

	CIE10-IJ ⁽²⁾	471	585	1817	1876
	Porcentaje (%)	7.3	10.8	13.7	15.0
Urgencias	CIE10-Total ⁽¹⁾	49684	9867	35807	667
	CIE10-IJ ⁽²⁾	5597	1398	4273	74
	Porcentaje (%)	11.3	14.2	11.9	11.1

Fuente: Elaboración propia con base en los RIPS

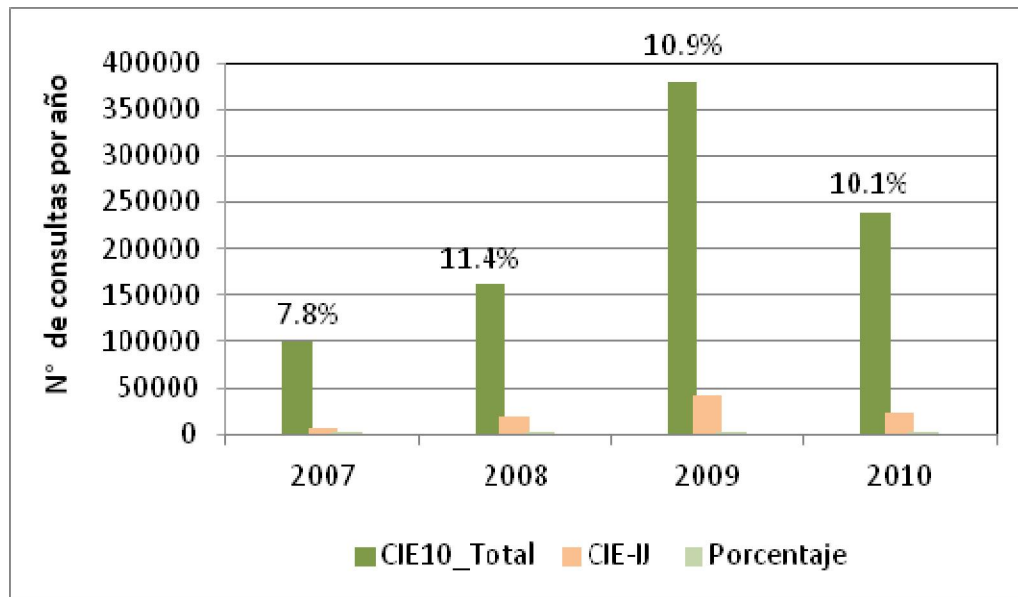
⁽¹⁾ Total número de consultas, hospitalizaciones y urgencias

⁽²⁾ Total número de consultas, hospitalizaciones y urgencias por enfermedades cardiopulmonares.

Para las consultas se observa un comportamiento uniforme entre los años de análisis. La morbilidad por ECR representó para el año 2008, con máximo de 11.4% en los cuatro años de análisis. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra el porcentaje de las ECR con respecto al total de la morbilidad para los cuatro años de análisis.

