. Agradezco a mis padres por inculcarme los valores que me han permitido llegar al lugar donde me encuentro. Agradezco a la Dra. med Sandra González por permitirme formarme en este centro de excelencia, a la Dra. med Carmen Zárate por guiarme en este proyecto. Agradezco a todos mis maestros, porque sin sus enseñanzas, mi formación no hubiera tenido un rumbo, a todos mis compañeros de residencia a quienes considero mis amigos y finalmente, agradezco a mis hermanos y al resto de mi familia y amigos por siempre brindarme su apoyo y comprensión.

“We are what we repeatedly do. Excellence, then, is not an act, but a habit.”

— Will Durant

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I	Página
1. RESUMEN	1
Capítulo II	
2. INTRODUCCIÓN	4
Capítulo III	
3. HIPÓTESIS	12
Capítulo IV	
4. OBJETIVOS	13
Capítulo V	
5. MATERIAL Y MÉTODOS	14
Capítulo VI	
6. RESULTADOS	18
Capítulo VII	
7. DISCUSIÓN	23
Capítulo VIII	
8. CONCLUSIÓN	27

Capítulo IX

9. ANEXOS	28
9.1 Figuras	28
9.2 Gráficas	32
9.2 Tablas	54

Capítulo X

10.BIBLIOGRAFÍA	57
-----------------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1.- Asthma Control Test.....	28
2.- Childhood Asthma Control Test.....	29
3.- Flujómetro Truzone.....	30
5.- Flujograma de días/pacientes incluidos en el estudio.....	31

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Página
1.- Pacientes por genero	32
2.- Pacientes por municipio	32
3.- Antecedente familiar de alergia	32
4.- Antecedente personal de alergia.....	32
5.- Pruebas cutáneas por punción positivas.....	32
6.- Alimentación al seno materno.....	32
7.- Índice de masa corporal.....	33
8.- Internamientos en los últimos 12 meses	33
9.- Tipo de vivienda	33
10.- Tipo de construcción de su vivienda.....	33

11.- ¿Qué utilizan para cocinar en casa.....	33
12.- ¿Hay infiltraciones de humedad en las paredes de su casa.....	33
13.- ¿Alguien fuma dentro de casa?.....	34
14.- ¿Cuál es el máximo grado de estudio de los padres?.....	34
15.- ¿Cuál es el ingreso familiar mensual?.....	34
16.- ¿Cuál es su percepción del control del asma de su hijo?	34
17.- ¿Piensa usted que la contaminación afecta el asma de su hijo?.....	34
19.- Opinión de la contaminación en Guadalupe.....	35
20.- Opinión de la contaminación en García.....	35
21.- Opinión de la contaminación en Santa Catarina.....	35
22.- Promedio de temperatura y precipitación Guadalupe.....	36
23.- Promedio diario de contaminantes y exacerbaciones	36

24.- Promedio de temperatura y precipitación García.....	37
25.- Promedio diario de contaminantes y exacerbaciones García	37
26.- Promedio de temperatura y precipitación Santa Catarina.....	38
27.- Promedio diario de contaminantes y exacerbaciones Santa Catarina	38
28 – 57.- Promedio diario de flujometrías	39 - 53

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
2.- Mediana del contaminante por municipio.....	54
3.- Correlación de la media diaria de cada contaminante los días con y sin exacerbación por municipio.....	55
4.- Resultados de ACT.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS

CO: Monóxido de carbono

CRAIC: Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica

IMC: Índice de masa corporal

NO²: Bióxido de nitrógeno

NOM: Norma Oficial Mexicana

O³: Ozono

OMS: Organización Mundial de la Salud

PM₁₀: Material particulado <10 µm

PM_{2.5}: Material particulado <2.5 µm

RQ: Rango intercuartil

SO²: Bióxido de azufre

CAPITULO I

RESUMEN

Introducción

El asma es una enfermedad inflamatoria crónica de la vía respiratoria inferior caracterizada por síntomas como tos, sibilancias, disnea y opresión torácica. Su etiología es multifactorial e involucra la interacción entre factores genéticos y estímulos ambientales. La contaminación atmosférica es uno de estos estímulos ambientales nocivos, es un problema creciente para las grandes ciudades y uno de los probables contribuyentes al empeoramiento agudo de los síntomas de asma. La ciudad de Monterrey ha encabezado en los últimos años las listas de ciudades más contaminadas de México, en particular dos de sus municipios metropolitanos, por lo que consideramos relevante investigar si la contaminación en estos municipios es un factor determinante para el empeoramiento de los síntomas de los niños con asma que habitan en ellos.

Material y Métodos

Se analizaron los síntomas, uso de medicamentos y flujometrías de pacientes escolares de 5 a 10 años y adolescentes de 11 a 16 años, residentes

del municipio de Guadalupe, García y Santa Catarina, Nuevo León que acudieron a la consulta del Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica (CRAIC) con diagnóstico de asma controlada para identificar sus exacerbaciones entre los meses de mayo y octubre de 2017. Por otro lado se obtuvo el nivel promedio horario de los principales contaminantes atmosféricos (CO, NO₂, SO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}) de los municipios antes mencionados durante el tiempo del estudio.

Objetivos

Comparar la cantidad de exacerbaciones de asma en tres poblaciones pediátricas con diferentes grados de exposición a contaminantes ambientales.

Resultados

Se analizaron los datos de 16 pacientes y se estudiaron 184 días consecutivos. Del total de días estudiados, se presentaron exacerbaciones en 42 días (3%). Se reportaron 15 exacerbaciones en el municipio de Guadalupe (4.09%), 23 exacerbaciones en el municipio de García (3.77%) y 4 exacerbaciones en el municipio de Santa Catarina (1%).

Conclusiones

El tamaño de la muestra no fue suficiente para elaborar conclusiones que tengan significancia estadística por lo que los resultados obtenidos se deben considerar como observaciones y no tienen validez estadística.

De la población de pacientes pediátricos escolares y adolescentes que acudieron al CRAIC con asma controlada de los municipios estudiados, encontramos una prevalencia global de exacerbaciones de 3% durante la duración del estudio. El municipio de Guadalupe presentó proporcionalmente una mayor cantidad de exacerbaciones (n=15, 4.09%) y a diferencia de lo que se pensaba, el municipio de Santa Catarina fue el que presentó menos exacerbaciones (n=4, 1%).

Consideramos que por los resultados obtenidos, este estudio solo se puede considerar como un estudio preliminar y valdría la pena extender el estudio a otros municipios del área metropolitana de Monterrey y realizar un seguimiento más prolongado para captar más pacientes, obtener mejores resultados y valorar de manera adecuada la asociación de la contaminación con el asma.

CAPITULO II

INTRODUCCIÓN

El asma es una enfermedad inflamatoria crónica de la vía respiratoria inferior caracterizada por síntomas como tos, sibilancias, disnea y opresión torácica. Su etiología es multifactorial e involucra una compleja interacción entre factores genéticos y estímulos ambientales a los que el paciente se encuentra expuesto. Alrededor del mundo se ha observado un incremento importante en la prevalencia del asma, así como de otras enfermedades alérgicas. El ritmo al que ha aumentado la prevalencia de los padecimientos alérgicos no puede ser explicado sólo por cambios genéticos. Estudios de asociación del genoma completo (GWAS, por si siglas en inglés) demuestran que los genes por sí solos, no son suficientes para provocar el incremento en la prevalencia tan importante que hemos observado. Por ello se han abordado las condiciones a las que nos exponemos en el día a día. De aquí surge el concepto del exposoma, que hace referencia a la totalidad de exposiciones ambientales humanas desde la concepción y durante toda la vida. Así, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la contaminación, la degradación ambiental, la urbanización desmedida y la desconexión con la naturaleza se reconocen como factores de riesgo que se manifiestan a nivel mundial. ^{1,8,9}

El diagnóstico del asma se establece en base al patrón característico de síntomas y la demostración de limitación variable del flujo espiratorio. Este último se mide por medio de pruebas de función pulmonar como lo son la espirometría o la flujometría.¹ El control del asma se refiere al grado al cual se observa aumento o disminución de sus manifestaciones y se mide en base a la presencia de síntomas y al riesgo de eventos adversos a futuro.¹

Para definir el control del asma se utilizan herramientas que por medio del interrogatorio de síntomas, limitación de actividades y uso de medicamentos de rescate emite una puntuación que define el nivel de control. Una de las herramientas más utilizadas para adultos y niños mayores de 12 años, es el Asthma Control Test (ACT) (Figura 1) que proporciona una puntuación numérica de 5 a 25 donde una puntuación mayor a 19 se clasifica como asma controlada, de 15 a 19 se clasifica como asma parcialmente controlada y menor a 15 se clasifica como asma no controlada. La versión para niños del ACT o Childhood Asthma Control Test (Figura 2), se utiliza en pacientes pediátricos de 4 a 11 años y se clasifica como asma controlada, parcialmente controlada y no controlada con una puntuación mayor a 19, de 12 a 19 y menor a 12 respectivamente.

Además de los cuestionarios, también las pruebas de función pulmonar ayudan a definir el control del asma. Para esto, la espirometría se considera el estudio más preciso, sin embargo, requiere de equipo costoso, se realiza en la consulta y se interpreta por el especialista y es difícil de llevar a cabo por niños. Por otro lado, la medición del flujo espiratorio máximo (FEM) dos veces al día con flujómetro es la forma más práctica y sencilla de valorar la respuesta al

tratamiento o la presencia de exacerbaciones en caso de empeoramiento de síntomas, no requiere de equipo sofisticado, se puede realizar en casa y resulta más sencillo para los niños.²

Múltiples estudios han documentado los efectos adversos que provoca la exposición a contaminantes ambientales en la vía respiratoria. Estos se pueden dividir en agudos o crónicos. Los efectos por exposición aguda incluyen disminución de la función pulmonar por inflamación, aumento de hospitalización por causas respiratorias y cardíacas y aumento de las exacerbaciones de asma. Las exacerbaciones del asma se manifiestan con un aumento en el patrón de los síntomas que requiere atención médica o aumento del tratamiento basal. Los efectos por exposición crónica no han sido suficientemente estudiados, sin embargo, se ha reportado que provocan enfermedad respiratoria crónica como asma y bronquitis, así como aumento de muerte prematura.³ Romieu et al. describieron en una revisión la relación de la exposición a aire contaminado con empeoramiento de la función pulmonar, aumento en la incidencia de infecciones de la vía respiratoria, tanto superior como inferior; además encontraron que este efecto se acentúa en países en vías de desarrollo donde existen condiciones ambientales y nutricionales desfavorables.⁴

Los niños, adultos mayores y personas con enfermedades pulmonares preexistentes como el asma, son los grupos que se ven más afectados por la contaminación. Los niños pasan más tiempo al aire libre, se ejercitan más y por ende respiran una mayor cantidad de aire contaminado que los adultos. Además, los niños se encuentran en crecimiento y se ha demostrado que la exposición a contaminantes afecta el crecimiento y desarrollo de su sistema

respiratorio e inmunológico. En niños asmáticos se ha observado que la exposición al aire contaminado por el tráfico de vehículos se relaciona con exacerbación de sus síntomas, empeoramiento de la función pulmonar y mayor número de visitas al departamento de urgencias.^{5,20}

Las grandes ciudades alrededor del mundo, sobre todo aquellas en países en vías de desarrollo, se caracterizan por tener importante crecimiento económico e industrial. La urbanización de estas ciudades trae consigo necesidades básicas como el aumento del transporte urbano y el desarrollo de vivienda y comercios. Esta expansión demográfica provoca en gran medida la contaminación atmosférica.⁶

Existen tres factores que favorecen la alta concentración de contaminantes: las condiciones ambientales en la atmósfera, las características físicas del medio y las actividades antropogénicas.

Las condiciones ambientales de la atmósfera son principalmente la inversión térmica que sucede cuando aumenta la temperatura de la superficie y provoca atrapamiento del aire y de los contaminantes y las reacciones fotoquímicas donde la luz solar en presencia de ciertos compuestos químicos favorece la producción de contaminantes.⁶

Las características físicas del medio influyen en la concentración o dispersión de los contaminantes, por ejemplo, la barrera natural que forman las montañas en la ciudad de Monterrey favorece la permanencia de la contaminación.

Por último se encuentran las actividades antropogénicas, de las cuales las fuentes móviles como los vehículos de autotransporte son las que

contribuyen en mayor proporción a la contaminación del aire.⁶ Un estudio realizado por el gobierno de Nuevo León estimó en 1997 que el 77% de las emisiones fueron generadas por los medios de transporte (NL 97). Según el INEGI, en aquel entonces, el parque vehicular era aproximadamente de 630,000 vehículos registrados. Actualmente, se estima que el parque vehicular en Nuevo León supera los 2 millones 100 mil automóviles.