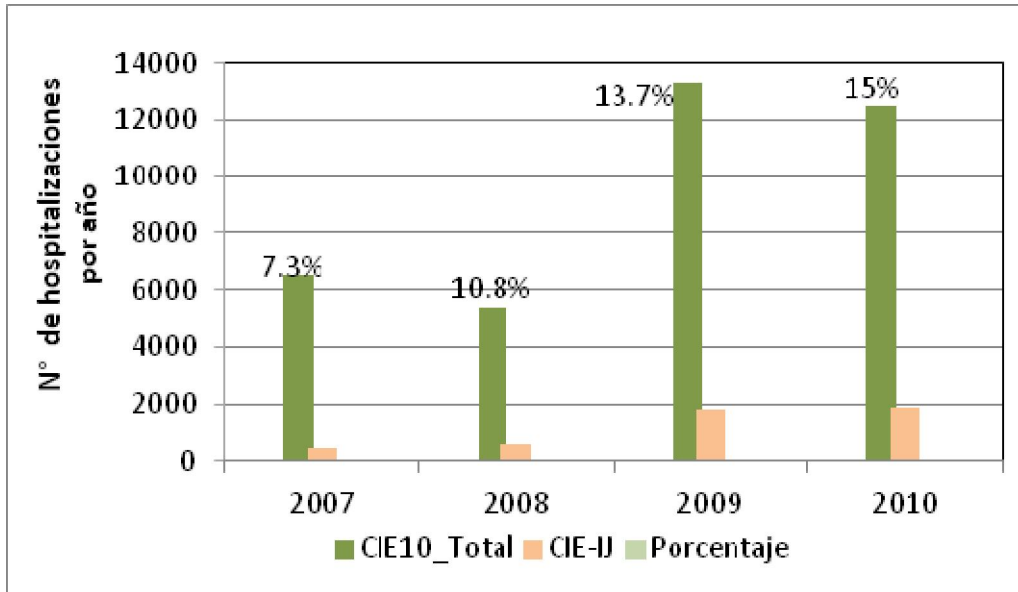
Las hospitalizaciones por ECR presentaron para 2010, un 15%, el mayor porcentaje con respecto al total. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa el porcentaje de las hospitalizaciones por ECR con respecto al total de la morbilidad.

Figura 4-8. Porcentaje de consultas por ECR con respecto al total



Fuente: Elaboración propia con base en los RIPS

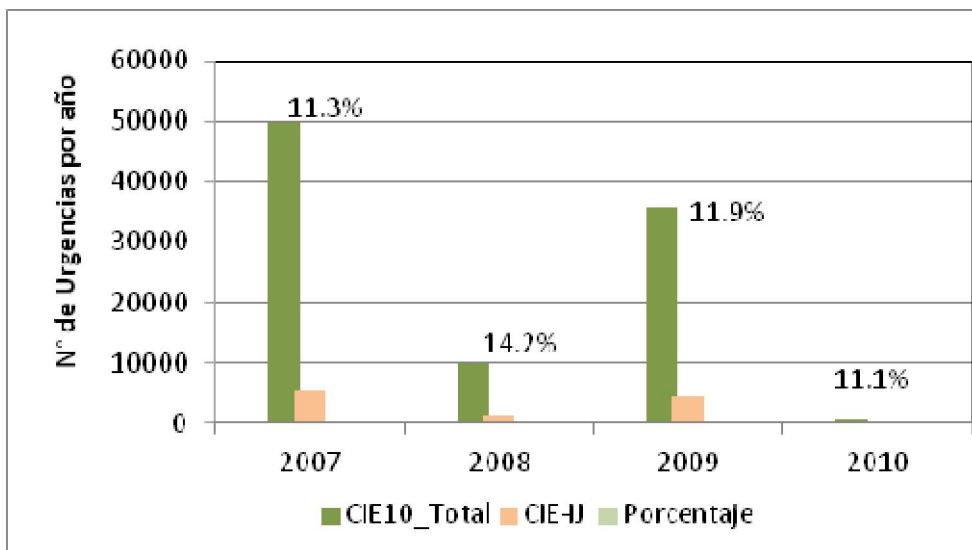
Figura 4-9. Porcentaje de hospitalizaciones por ECR con respecto al total



Fuente: Elaboración propia con base en los RIPS

Las urgencia por ECR presentaron para el 2008, un máximo con un 14.2 %. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra los valores para cada uno de los años de análisis.

Figura 4-10. Porcentaje de urgencias por ECR con respecto al total

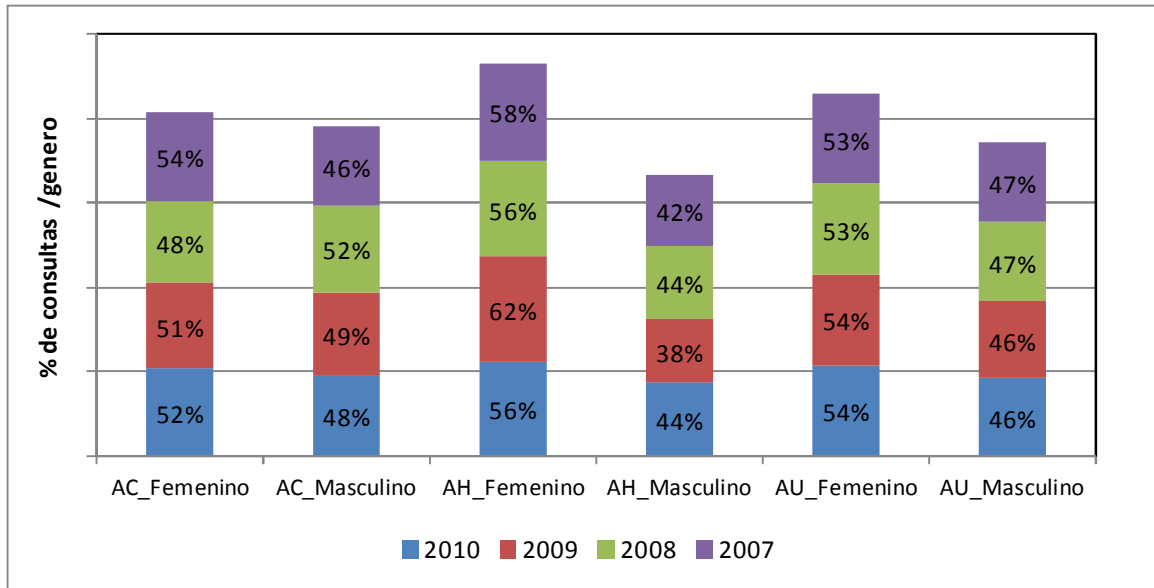


Fuente: Elaboración propia con base en el RIPS

Las ECR, según los datos para consultas, hospitalizaciones y urgencias, tienen mayor incidencia en las mujeres que en los hombres. Para todos los años, las mujeres aportan

más del 50 % de las consultas por esta causa, mientras que los hombres presentan porcentajes inferiores al 45%. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presenta el porcentaje aportado según género a las ECR.