Los procesos de transformación industrial contribuyen en menor medida a la contaminación, sin embargo, es importante destacar que sus emisiones (dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno) son altamente nocivas cuando se mezclan con partículas suspendidas y dependen del insumo utilizado para su proceso y del tamaño de la empresa.⁶

La contaminación ambiental proviene de múltiples fuentes e incluye gases y partículas. Se consideran contaminantes primarios aquellos emitidos directamente de tubos de escape de automóviles o de chimeneas de grandes industrias (NO, SO y PM) y secundarios aquellos que se forman por la interacción de los contaminantes primarios con la atmósfera en presencia de luz solar o humedad (O₃ y CO). Debemos considerar que si bien se ha demostrado el efecto individual de cada contaminante sobre la salud, en el ambiente estos contaminantes se encuentran mezclados y pueden tener efectos sinérgicos. El material particulado (PM) se refiere a una compleja mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas y que varían en tamaño, composición, origen y efectos provocados. Su depósito en la vía respiratoria depende de su diámetro aerodinámico y se clasifican de acuerdo a este mismo en partículas grandes (PM₁₀) cuando su diámetro se encuentra entre 2.5 y

10 μ m, estas provienen principalmente de la incompleta combustión de combustibles, así como de la erosión del suelo. Las partículas finas (PM_{2.5}) tienen un diámetro menor de 2.5 μ m y provienen principalmente de emisiones de automóviles, empresas de manufactura e industria energética, estas son de especial preocupación ya que por lo general están compuestas por materiales tóxicos y además se depositan en las vías respiratorias más pequeñas. La exposición a material particulado se ha asociado a enfermedad pulmonar y en 1999 un estudio por Loomis et al. asoció el aumento diario del contaminante a muerte infantil en la ciudad de México. El dióxido de azufre (SO₂) es un producto de la combustión de carbón o aceite y se forma cuando el azufre se expone al oxígeno a altas temperaturas. El dióxido de nitrógeno (NO₂) proviene de la combustión de gasolina en vehículos de motor y es el principal precursor del smog. Su exposición se ha asociado a exacerbaciones de asma en niños y disminución del desarrollo pulmonar. El ozono (O₃) es un gas altamente reactivo, se forma cuando el NO₂ interactúa con la radiación ultravioleta que emite el sol y proviene del combustible de automóviles e hidrocarburos. Su exposición oxida el tejido pulmonar, actúa como un potente irritante de la vía respiratoria y se asocia a empeoramiento del desempeño atlético, disminución de la función pulmonar y exacerbaciones de síntomas de asma.^{20,22,23}

El Informe Nacional de Calidad del Aire es un instrumento gubernamental del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático el cual reporta los índices de contaminación ambiental en nuestro país. En este se presenta información de 22 Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire (SMCA) distribuidos en 19

estados de la República Mexicana y se reportan los principales contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y material particulado menor de 10µg y menor de 2.5µg (PM₁₀ y PM_{2.5}).⁷

En su reporte emitido en el año 2014, en Nuevo León, particularmente en las estaciones de los municipios de Santa Catarina y García, se rebasaron los límites normados de PM₁₀ y O₃ y estos fueron de los más altos registrados en todo el país.⁷ Por otro lado, se encuentra el municipio de Guadalupe que de las estaciones evaluadas en Nuevo León fue la que presentó mejores condiciones de contaminación ambiental. Fue por eso que decidimos utilizar estos tres municipios como modelo para nuestro estudio.⁷

Estos tres municipios difieren tanto en su situación geográfica como en la población que los habita. El municipio de Guadalupe se encuentra al sureste del área metropolitana de Monterrey. Según el más reciente censo del INEGI en el año 2015 (Encuesta intercensal), el municipio de Guadalupe contaba con 682,880 habitantes y un parque vehicular de 295,191 vehículos de motor. El municipio de García se encuentra al noroeste del área metropolitana, se caracteriza por su rápido crecimiento debido a la creciente industria en el área. Contaba en 2015 con 247,370 habitantes y 35,534 vehículos de motor. El municipio de Santa Catarina se encuentra al suroeste del área metropolitana y está delimitado por dos grandes montañas (Sierra Madre Oriental y el Cerro de las Mitras), además es atravesada por un acceso a la ciudad por donde pasa una gran cantidad de vehículos de motor y también se encuentran en este

municipio las pedreras, importante industria de la región. El municipio contaba en 2015 con 296,954 habitantes y 98,075 vehículos de motor.

Actualmente la ciudad de Monterrey se enfrenta a una de las crisis ambientales más graves a las que se ha enfrentado nuestro país por lo que consideramos que debe ser prioridad investigar el origen de estos contaminantes y su relación con las enfermedades tanto agudas como crónicas e intentar resolver este nocivo problema.

CAPITULO III

HIPÓTESIS

Los pacientes pediátricos asmáticos de los municipios de Santa Catarina y García tienen más exacerbaciones de asma que los pacientes del municipio de Guadalupe.

HIPÓTESIS NULA

Los pacientes pediátricos asmáticos de los municipios de Santa Catarina y García no tienen más exacerbaciones de asma que los pacientes del municipio de Guadalupe.

CAPÍTULO IV

OBJETIVOS

General

Correlacionar los niveles de contaminantes ambientales los días con y sin exacerbaciones en tres poblaciones pediátricas con diferentes grados de exposición a contaminación.

Específicos

- 1.- Comparar los niveles de contaminantes ambientales (CO, SO₂, NO₂, O₃ y PM₁₀ y PM_{2.5}) entre municipios y su relación con las exacerbaciones.
- 2.- Reconocer aspectos específicos que estén involucrados en las exacerbaciones de los síntomas de niños con asma

CAPITULO V

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño metodológico del estudio:

Prospectivo, observacional, longitudinal

Lugar y sitio:

Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica (CRAIC) del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”

Población de estudio:

Pacientes pediátricos escolares (6 a 10 años) y adolescentes (11 a 16 años) con diagnóstico de asma que llevan su seguimiento en el Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”

Criterios de inclusión:

- Pacientes pediátricos escolares (6 a 10 años) y adolescentes (11 a 16 años)
- Residente de los municipios de Santa Catarina, Guadalupe y García, Nuevo León

- Diagnóstico de asma controlada de acuerdo a las guías Global Initiative for Asthma (GINA) 2017
- Paso 1 o 2 de tratamiento de acuerdo a las guías Global Initiative for Asthma (GINA) 2017

Criterios de exclusión:

- Asma no controlada
- Uso de esteroide sistémico o inhalado a dosis alta
- Uso de agonista del receptor b-2 de acción prolongada
- Antecedente de otra patología pulmonar como hipoplasia pulmonar, fibrosis quística, tuberculosis, etc.
- Antecedente de patología cardíaca o crónico degenerativa

Cálculo del tamaño de muestra:

Para el cálculo del tamaño de muestra se planeó una comparación de proporciones entre los tres municipios a evaluar y las exacerbaciones de asma. Por ser un estudio preliminar y exploratorio se decidió incluir a todos los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión que acudieron a la consulta del Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica (CRAIC) del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” durante el periodo de Mayo a Octubre de 2017.

Descripción del diseño:

Se captaron los pacientes que cumplieron criterios en la consulta del CRAIC. Se les explicó el protocolo a los padres y a los pacientes y se solicitó su consentimiento verbal. Por medio del interrogatorio y la historia clínica se obtuvieron datos demográficos y se definió el nivel de control del asma por medio del Childhood Asthma Control Test (c-ACT) para escolares de 6 a 11 años y el Asthma Control Test (ACT) en adolescentes mayores de 12 años. A los pacientes que cumplían con los criterios de inclusión, se les brindó un flujómetro Truzone ® (Figura 3) y un diario de asma, donde el paciente o sus padres anotaron: síntomas (tos, disnea, sibilancias, opresión torácica y síntomas con ejercicio) , medicamentos (de control y de rescate) y valores de flujometrías (valor máximo de tres intentos, dos veces al día) para cada día que participaron en el estudio. Se les capacitó tanto para el llenado del diario como para el uso del flujómetro. Se realizaron llamadas telefónicas periódicas, para asegurar el apego al protocolo. Se valoró a cada paciente en la consulta del CRAIC cada mes (o antes si era necesario) y este entregaba los resultados del diario de asma del mes anterior. Se definió exacerbación cuando se cumplieron dos de los siguientes tres criterios: presencia de 2 de 4 síntomas de asma, uso de medicamentos de rescate o caída del FEM >20% del máximo personal.

Por parte de la Dirección de Cambio Climático y Calidad del Aire de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Nuevo León, se obtuvieron los reportes de las concentraciones diarias de: CO, NO₂, SO₂, O₃, PM₁₀ y PM_{2.5} para cada uno de los municipios estudiados.

Análisis e interpretación de la información

El análisis estadístico se realizó con IBM SPSS versión 20 (SPSS, Inc, Armon, NY). Los resultados se reportaron en tablas de contingencia, las variables continuas fueron descritas con medidas de tendencia central y de dispersión, las variables categóricas con frecuencias y porcentajes. Por medio de la prueba estadística χ^2 de Pearson se comparó la cantidad de exacerbaciones dividiendo a los pacientes en tres grupos dependiendo del municipio al que pertenecen.

Al comparar las variables numéricas entre los tres municipios se utilizó ANOVA de un factor o Kruskal Wallis según correspondía. Se agruparon los pacientes de acuerdo a su municipio de residencia y se compararon entre sí por medio de las pruebas T de Student para muestras independientes o la prueba U de Mann Whitney. Para comprobar la normalidad de la distribución de la muestra se realizó la prueba Kolmogorov-Smirnov.

CAPITULO VI

RESULTADOS

Veintiún pacientes cumplieron con los criterios de inclusión, 5 fueron eliminados por no cumplir con el tiempo de seguimiento. Se analizaron los datos de 16 pacientes, 4 del municipio de Guadalupe, 7 del municipio de García y 5 del municipio de Santa Catarina (Gráfica 1). Se les dio seguimiento por 184 días consecutivos, desde el 1º de mayo hasta el 31 de octubre de 2017. (Figura 5)

Del total de días estudiados, se reportan 42 días con exacerbación que representa el 3%. Se reportaron 15 exacerbaciones en el municipio de Guadalupe (4.09%), correspondientes a 3 pacientes, 23 exacerbaciones en el municipio de García (3.77%), correspondientes a 4 pacientes y 4 exacerbaciones en el municipio de Santa Catarina (1%), correspondientes a 3 pacientes.

En cuanto a los contaminantes ambientales, durante el periodo del estudio, el monóxido de carbono (CO) presentó una mediana de 0.76 ppm (rango intercuartil RQ = 0.63 – 0.90) en el municipio de Guadalupe, 0.46 ppm (RQ = 0.36 – 0.57) en el municipio de García y 0.73 ppm (RQ = 0.45 – 1.18) en el municipio de Santa Catarina ($p < 0.05$). El bióxido de nitrógeno (NO₂) presentó una mediana de 8.86 ppb (RQ = 6.9 – 11.1) en el municipio de García y 16.9

ppb (RQ = 13.7 – 22.3) en el municipio de Santa Catarina, no hubo datos suficientes para realizar el análisis en el municipio de Guadalupe ($p < 0.05$). El ozono (O_3) presentó una mediana de 26.83 ppb (RQ = 20.1 – 32.5) en el municipio de Guadalupe, 39.13 ppb (RQ = 28.1 – 45) en el municipio de García y 27.4 ppb (RQ = 20.4 – 34.5) en el municipio de Santa Catarina ($p < 0.05$). El bióxido de azufre (SO_2) presentó una mediana de 11.29 ppb (RQ = 10.6 – 11.9) en el municipio de Guadalupe y 5.32 ppb (RQ = 4.6 – 6.45) en el municipio de Santa Catarina, no hubo datos suficientes para realizar el análisis en el municipio de García ($p < 0.05$). El PM_{10} presentó una mediana de 38.34 $\mu g/m^3$ (RQ = 28.5 – 50) en el municipio de Guadalupe, 66.32 $\mu g/m^3$ (RQ = 50.7 – 87.4) en el municipio de García y 55.91 $\mu g/m^3$ (RQ = 40.24 – 73.1) en el municipio de Santa Catarina ($p < 0.05$). El $PM_{2.5}$ presentó una mediana de 14 $\mu g/m^3$ (RQ = 11.8 – 16.6) en el municipio de Guadalupe, 13 $\mu g/m^3$ (RQ = 10.6 – 17.4) en el municipio de Santa Catarina y no hubo datos suficientes para realizar el análisis estadístico en el municipio de García ($p = 0.080$) (Tabla 1).

Al comparar los días con exacerbación contra aquellos en los que no hubo exacerbación y su relación con el nivel promedio diario del contaminante encontramos que para el municipio de Guadalupe, el ozono presentó una concentración promedio mayor los días que no hubo exacerbación (27 ppb [20.52-32.87]) que los días que si la hubo (22.04 ppb [14.65-31.65]) ($p < 0.05$). También en el municipio de Guadalupe, el promedio diario de PM_{10} fue mayor los días sin exacerbación (39.13 mg/m^3 [29.54-50.48]) que los días con exacerbación (29.04 mg/m^3 [19.91-45.65]), de igual manera, la concentración

promedio de SO² fue mayor los días sin exacerbación (11.40 ppb [10.72-12.04]) que los días con exacerbación (10.72 ppb [10.61-11.13]) (p<0.05). En el municipio de García, el promedio diario de la concentración de CO fue mayor los días sin exacerbación (0.49 ppb [0.37-0.62]) que los días con exacerbación (0.43 ppb [0.32-0.54]) (p<0.05), por otro lado, el NO₂ presentó una concentración promedio mayor los días que sí se presentaron exacerbaciones (9.81 ppb [7.90-12.20]) que los días que no hubo exacerbaciones (8.90 ppb [7.05-11.13]) (p<0.05). Ninguna de las mediciones del municipio de Santa Catarina presentó diferencia estadísticamente significativa. (Tabla 2)

De los datos obtenidos de los padres de los pacientes durante el interrogatorio y la historia clínica, encontramos que 13 de los pacientes fueron masculinos (81.3%), la media de edad fue de 9.5 años (DE 2.78) (Gráfica 2). Se interrogó acerca del antecedente familiar de alergia en familiares de primer grado y se encontró que 11 pacientes (55%) tienen algún familiar con antecedente de rinitis alérgica, 5 (25%) tienen algún familiar con antecedente de asma y 4 pacientes reportaron no tener familiares con antecedentes de alergia. En cuanto a los antecedentes personales de alergia, además del asma, encontramos que 13 pacientes (65%) tienen también antecedente de rinitis alérgica, 5 pacientes (25%) tienen dermatitis atópica y 2 pacientes tienen solo asma (Gráfica 3 y 4). El 100% de los pacientes reportaron tener sensibilización alérgica confirmada con pruebas cutáneas por punción. Todos ellos se encuentran sensibilizados a *dermatophagoides spp.*, 5 pacientes sensibilizados a distintos pólenes (21.7%) y 2 pacientes sensibilizados a perro o gato (Gráfica 5). Se les interrogó acerca de la alimentación durante los primeros meses de

vida, en específico si habían recibido alimentación al seno materno y encontramos que 50% (8) de los pacientes fueron alimentados al seno materno por menos de 6 meses, 43.8% (7) por más de 6 meses y 1 paciente nunca fue alimentado al seno materno (Gráfica 6). Por medio de los datos obtenidos de peso y talla calculamos el índice de masa corporal para cada paciente y encontramos que 3 pacientes (18.8%) se encuentran con sobrepeso (percentil 85 – 95) y 1 paciente (4.8%) con obesidad (percentil >95). Dos pacientes (12.5%) tuvieron al menos un internamiento o atención en algún servicio de urgencias en los últimos 12 meses debido a su asma (Gráfica 7 y 8).