Figura 4-11. Porcentaje según género en las consultas por ECR

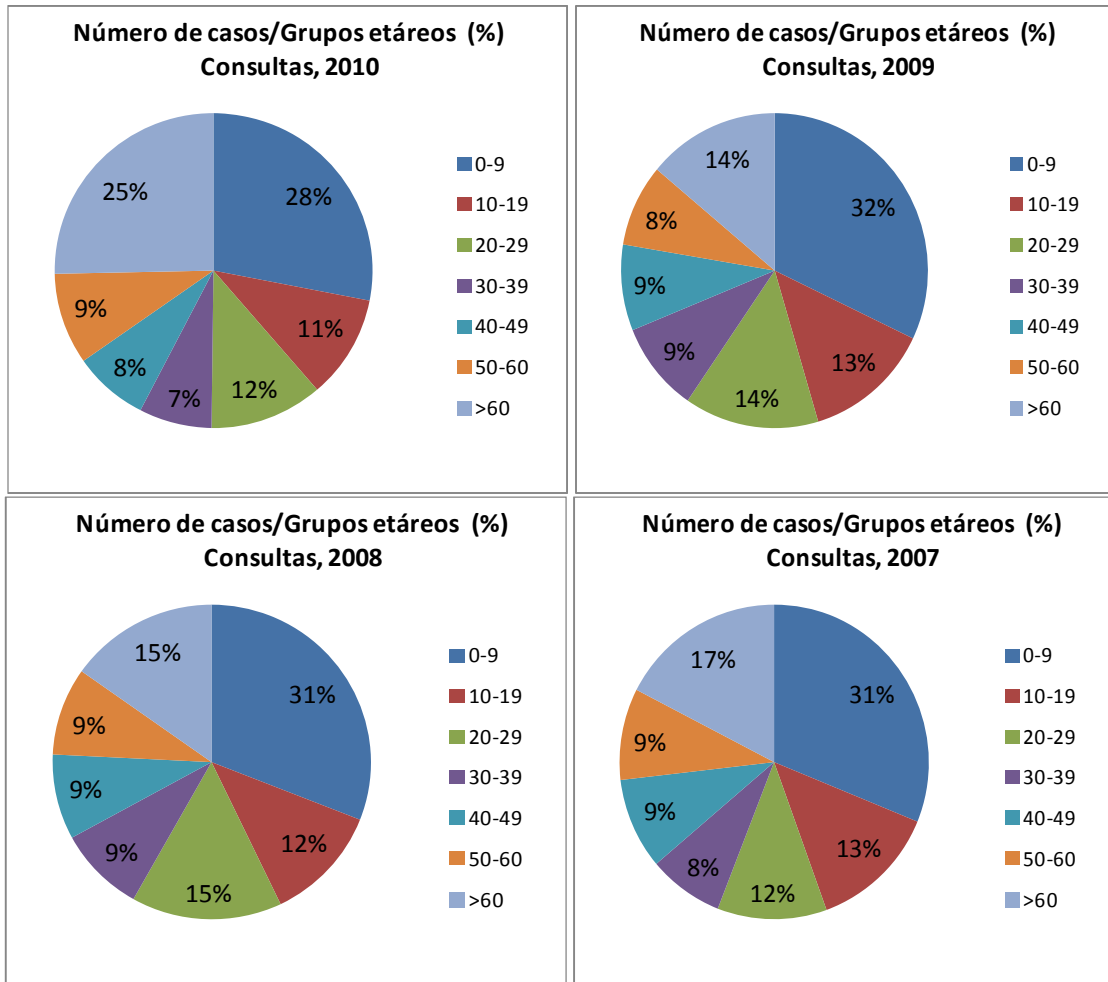


Fuente: Elaboración propia con base en el RIPS

Más del 95% de las ECR, en cada uno de los componentes de la morbilidad, se presentan en el área urbana, mientras que el área rural presenta porcentajes inferiores al 5%.

El grupo etáreo menores de 10 años y mayores de 60 son la población con mayor sensibilidad a ECR. El grupo etáreo de 0 a 10 años, representa el mayor porcentaje de consultas por ECR con un mínimo del 28% en 2010 y un máximo de 32% en 2009 y el grupo etáreo mayores de 60 años presenta un mínimo del 14% en 2009 y un máximo del 25% en 2010; sin embargo, se observa que otros grupos, como 10-19 y 20-29, presentan valores por encima del 10%. Estos resultados pueden deberse a que esta población se moviliza con frecuencia a sitios de estudio o trabajo y se enfrenta a la contaminación de las horas pico, que afecta su bienestar. Esto se deja como hipótesis para estudios posteriores. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el porcentaje que representa cada grupo etáreo en las consultas por ECR para cada año.