Para conocer el nivel socioeconómico se les interrogó acerca de su vivienda. Encontramos que 15 (93.8%) vive en casa propia. En cuanto al tipo de construcción, 10 de los pacientes (62.5%) vive en una casa terminada con acabados en sus paredes y 6 pacientes (37.6%) viven en una casa en construcción, remodelación o en obra gris (Gráfica 9 y 10). En el 93.8% de estas viviendas se utiliza gas para cocinar y solo en la casa de uno de los pacientes utilizan leña. La mitad de los pacientes (8) reportaron tener infiltraciones de humedad en las paredes de su casa y 6 pacientes (38%) reportaron que algún familiar fuma dentro de la casa (Gráfica 11, 12 y 13). Por último se les interrogó acerca del máximo grado de estudios de los padres y del ingreso familiar mensual. Encontramos que 37.5% (6) cuentan con un título de licenciatura y la misma proporción terminó hasta la secundaria, 25% terminó hasta la preparatoria, además, el 50% de las familias (8) recibe 5 a 10 mil pesos mensuales, 31.3% (5) recibe de 1 a 5 mil pesos al mes, 12.5% (2) recibe entre 10 y 15 mil pesos y 6.3% (1) recibe más de 15 mil pesos (Gráfica 14 y 15).

Para conocer la opinión de los padres acerca de la relación del asma de su hijo y la contaminación del municipio donde viven, se les realizaron las siguientes preguntas: ¿Qué piensa usted del control del asma de su hijo?, para la que el 100% de los padres reportaron estar bien controlados (Gráfica 16), ¿Usted piensa que la contaminación afecta el asma de su hijo?, para la cual 13 (81.3%) reportaron estar de acuerdo y 3 (18.8%) reportaron ser indiferentes (Gráfica 17). ¿Cuál es su opinión de la contaminación en el municipio donde vive?, donde 10 (62.5%) contestaron que hay mucha contaminación, 3 (18.8%) contestaron que hay poca contaminación y la misma proporción contestó que hay una contaminación regular (Gráfica 18). De los pacientes del municipio de Guadalupe, 2 pacientes (50%) piensan que hay una contaminación regular, mientras que 1 (25%) piensa que hay mucha contaminación y otro (25%) piensa que hay poca contaminación (Gráfica 19). De los pacientes del municipio de García, 5 pacientes (71.4%) piensan que hay mucha contaminación y 2 (28.6%) piensan que hay poca contaminación (Gráfica 20). De los pacientes del municipio de Santa Catarina, 4 (80%) piensan que hay mucha contaminación, mientras que uno (20%) percibe un ambiente regular (Gráfica 21).

Por último se realizaron gráficas para hacer una comparación observacional del promedio de temperatura diaria y de precipitación con las exacerbaciones, así como de los contaminantes más representativos con las exacerbaciones para el municipio de Guadalupe (Gráfica 22 y 23), García (Gráfica 24 y 25) y Santa Catarina (Gráfica 26 y 27). Además se realizaron gráficas con los resultados de la flujometría diaria de cada paciente (Gráfica 28 – Gráfica 57) y una tabla con los resultados de ACT de las visitas (Tabla 3).

CAPITULO VII

DISCUSIÓN

La intención de este estudio fue valorar si los diferentes niveles de contaminantes ambientales tienen efecto en el empeoramiento de los síntomas de pacientes con asma, por ello nuestro objetivo primario fue correlacionar los niveles de contaminantes los días con y sin exacerbaciones en tres municipios con diferente grado de exposición a contaminantes ambientales. El tamaño de la muestra obliga a ser cuidadosos en el análisis de los datos puesto que no es representativa de los grupos etarios de los municipios correspondientes y los resultados no representan un panorama completo de los municipios estudiados.

Del total de días estudiados se reportan 42 días con exacerbaciones que representa el 3%. Tres pacientes del municipio de Guadalupe tuvieron las 15 exacerbaciones que se reportaron ahí durante el periodo del estudio, esto corresponde al 4.09% de los días estudiados de dicho municipio. En el municipio de García, fueron 4 los pacientes que presentaron las 23 exacerbaciones que corresponden al 3.77% de los días estudiados y fueron 3 los pacientes que tuvieron las 4 exacerbaciones en el municipio de Santa Catarina, correspondientes al 1% de los días estudiados en ese municipio. Lo anterior rechaza nuestra hipótesis de que los pacientes pediátricos asmáticos de los municipios de Santa Catarina y García tienen más exacerbaciones de

asma que los pacientes del municipio de Guadalupe, puesto que proporcionalmente, los pacientes de Guadalupe tuvieron más días con exacerbación, a pesar de que fue un número similar de pacientes los que presentaron las exacerbaciones en los tres municipios. Considerando que el tamaño de muestra no es representativo de la población estudiada, estos resultados no son confiables ya que las exacerbaciones de un solo paciente pueden modificar la estadística de todo el municipio.

De los datos obtenidos durante el interrogatorio y la historia clínica, el antecedente familiar y personal de rinitis alérgica del 55% y 65% respectivamente de los pacientes con asma coincide con lo descrito en publicaciones internacionales de la prevalencia de rinitis alérgica en niños con asma, como las guías ARIA, que refieren que la mayoría de los pacientes con asma tendrán también síntomas de rinitis.¹² En cuanto a sus sensibilizaciones, a todos los pacientes se les realizaron pruebas cutáneas para aeroalérgenos por punción y todos los pacientes se encontraron sensibilizados a *dermatophagoides spp.*. De acuerdo a estudios en mexicanos como el de Bedolla et al., éste es el alérgeno que más frecuentemente provoca sensibilización en nuestra población.²⁶ Menos de la mitad de los pacientes (43.8%) incluidos cumplió la recomendación de la OMS de alimentar al seno materno por al menos 6 meses. También encontramos que 18.8% de los pacientes estudiados se encontraron con sobrepeso, cifra muy similar a la descrita en estudios de prevalencia de obesidad en nuestro país.¹³

Una importante proporción de los pacientes vive en casas en construcción, en remodelación o en obra gris, así como en casas con

infiltraciones de humedad en sus paredes y donde algún familiar fuma dentro de casa. Estos fueron algunos de las variables difíciles de modificar y que pudieron haber influido como factores asociados a contaminación intramuros, para la cual no establecimos criterios de exclusión. Breysse y cols. en 2010 estudiaron la contaminación intramuros y su relación con el asma en la edad pediátrica. Ellos encontraron una relación directa entre los niveles de material particulado, NO₂ y el alérgeno del ratón y las exacerbaciones de asma.¹⁷

Solo una tercera parte de los padres de los pacientes cuenta con estudios de nivel profesional y llama la atención que tres cuartas partes de los padres de los pacientes reciben un ingreso mensual por debajo de los 10 mil pesos. Si consideramos que en promedio gastan \$500 pesos al mes de consulta e inmunoterapia en el CRAIC y en algunos casos más de \$ 1000 pesos al mes en medicamentos, aunado a los costos indirectos por pérdida de días de trabajo y de clases o uso de recursos de servicios públicos, al mes los padres de algunos de estos pacientes gastan entre 15 y 30% de su ingreso mensual para la atención de este padecimiento para cada uno de sus hijos que lo padezca. (datos estimados)

Al inicio del estudio, todos los padres reportaron un buen control de los síntomas de su hijo, 81.3% piensan que la contaminación afecta el asma de su hijo. Diez de los pacientes piensan que hay mucha contaminación en el municipio donde viven. En el municipio de Guadalupe solo 1 paciente (25%) opina que hay mucha contaminación, en García fueron 5 los pacientes (60%) que piensan que hay mucha contaminación y en el municipio de Santa Catarina fueron 4 (80%) los pacientes que piensan que hay mucha contaminación.

Recientemente se ha hecho mucho énfasis a las emisiones de las pedreras ubicadas en el municipio de Santa Catarina, así como a las grandes naves industriales que se encuentran en el municipio de García, que si bien no son la fuente más importante de contaminación, sus emisiones pueden ser altamente nocivas.

Este estudio se debe considerar como una prueba preliminar para que los datos que se obtuvieron sean de utilidad para un estudio a futuro que incluya una mayor cantidad de pacientes, de otros municipios y de otras edades y se pueda realizar por un periodo más prolongado de tiempo. Debemos reconocer las limitantes de nuestro estudio, el tamaño de muestra no es representativo de los grupos de edad estudiados por lo que se debe tener cautela al interpretar los datos obtenidos puesto que fueron pocos los pacientes que presentaron todas las exacerbaciones. Hay algunos factores que no podemos determinar, que sin embargo, hay que tomar en cuenta, como la falta de apego al tratamiento indicado o el falso reporte de síntomas. Esto se intentó minimizar llamando a los pacientes para asegurar el apego al protocolo, así como con revisión mensual en la consulta del CRAIC.

CAPITULO VIII

CONCLUSIÓN

El tamaño de la muestra no fue suficiente para elaborar conclusiones que tengan significancia estadística por lo que los resultados obtenidos se deben considerar como observaciones y no tienen validez estadística.

De la población de pacientes pediátricos escolares y adolescentes que acudieron al CRAIC con asma controlada de los municipios estudiados, encontramos una prevalencia global de exacerbaciones de 3% durante la duración del estudio. El municipio de Guadalupe presentó proporcionalmente una mayor cantidad de exacerbaciones (n=15, 4.09%) y a diferencia de lo que se pensaba, el municipio de Santa Catarina fue el que presentó menos exacerbaciones (n=4, 1%).

Consideramos que por los resultados obtenidos, este estudio solo se puede considerar como un estudio preliminar y valdría la pena extender el estudio a otros municipios del área metropolitana de Monterrey y realizar un seguimiento más prolongado para captar más pacientes, obtener mejores resultados y valorar de manera adecuada la asociación de la contaminación con el asma.

CAPITULO IX

ANEXOS

Figura 1. Asthma Control Test

Name: _____ Today's Date: _____

ASTHMA CONTROL TEST™

Know your score.

The Asthma Control Test™ provides a numerical score to help you and your healthcare provider determine if your asthma symptoms are well controlled.

Take this test if you are 12 years or older. Share the score with your healthcare provider.

Step 1: Write the number of each answer in the score box provided.

Step 2: Add up each score box for the total.

Step 3: Take the completed test to your healthcare provider to talk about your score.

IF YOUR SCORE IS 19 OR LESS, Your asthma symptoms may not be as well controlled as they could be.

No matter what the score, bring this test to your healthcare provider to talk about the results.

NOTE: If your score is 15 or less, your asthma may be very poorly controlled. Please contact your healthcare provider right away. There may be more you and your healthcare provider could do to help control your asthma symptoms.

					SCORE
1. In the <u>past 4 weeks</u> , how much of the time did your <u>asthma</u> keep you from getting as much done at work, school or at home?					
All of the time [1]	Most of the time [2]	Some of the time [3]	A little of the time [4]	None of the time [5]
2. During the <u>past 4 weeks</u> , how often have you had shortness of breath?					
More than Once a day [1]	Once a day [2]	3 to 6 times a week [3]	Once or twice a week [4]	Not at all [5]
3. During the <u>past 4 weeks</u> , how often did your asthma symptoms (wheezing, coughing, shortness of breath, chest tightness or pain) wake you up at night or earlier than usual in the morning?					
4 or more nights a week [1]	2 to 3 nights a week [2]	Once a week [3]	Once or twice [4]	Not at all [5]
4. During the <u>past 4 weeks</u> , how often have you used your rescue inhaler or nebulizer medication (such as albuterol)?					
3 or more times per day [1]	1 to 2 times per day [2]	2 or 3 times per week [3]	Once a week or less [4]	Not at all [5]
5. How would you rate your asthma control during the past 4 weeks?					
Not Controlled at All [1]	Poorly Controlled [2]	Somewhat Controlled [3]	Well Controlled [4]	Completely Controlled [5]

TOTAL:

Copyright 2002, by QualityMetric Incorporated.
Asthma Control Test is a trademark of QualityMetric Incorporated.

Figura 2. Childhood Asthma Control Test

Childhood Asthma Control Test for children 4 to 11 years

Know your score.

Parent or Guardian: The Childhood Asthma Control Test* is a way to help your child's healthcare provider determine if your child's asthma symptoms are well controlled. Take this test with your child (ages 4 to 11). Share the results with your child's healthcare provider.

Step 1: Have your child answer the first four questions (1 to 4). If your child needs help, you may help, but let your child choose the answer.

Step 2: Answer the last three questions (5 to 7) on your own. Don't let your child's answers influence yours. There are no right or wrong answers.

Step 3: Write the number of each answer in the score box to the right.

Step 4: Add up each score box for the total.

Step 5: Take the COMPLETED test to your child's healthcare provider to talk about your child's total score.

19
or less

IF YOUR CHILD'S SCORE IS 19 OR LESS, Your child's asthma symptoms may not be as well controlled as they could be. No matter what the score, bring this test to your child's healthcare provider to talk about your child's results.

NOTE: If your child's score is 12 or less, his or her asthma may be very poorly controlled. Please contact your child's healthcare provider right away.

Have your child complete these questions.

1. How is your asthma today?

 0 Very bad	 1 Bad	 2 Good	 3 Very good	SCORE <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
---	--	---	--	--

2. How much of a problem is your asthma when you run, exercise or play sports?

 0 It's a big problem, I can't do what I want to do.	 1 It's a problem and I don't like it.	 2 It's a little problem but it's okay.	 3 It's not a problem.
--	--	---	--

3. Do you cough because of your asthma?

 0 Yes, all of the time.	 1 Yes, most of the time.	 2 Yes, some of the time.	 3 No, none of the time.
--	---	---	--

4. Do you wake up during the night because of your asthma?

 0 Yes, all of the time.	 1 Yes, most of the time.	 2 Yes, some of the time.	 3 No, none of the time.
--	---	---	--

Please complete the following questions on your own.

5. During the last 4 weeks, how many days did your child have any daytime asthma symptoms?

5 Not at all	4 1-3 days	3 4-10 days	2 11-18 days	1 19-24 days	0 Everyday
------------------------	----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	----------------------

6. During the last 4 weeks, how many days did your child wheeze during the day because of asthma?

5 Not at all	4 1-3 days	3 4-10 days	2 11-18 days	1 19-24 days	0 Everyday
------------------------	----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	----------------------

7. During the last 4 weeks, how many days did your child wake up during the night because of the asthma?

5 Not at all	4 1-3 days	3 4-10 days	2 11-18 days	1 19-24 days	0 Everyday
------------------------	----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	----------------------

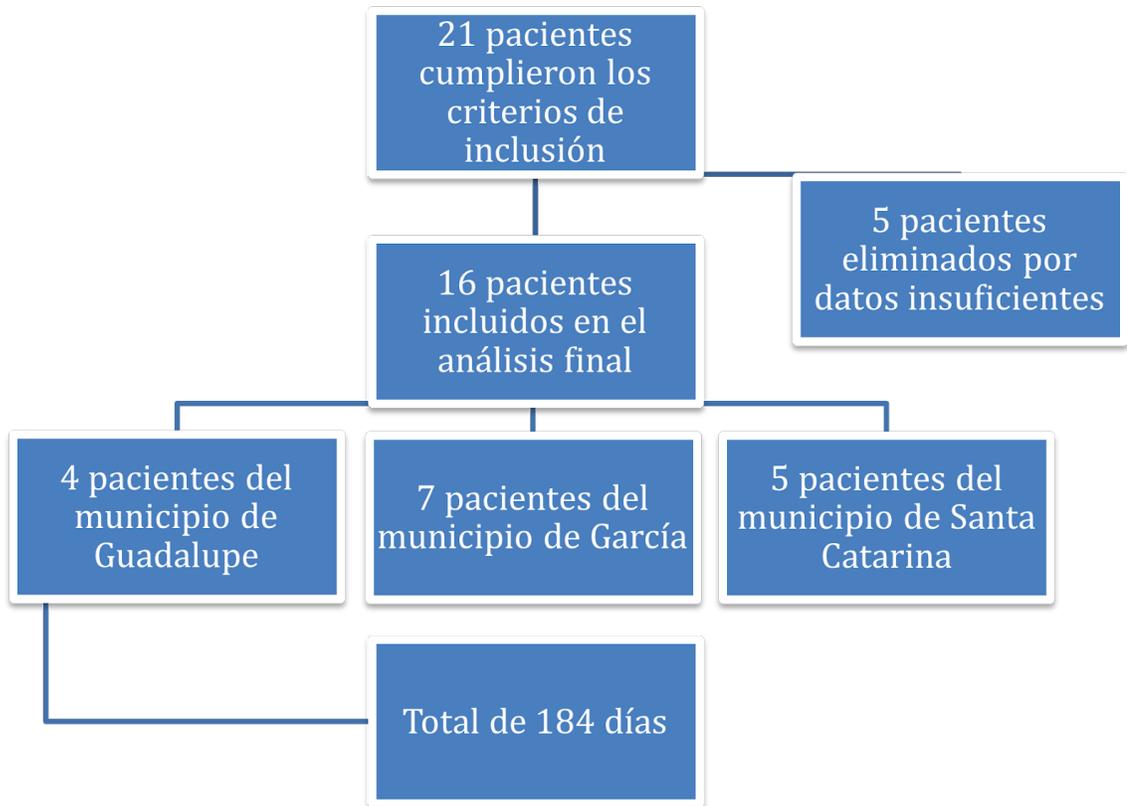
*The Childhood Asthma Control Test was developed by GSK.