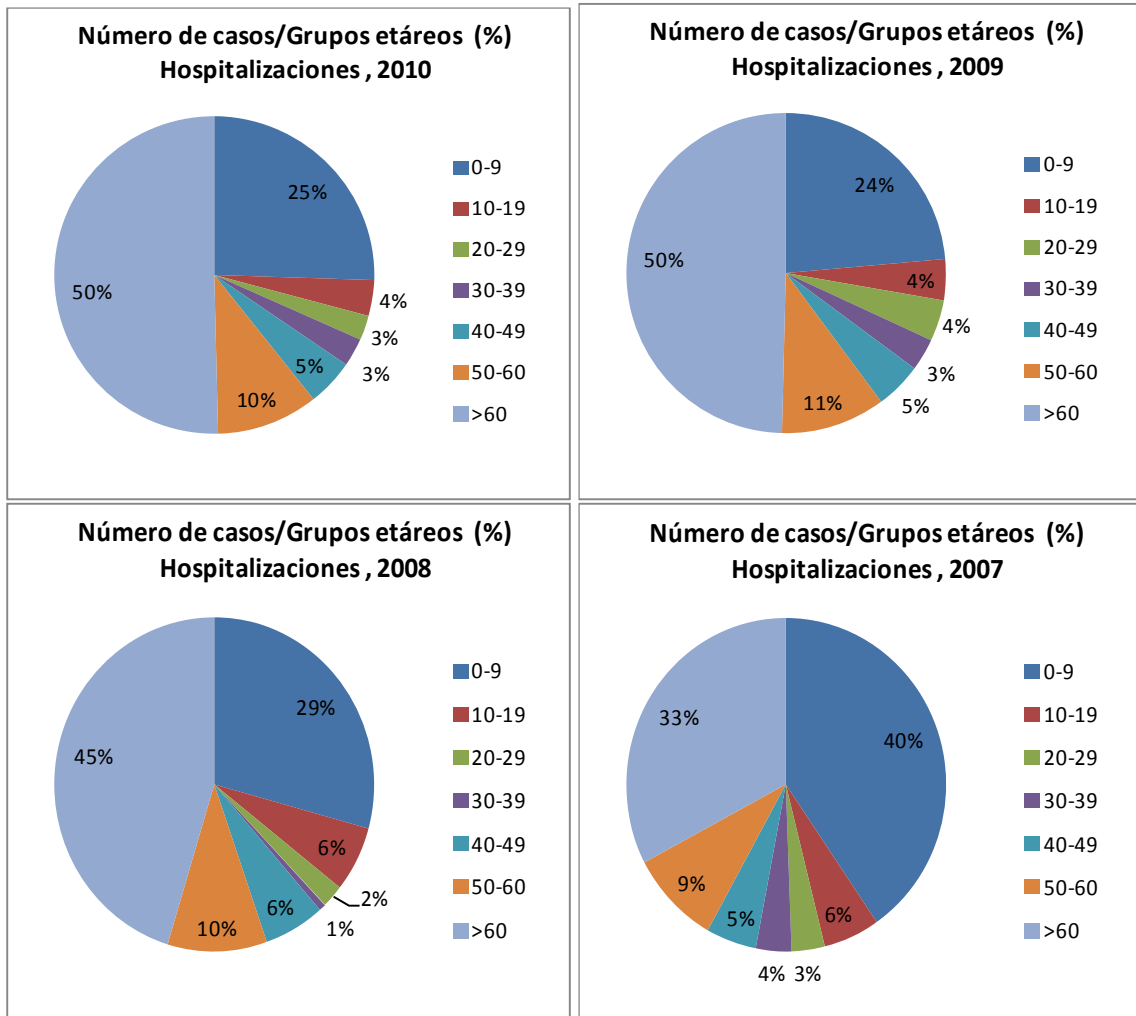
Figura 4-12. Porcentaje según grupos etáreos en las consultas por ECR



Fuente: Elaboración propia con base en el RIPS

Las hospitalizaciones evidencian una severa afectación a grupos etáreos sensibles. Se observa que, para los mayores de 60 años, el porcentaje de participación en el total de hospitalizaciones por ECR es mínimo del 33% en 2007 y máximo del 50% en 2010 y 2009. El grupo etáreo de menores de 10 años presentan un aporte mínimo del 24% en 2009 y un máximo del 40% en 2007. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el porcentaje que representa cada grupo etáreo en las hospitalizaciones por ECR para cada año.