TOTAL

Figura 3. Flujometro Truzone



Figura 5. Flujograma de pacientes incluidos en el estudio



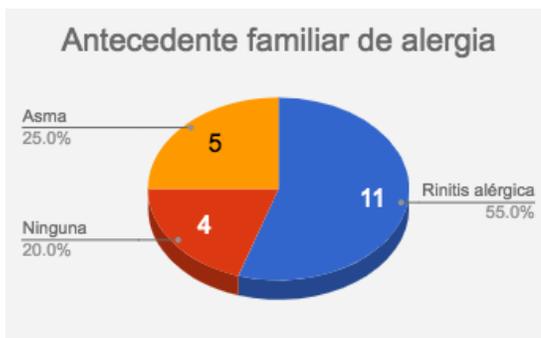
Gráfica 1



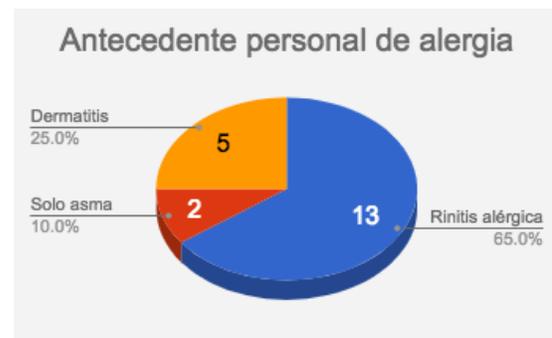
Gráfica 2



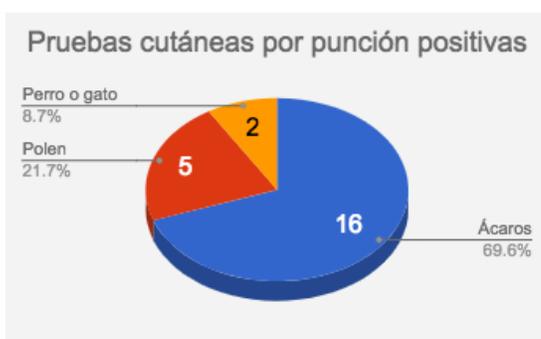
Gráfica 3



Gráfica 4



Gráfica 5



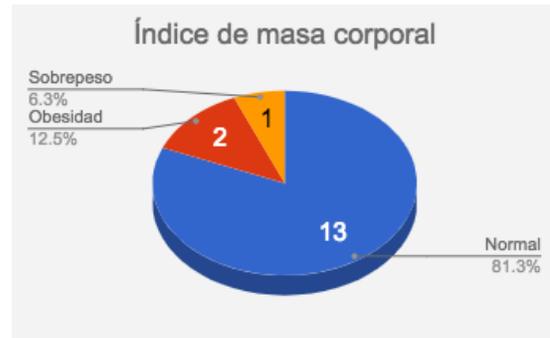
Gráfica 6



Gráfica 7



Gráfica 8



Gráfica 9



Gráfica 10



Gráfica 11



Gráfica 12



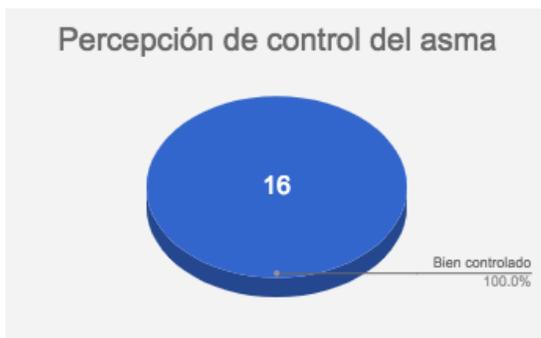
Gráfica 13



Gráfica 14



Gráfica 15



Gráfica 16



Gráfica 17



Gráfica 18



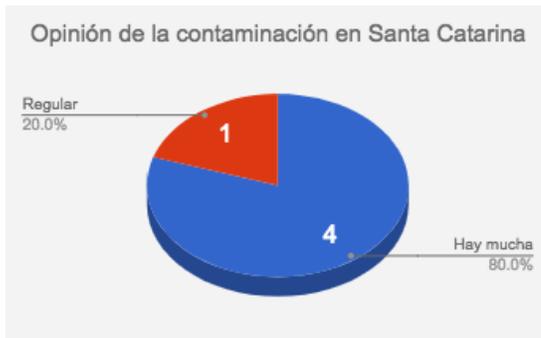
Gráfica 19



Gráfica 20



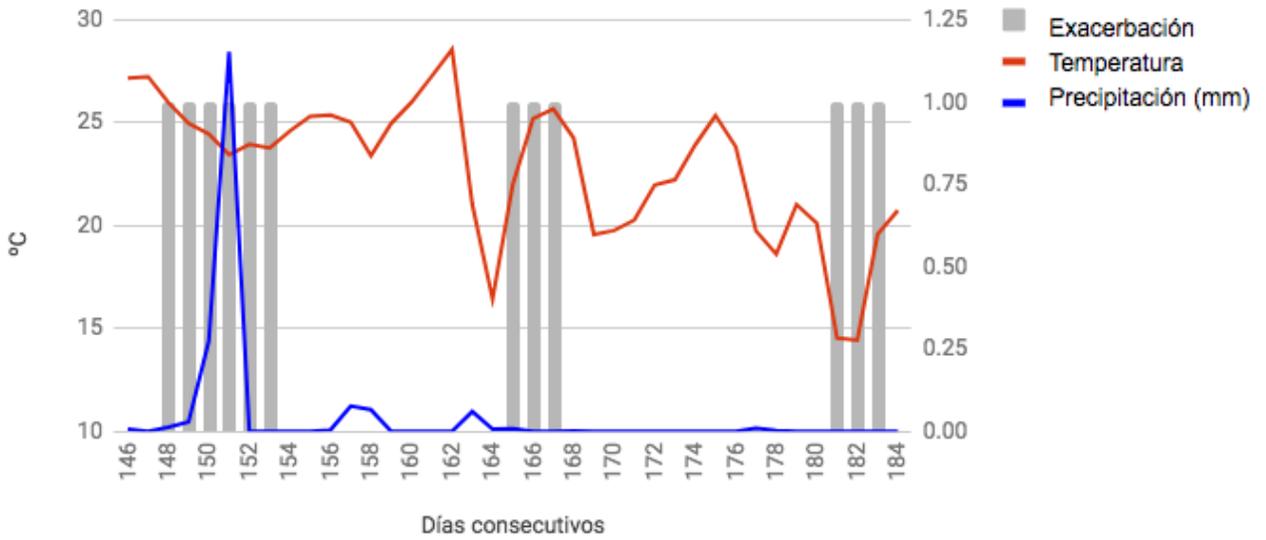
Gráfica 21



Gráfica 22

Promedio de temperatura y precipitación

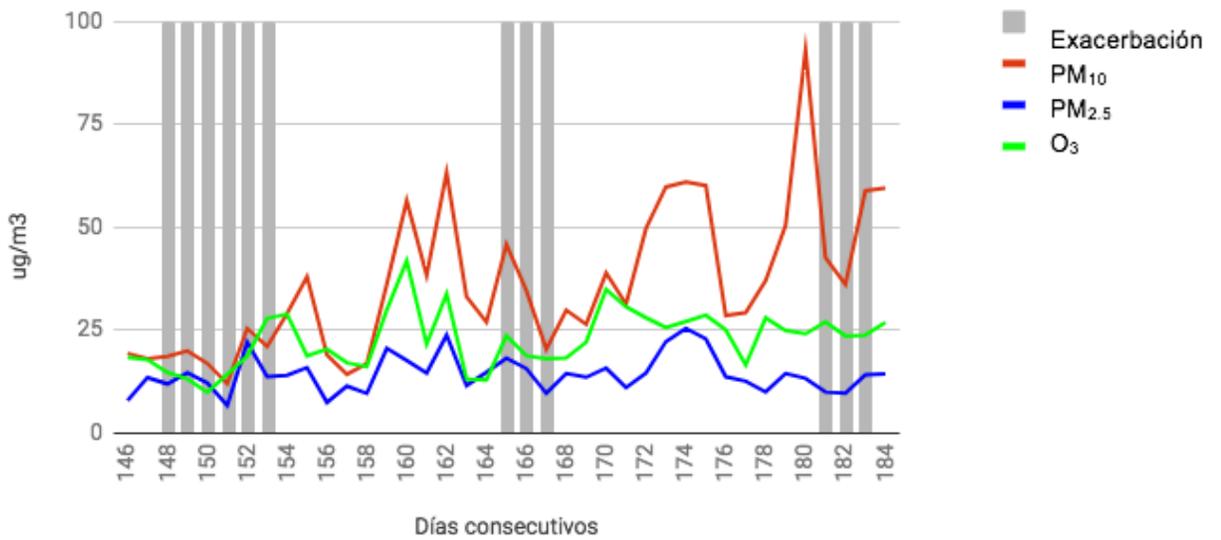
Municipio de Guadalupe



Gráfica 23

Promedio diario de contaminantes y exacerbaciones

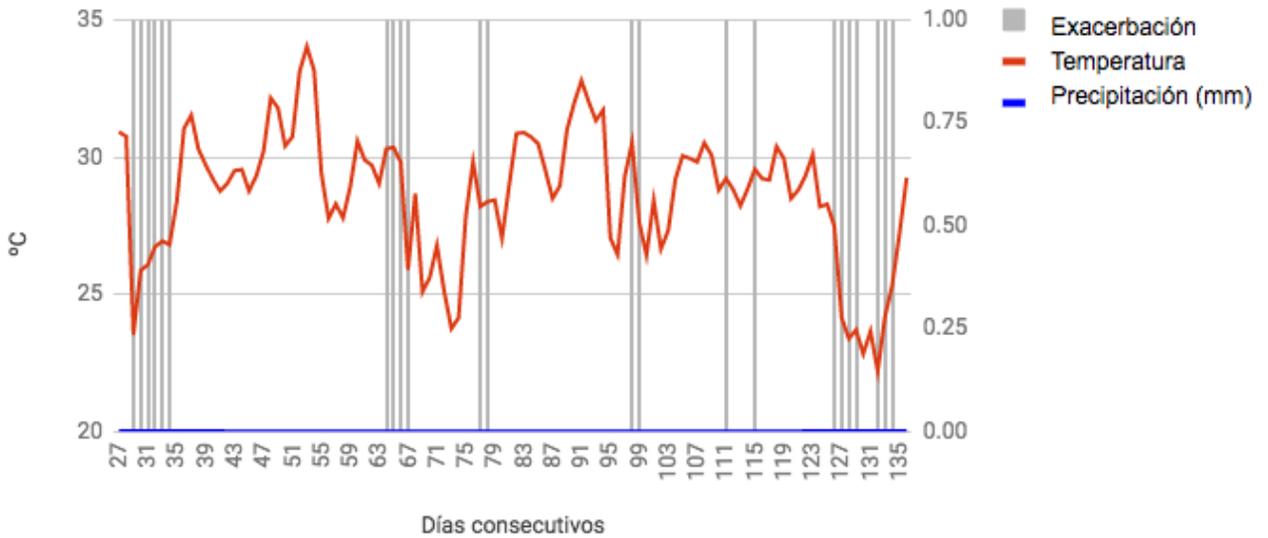
Municipio de Guadalupe



Gráfica 24

Promedio de temperatura y precipitación

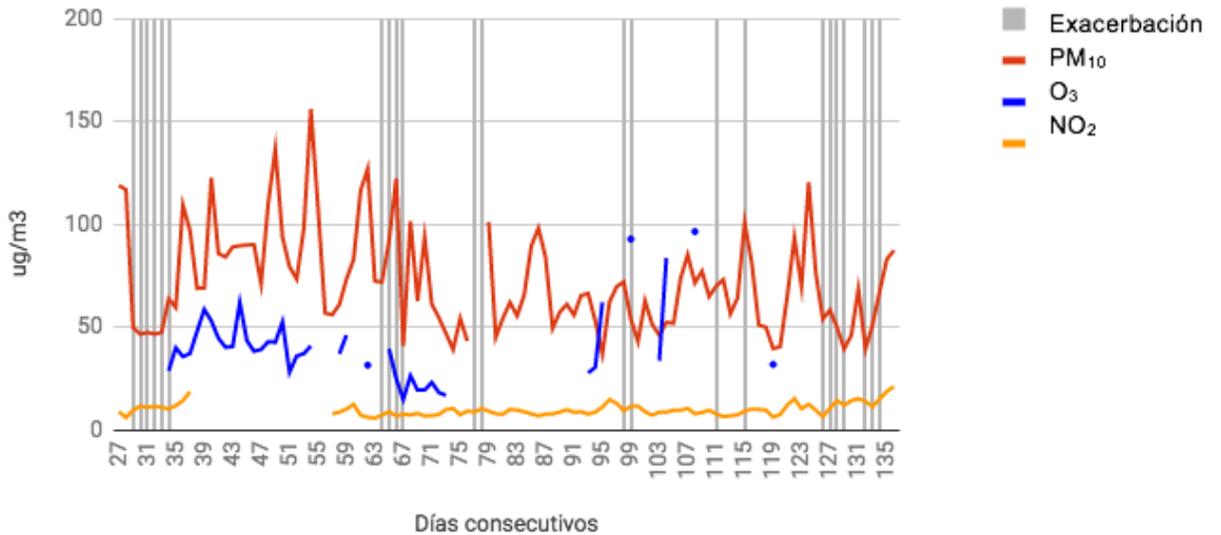
Municipio de García



Gráfica 25

Promedio diario de contaminantes y exacerbaciones

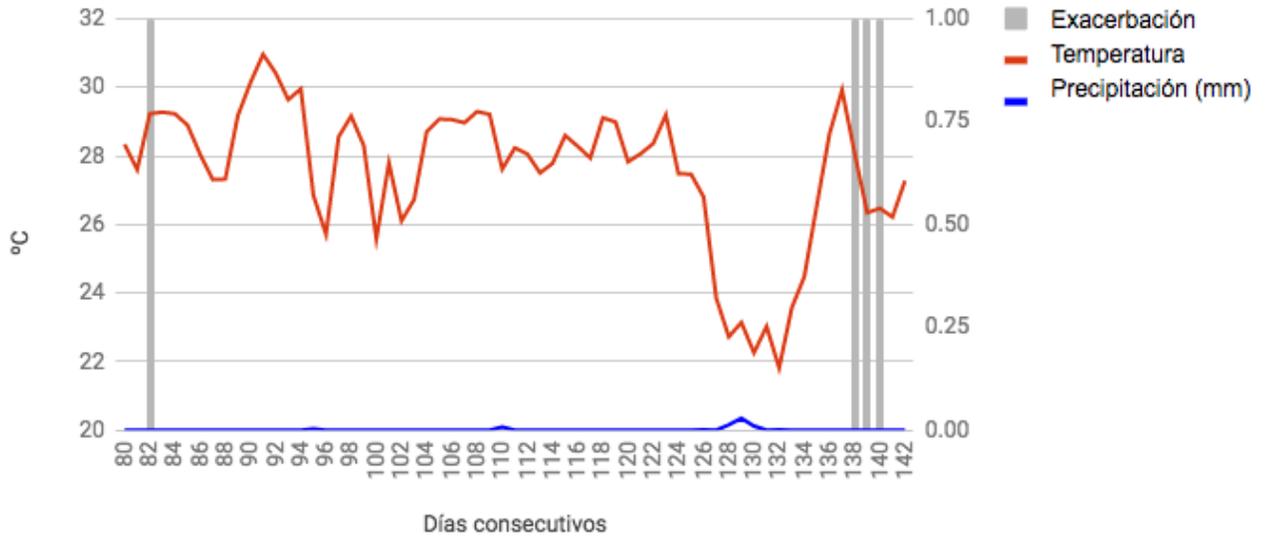
Municipio de García



Gráfica 26

Promedio de temperatura y precipitación

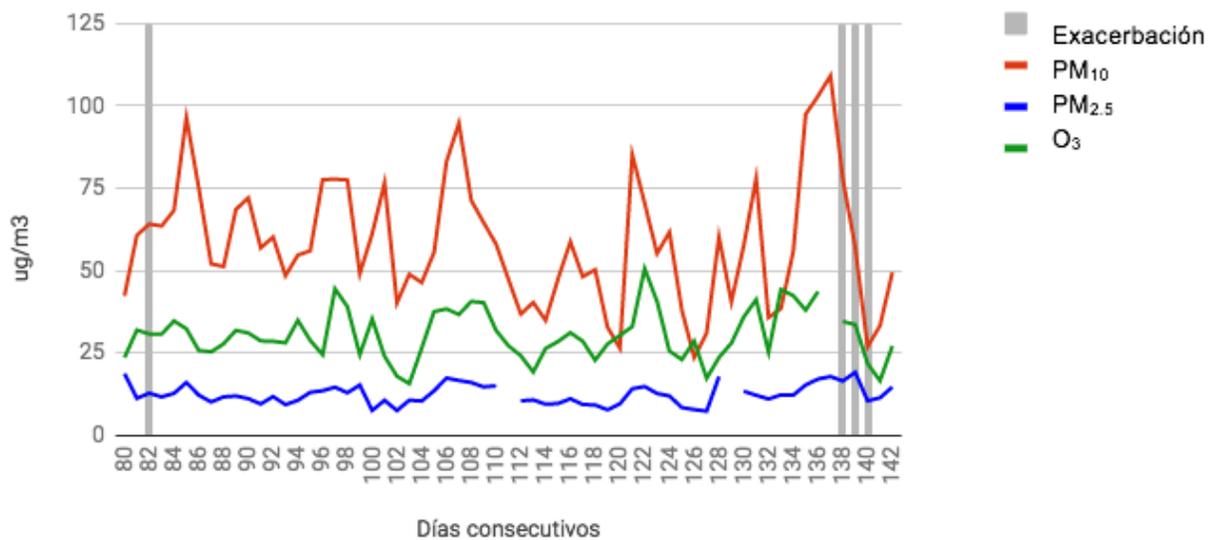
Municipio de Santa Catarina



Gráfica 27

Promedio diario de contaminantes y exacerbaciones

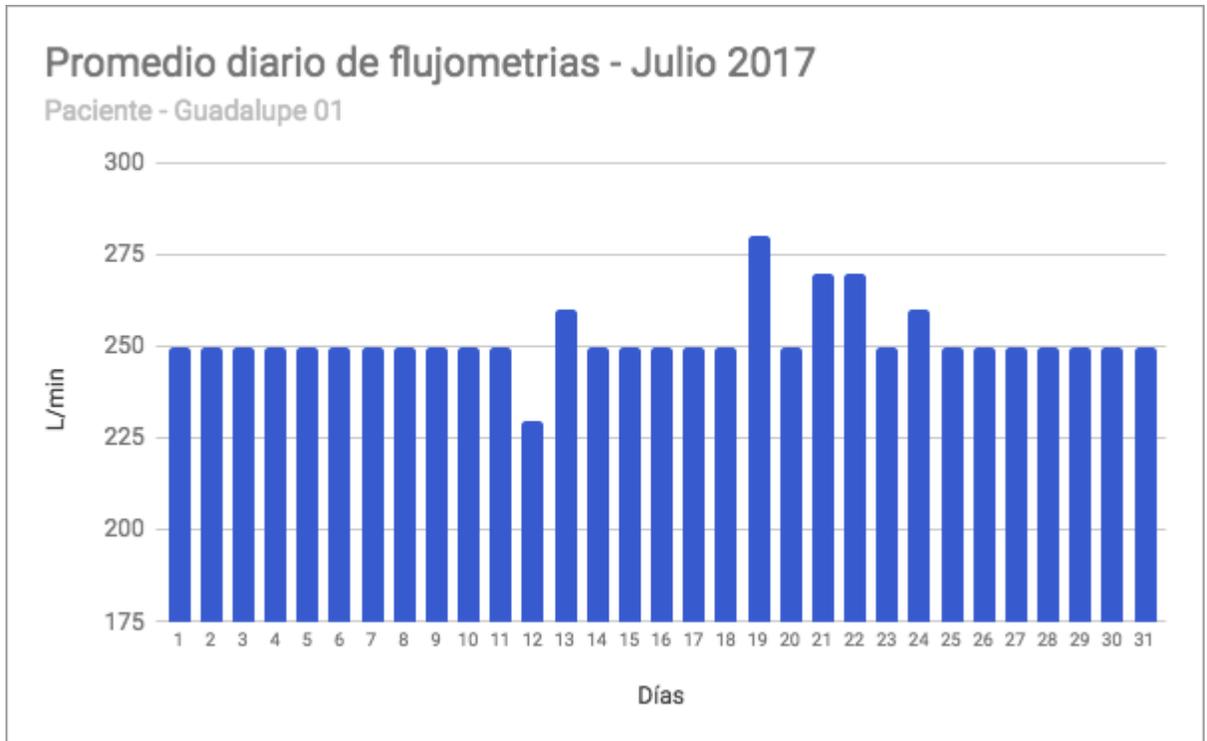
Municipio de Santa Catarina



Pacientes Guadalupe
Gráfica 28



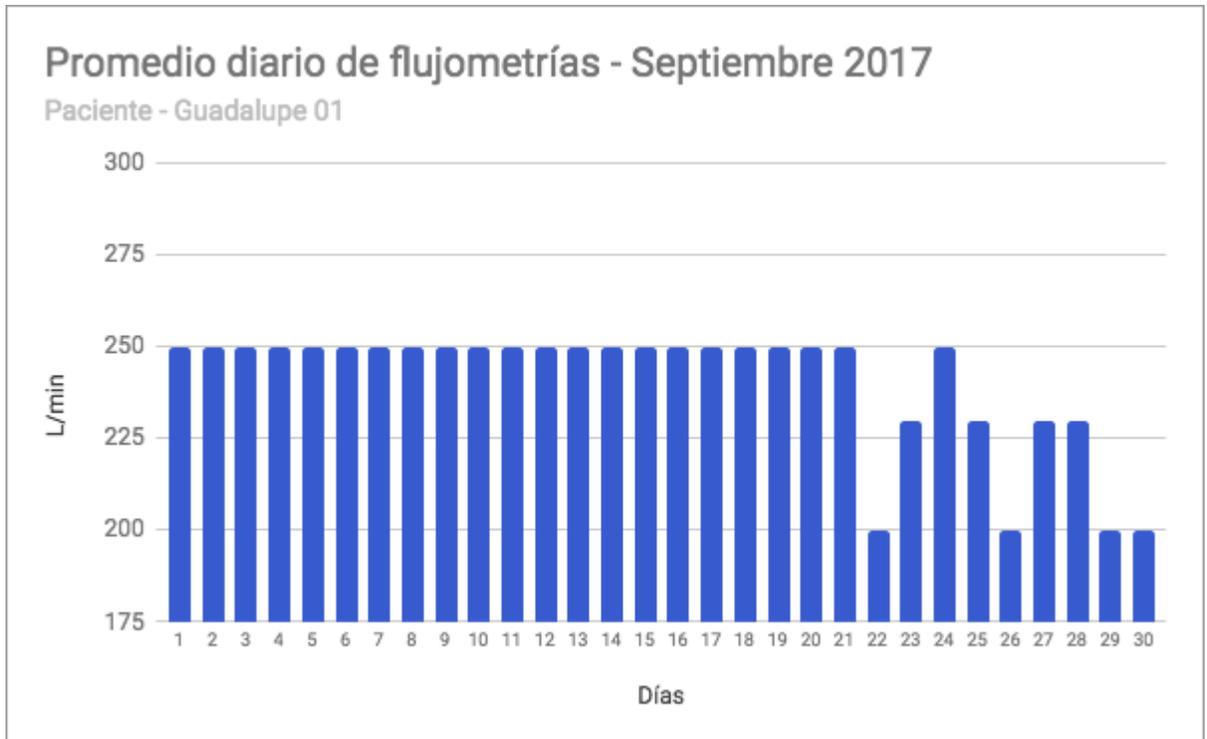
Gráfica 29



Gráfica 30



Gráfica 31



Gráfica 32



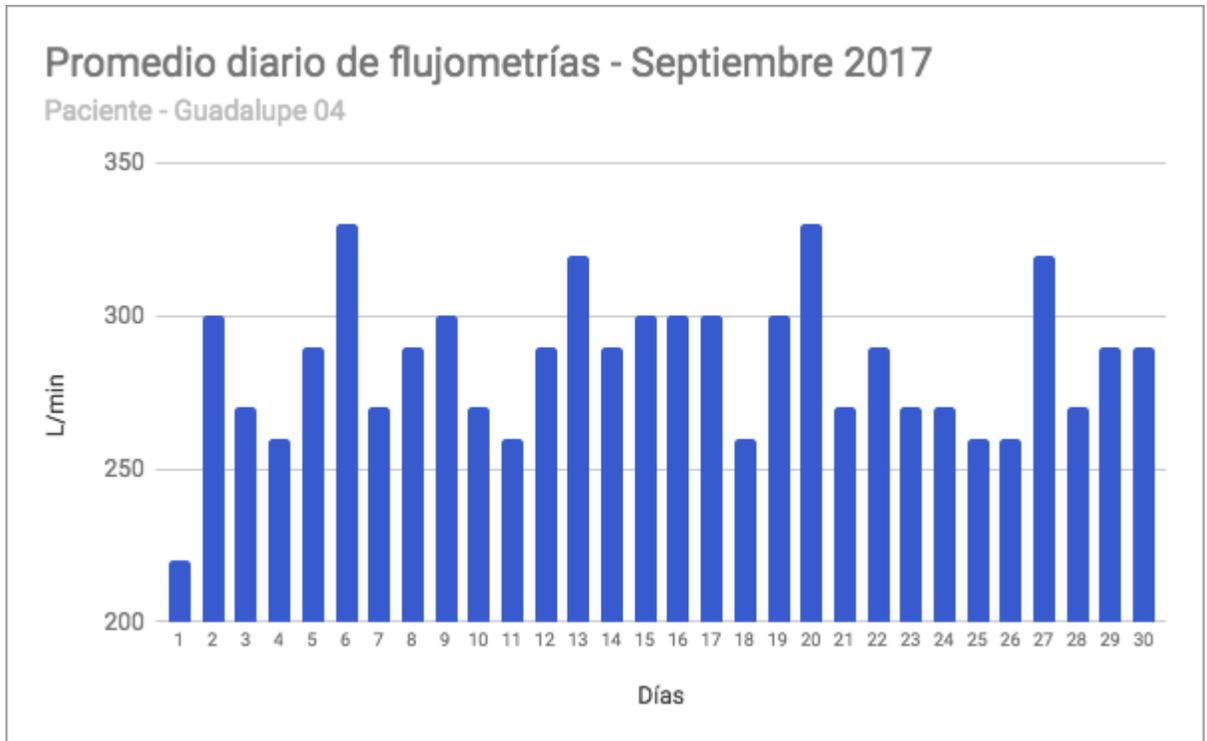
Gráfica 33



Gráfica 34



Gráfica 35



Gráfica 36



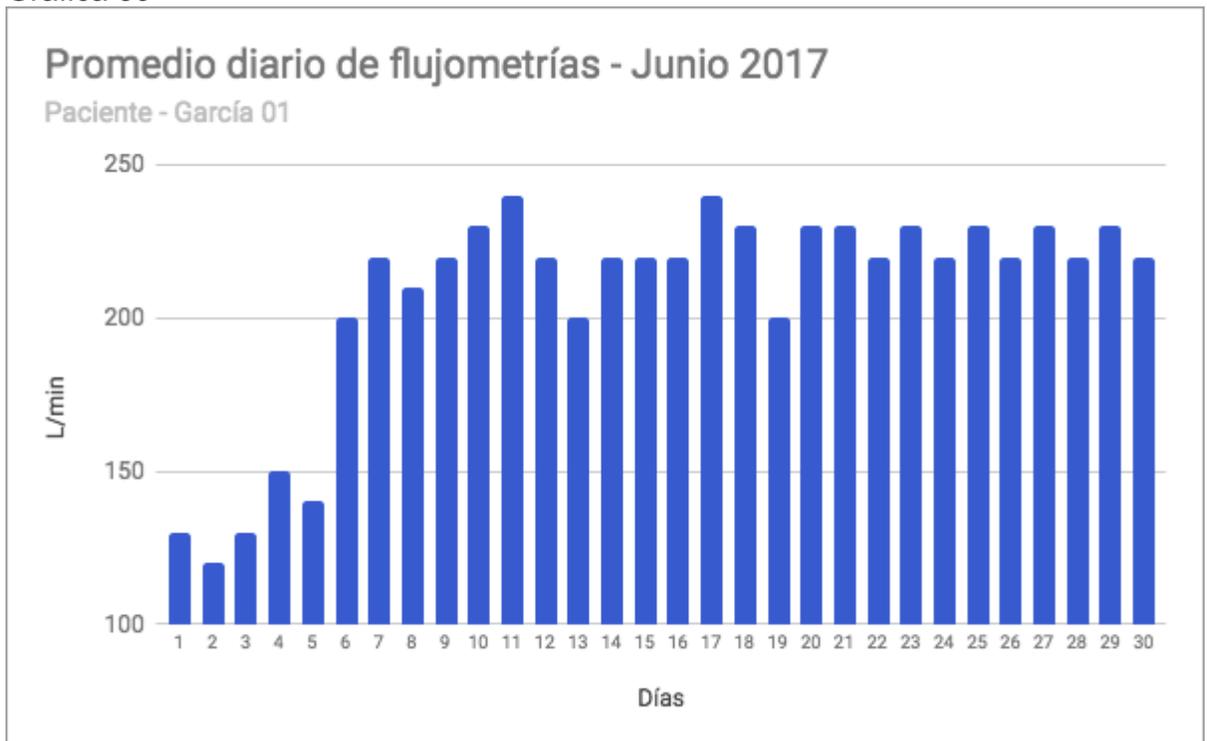
Gráfica 37



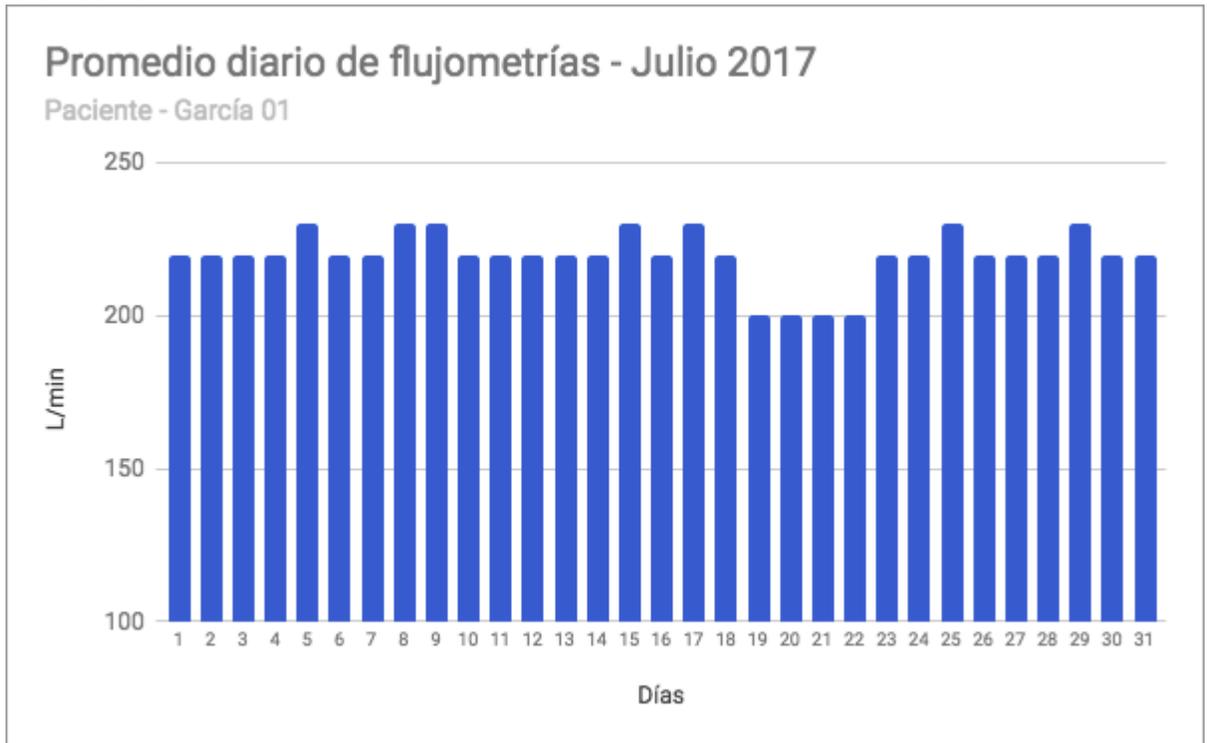
Gráfica 38



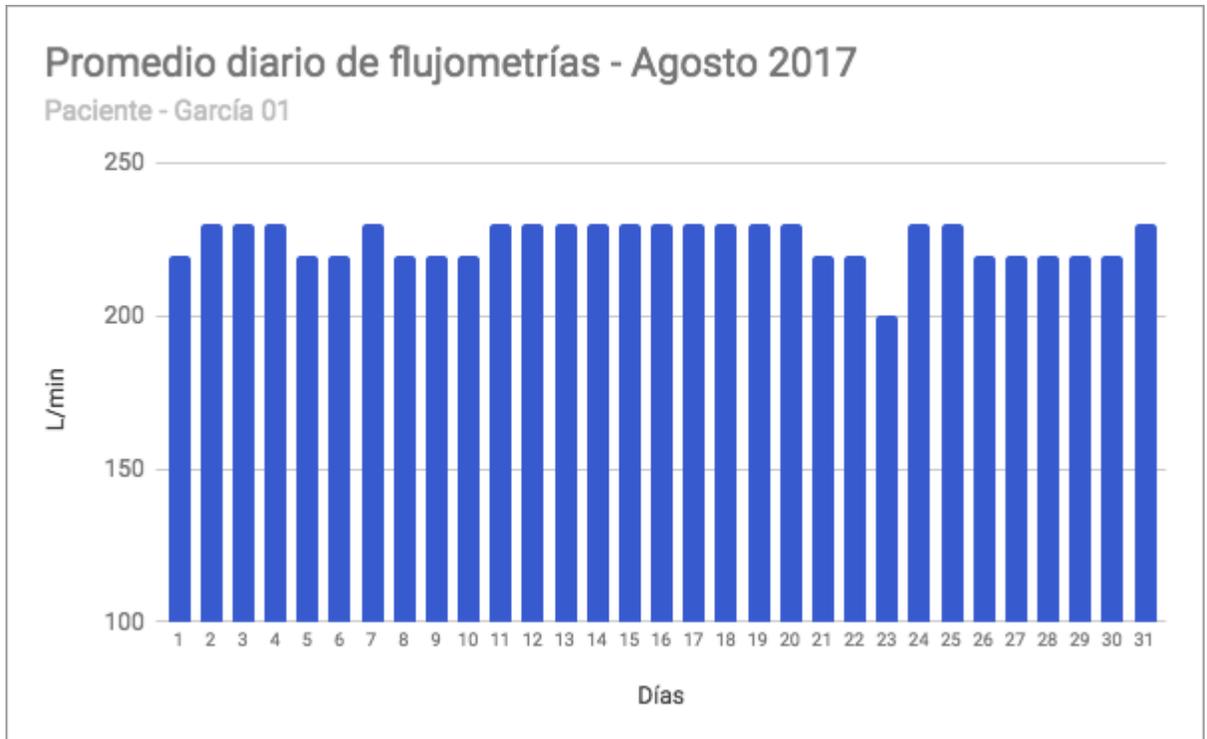
Pacientes García
Gráfica 39



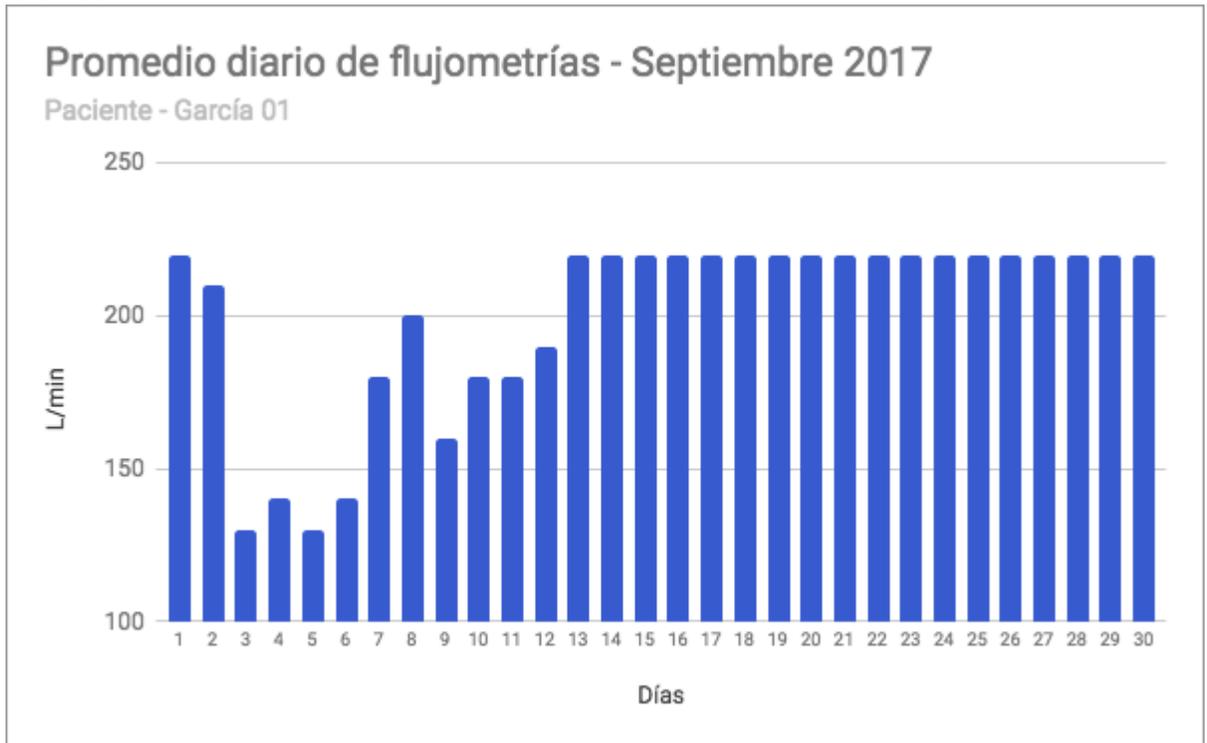
Gráfica 40



Gráfica 41



Gráfica 42



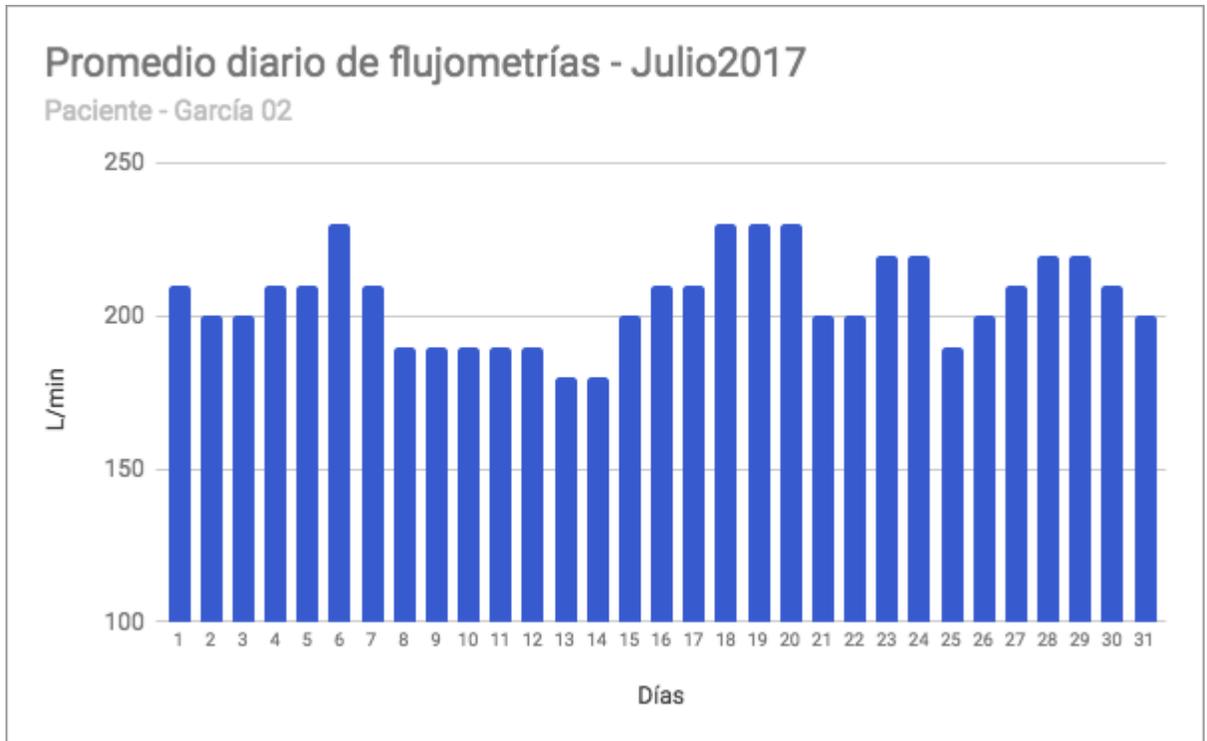
Gráfica 43



Gráfica 44



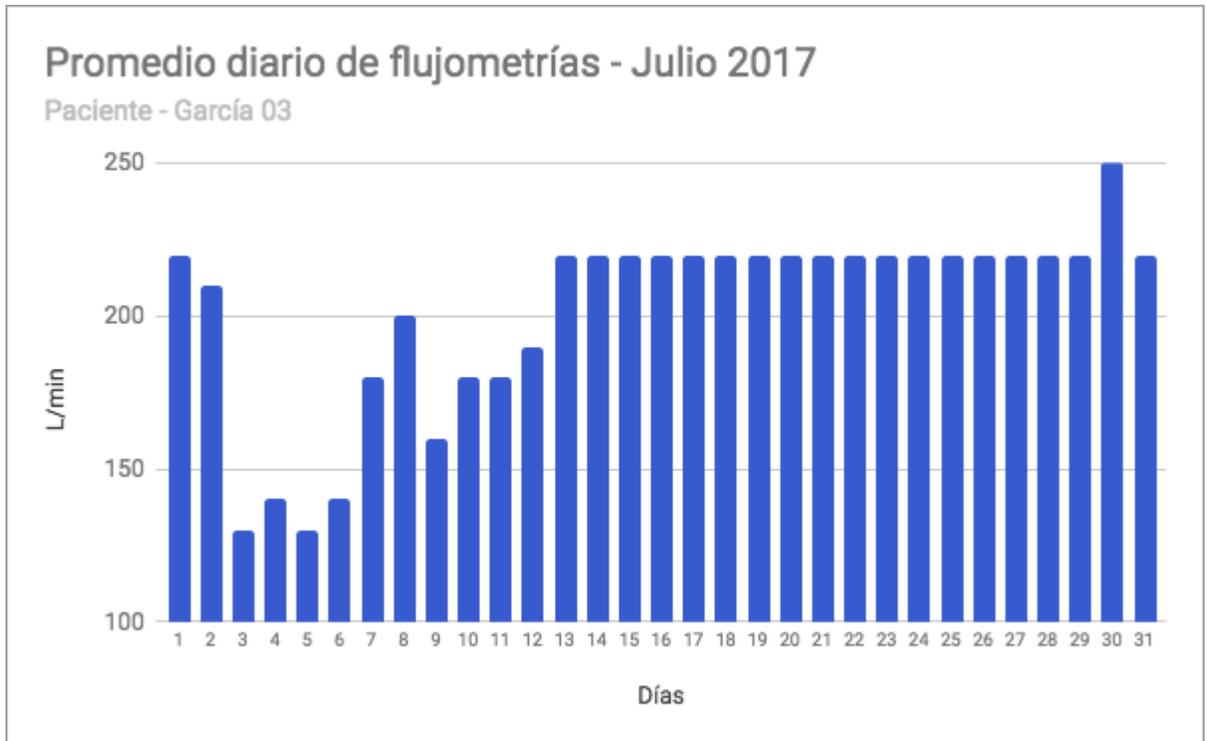
Gráfica 45



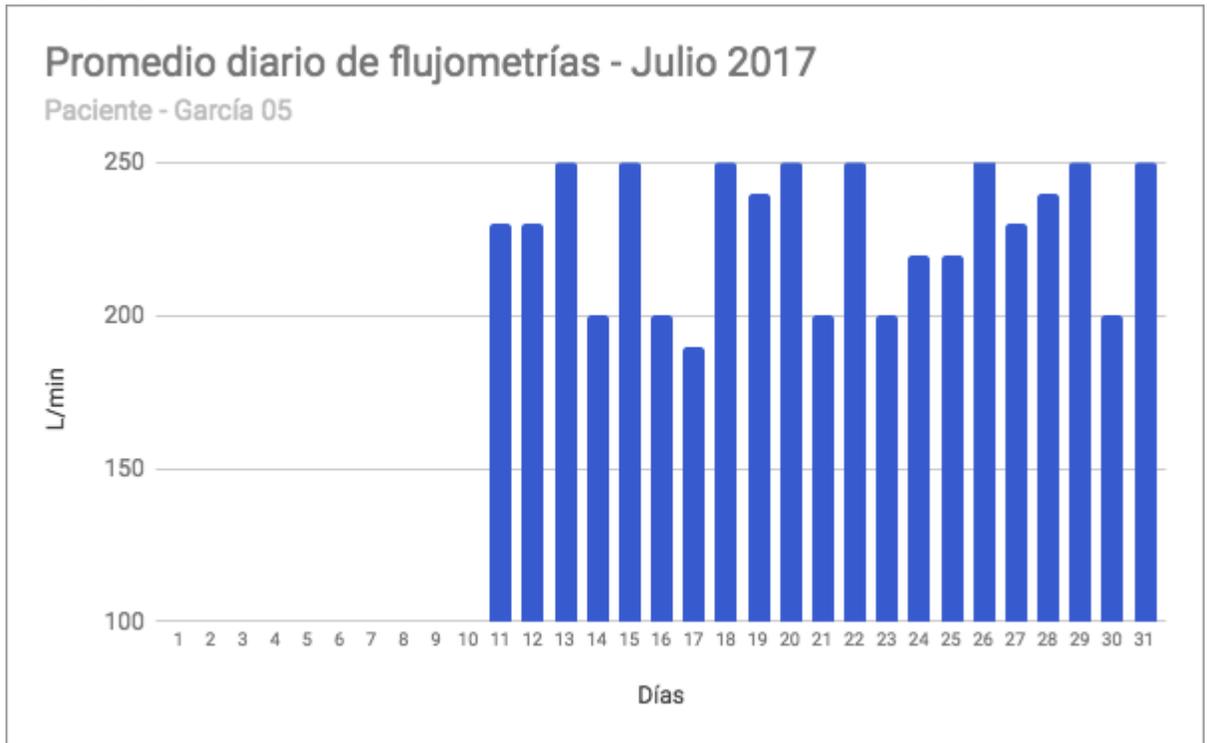
Gráfica 46



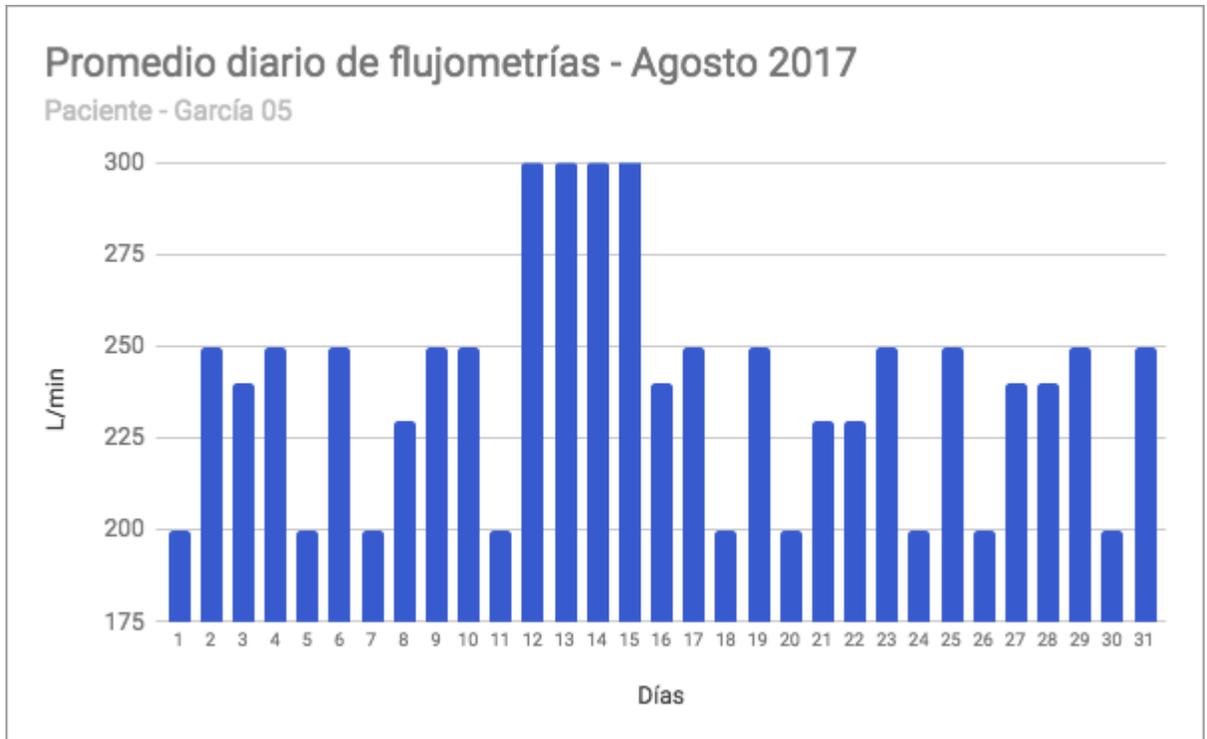
Gráfica 47



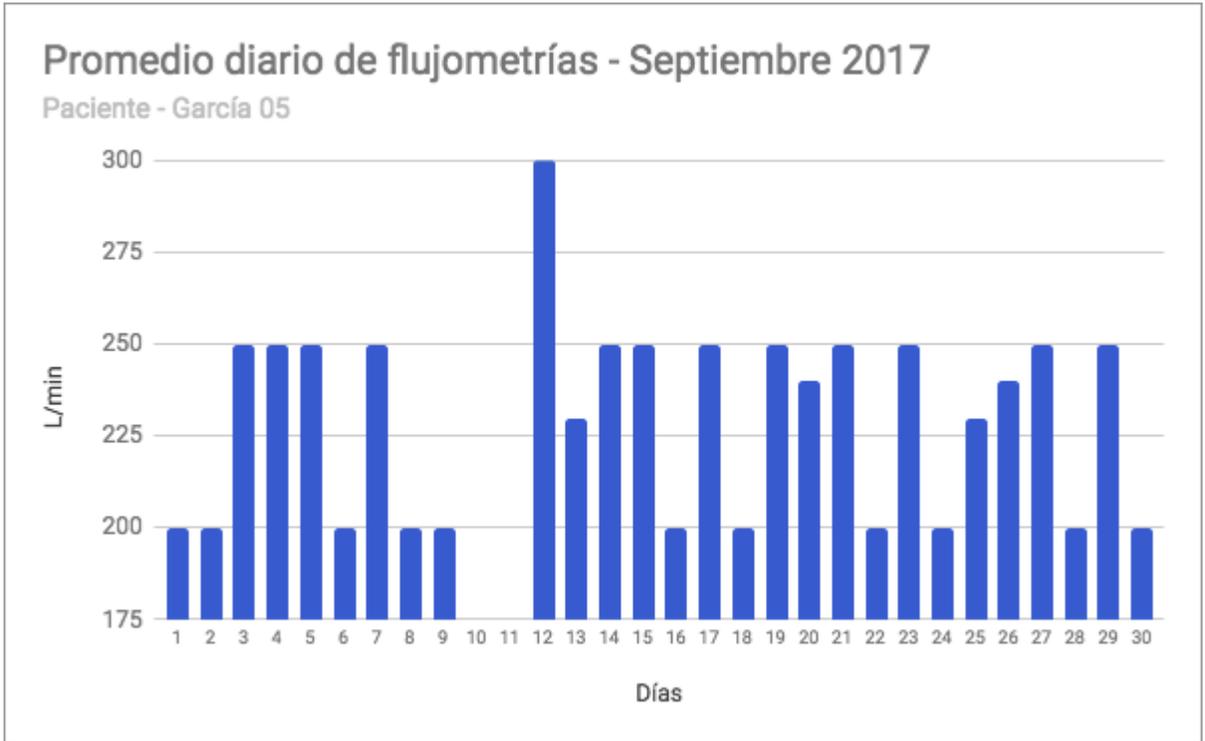
Gráfica 48



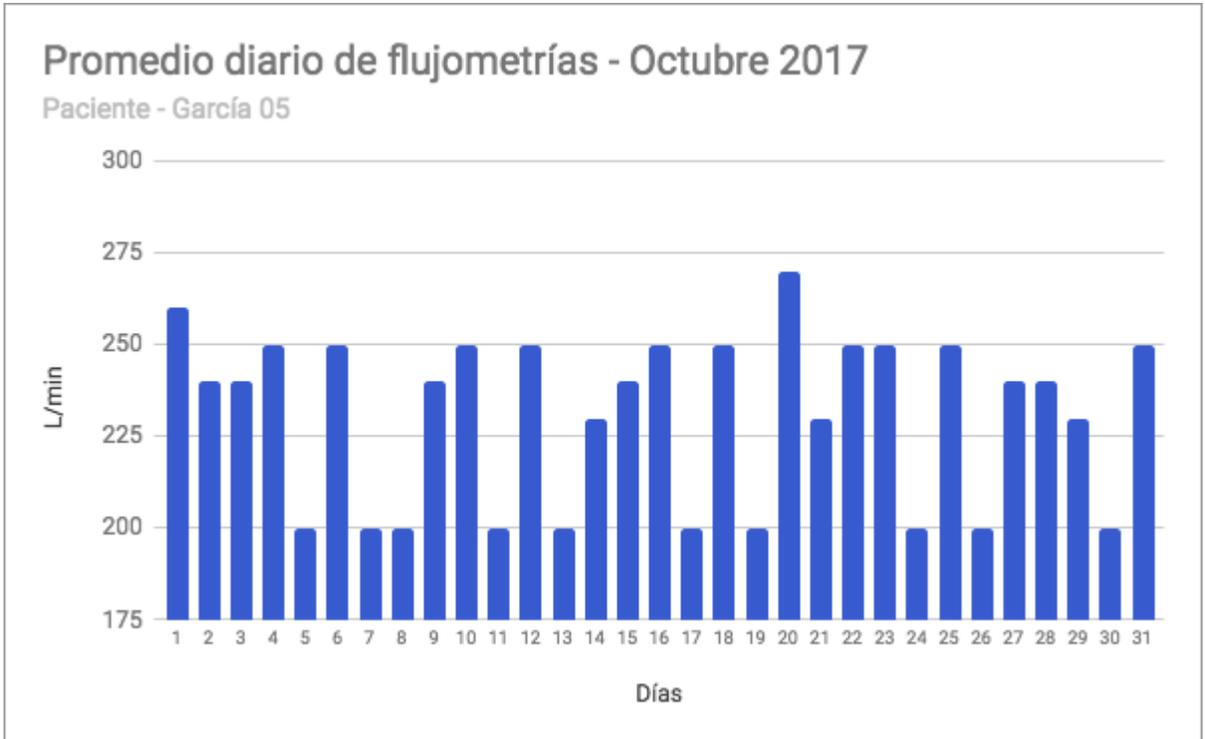
Gráfica 49



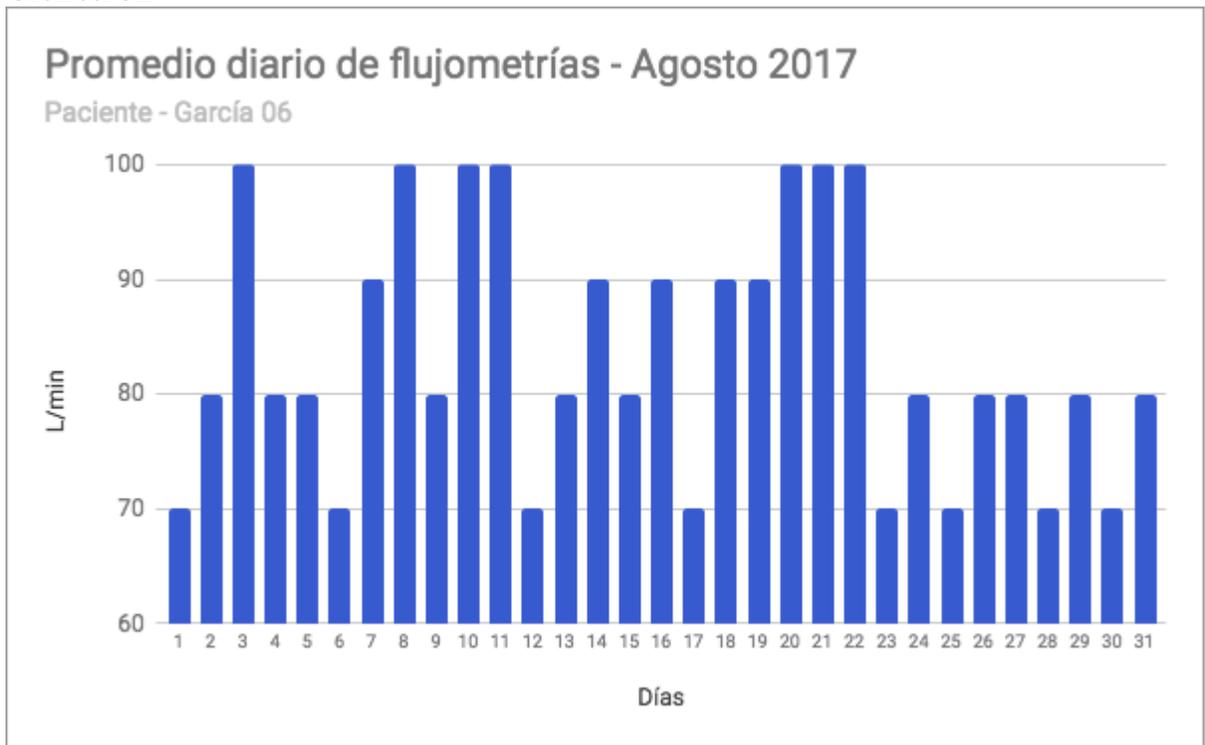
Gráfica 50



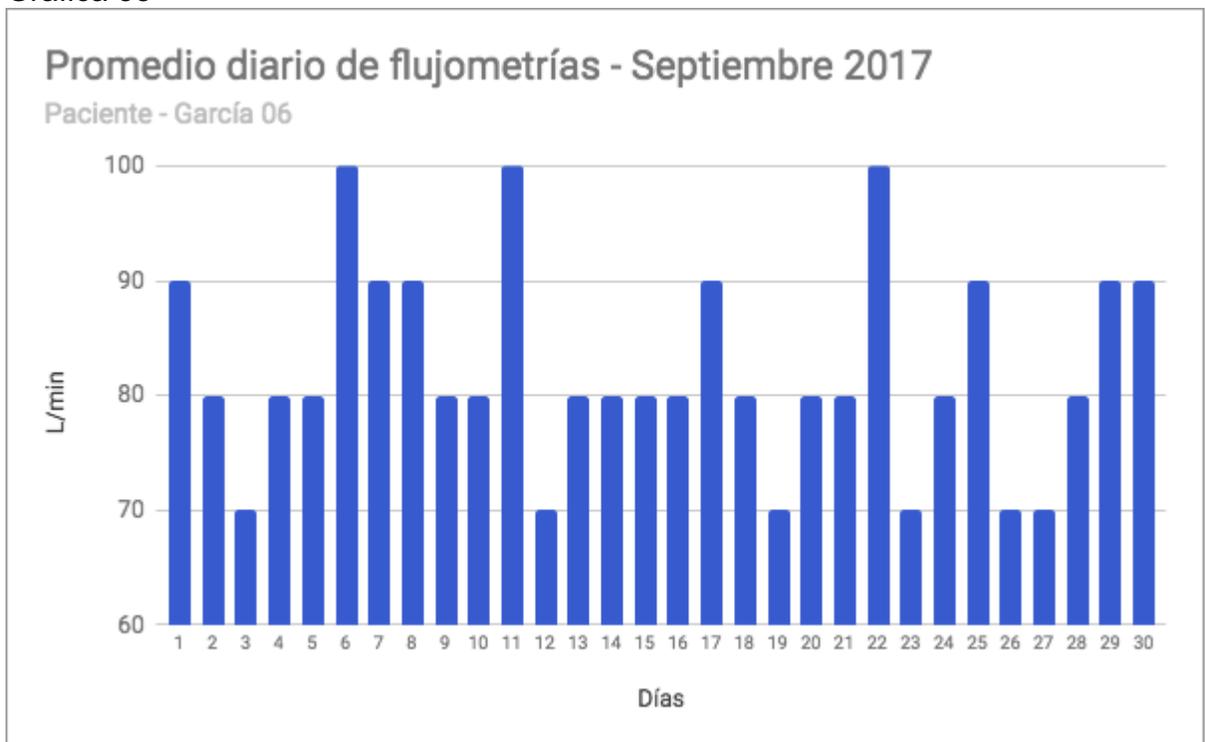
Gráfica 51



Gráfica 52



Gráfica 53



Gráfica 54



Gráfica 55



Gráfica 56



Gráfica 57



Tabla 1. Mediana del contaminante por municipio

Municipio	CO	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂
Guadalupe	0.76 (0.63-0.90)	-	26.83 (20.7-32.52)	38.34 (28.52-50)	14 (11.88-16.5)	11.29 (10.68-11.98)
García	0.46 (0.36-0.57)	8.86 (6.90-11.13)	39.13 (28.13-45)	66.32 (50.7-87.3)	-	-
Santa Catarina	0.73 (0.45-1.18)	16.92 (13.7-22.3)	27.39 (20.43-34.5)	55.91 (40.2-73.1)	13 (10.63-17.3)	5.32 (4.60-6.45)

Se reporta para cada contaminante la mediana y su rango intercuartil entre paréntesis.

Tabla 2. Correlación de la media diaria de cada contaminante los días con y sin exacerbación por municipio

<i>Municipio</i>	Molécula promedio	<i>Exacerbación</i>		
		Sí	No	p
<i>Guadalupe</i>	CO	0.81 (0.75-0.85)	0.74 (0.61-0.93)	0.257
	NO ₂	-	-	-
	O ₃	22.04 (14.6-31.6)	27 (20.52-32.87)	0.019
	PM ₁₀	29.04 (19.9-45.6)	39.13 (29.5-50.4)	0.003
	PM _{2.5}	14.24 (11.9-16.2)	14 (11.86-16.65)	0.816
	SO ₂	10.72 (10.6-11.1)	11.40 (10.7-12.0)	0.002
<i>García</i>	CO	0.43 (0.32-0.54)	0.49 (0.37-0.62)	0.041
	NO ₂	9.81 (7.90-12.20)	8.90 (7.05-11.13)	0.016
	O ₃	30.17 (23.5-39.6)	38.33 (28.7-44.6)	0.11
	PM ₁₀	64.04 (49.8-80.4)	65.22 (49.5-84.1)	0.684
	PM _{2.5}	-	-	-
	SO ₂	-	-	-
<i>Santa Catarina</i>	CO	0.79 (0.51-1.28)	0.75 (0.45-1.19)	0.401
	NO ₂	14.40 (13-22.48)	16.83 (13.9-22.3)	0.271
	O ₃	31.33 (24.4-34.6)	27.13 (20.0-33.5)	0.143
	PM ₁₀	62.11 (44.1-75.4)	55.43 (38.9-72.5)	0.352
	PM _{2.5}	13.70 (11.4-17.6)	12.16 (10.4-16.2)	0.192
	SO ₂	5.89 (4.87-7.14)	5.31 (4.60-6.44)	0.127

Se reporta para cada contaminante la mediana y su rango intercuartil entre paréntesis.

Tabla 3. Resultados de ACT

	Paciente	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
<i>Guadalupe</i>	01	-	25	21	22	22	22
	02	-	-	-	25	24	-
	04	-	-	-	26	26	-
	05	-	-	-	-	25	25
<i>García</i>	01	27	27	27	27	24	-
	02	26	26	25	-	-	-
	03	-	26	25	-	-	-
	05	-	-	23	25	21	25
	06	-	-	-	22	21	-
	07	-	-	-	-	25	25
	08	-	-	-	-	24	25
	08	-	-	-	-	24	25
<i>Santa Catarina</i>	01	27	23	27	27	27	27
	02	-	23	27	-	-	-
	04	-	-	-	-	25	21
	05	-	-	-	-	27	25
	06	-	-	-	-	22	25
	06	-	-	-	-	22	25

CAPITULO X

BIBLIOGRAFÍA

1. Global Strategy for Asthma Management and Prevention (2017 update).
2. Miller M, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal* 2005 26: 319-338
3. M Rosenlund, F Forastiere, D Porta, et al. Traffic-related air pollution in relation to respiratory symptoms, allergic sensitisation and lung function in schoolchildren. *Thorax* 2009 64: 573-580
4. Romieu I, Meneses F, Ruiz S, Slenra JJ, Huerta J, White MC, Etzel RA. Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living In Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med*, 1996;154: 300-307
5. Schildcrout JS, Sheppard L, Lumley T, Slaughter JC, Koenig JQ, Shapiro GG. Ambient Air Pollution and Asthma Exacerbations in Children: An Eight-City Analysis. *Am J Epidemiol* 2006;164:505–517
6. Camacho O, Flamand L. Políticas intergubernamentales para controlar la contaminación del aire en ciudades mexicanas. *Gestion y Politica Publica*. 2008;17:261-313
7. Informe Nacional de Calidad del Aire 2014, México

8. Beggs P, Bambrick J. Is the Global Rise of Asthma an Early Impact of Anthropogenic Climate Change?. *Environmental Health Perspectives*. 2005;113:8
9. Renz H, Holt P, Inouye M, et al. An exposome perspective: Early-life events and immune development in a changing world. *J Allergy Clin Immunol* 2017;140:24-40.
10. Shima M, Nitta Y, Ando M. Effects of Air Pollution on the Prevalence and Incidence of Asthma in Children. *Archives of Environmental Health*. 2002;29:347–356.
11. Bowatte G, Lodge C, Lowe AJ, Erbas B, Perret J, Abramson MJ, Matheson M, Dharmage SC. The influence of childhood traffic-related air pollution exposure on asthma, allergy and sensitization: a systematic review and a meta-analysis of birth cohort studies. *Allergy* 2015; 70: 245–256.
12. Bousquet, J, Khaltaev, N, Cruz, A, Denburg, J, et al. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) 2008. *Allergy*, 63: 8–160.
13. Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Hernández-Ávila M. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados nacionales. 2a. ed. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX), 2013.
14. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide Global update 2005
15. Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire.
 - a. NOM-020-SSA1-2014
 - b. NOM-085-SEMARNAT-2011

16. Peters A, Goldstein IF, Beyer U, et al. Acute health effects of exposure to high levels of air pollution in Eastern Europe. *Am J Epidemiol* 1996;144:570–81.
17. Breysse P, Diette G, et al. Indoor Air Pollution and Asthma in Children. *Proc Am Thorac Soc*. 2010 May 1; 7(2): 102–106.
18. Tzivian L. Outdoor Air Pollution and Asthma in Children. *Journal of Asthma*, 48:470–481, 2011
19. Davidson C, Phalen R, Solomon P. Airborne Particulate Matter and Human Health: A Review, 2005. *Aerosol Science and Technology*, 39:8, 737-749
20. Jassal MS. Pediatric asthma and ambient pollutant levels in industrializing nations. *Int Health*. 2015 Jan;7(1):7-15.
21. Romieu I, Meneses F, Ruiz S, et al. Effects of intermittent ozone exposure on peak expiratory flow and respiratory symptoms among asthmatic children in Mexico City. *Arch Environ Health* 1997;52:368–76.
22. Romieu I, Meneses F, Ruiz S, et al. Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:300–7.
23. Slaughter JC, Lumley T, Sheppard L, et al. Effects of ambient air pollution on symptom severity and medication use in children with asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2003; 91:346–53.
24. Vedal S, Petkau J, White R, et al. Acute effects of ambient inhalable particles in asthmatic and nonasthmatic children. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:1034–43.

25. Ostro B, Lipsett M, Mann J, et al. Air pollution and exacerbation of asthma in African-American children in Los Angeles. *Epidemiology* 2001;12:200–8.
26. Loomis D, Castillejos M, Gold DR, McDonnell W, Borja-Aburto VH. Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology* 1999; 10:118-23.
27. Trasande L, Thurston GD. The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities. *J Allergy Clin Immunol.* 2005;115(4):689–699.