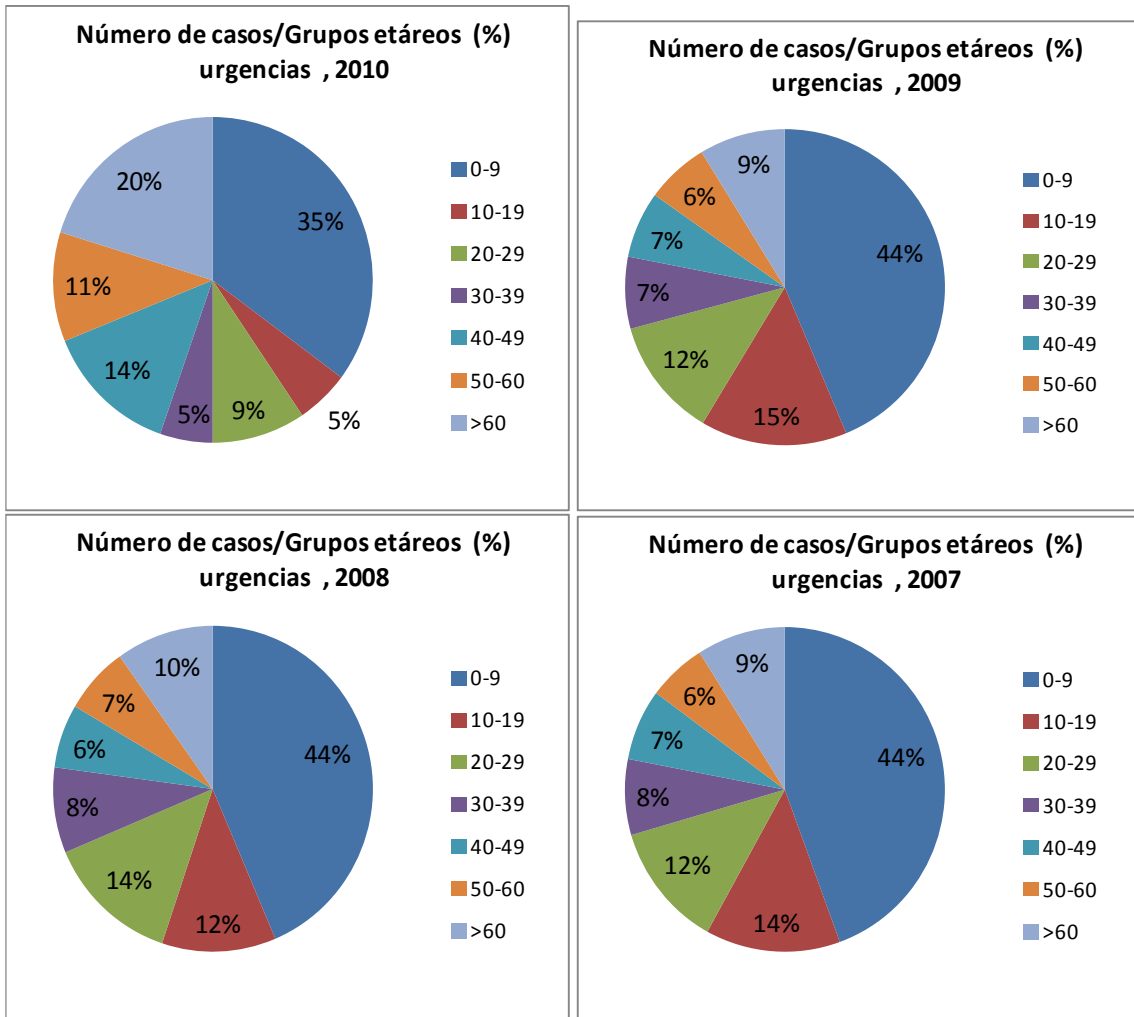
Figura 4-13. Porcentaje según grupos etáreos en las hospitalizaciones por ECR



Fuente: Elaboración propia con base en el RIPS

Las urgencias presentan un comportamiento contrario a las hospitalizaciones. En este caso el grupo etáreo menores a 10 años es el de mayor afectación, con un mínimo del 35% y un máximo de 44%. Reaparecen otros grupos etáreos con porcentajes que no se pueden desconocer como son los grupos etáreos con individuos entre los 10 y los 30 años. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el porcentaje que representa cada grupo etáreo en las urgencias por ECR para cada año.

Figura 4-14. Porcentaje según grupos etáreos en las urgencias por ECR



Fuente: Elaboración propia con base en el RIPS

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa el comportamiento espacial de la morbilidad por consultas externas de ECR para el año 2009. La desagregación espacial y el indicador utilizado para la variable es fundamental a la hora de tomar decisiones en el análisis, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el número de casos por ECR debidas a consulta externa por barrio para el año 2009 y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta la tasa de morbilidad por ECR por 1000 habitantes en cada barrio, allí se observa como adoptar un indicador u otro puede afectar los resultados.

Figura 4-15. Número de casos de ECR por barrio

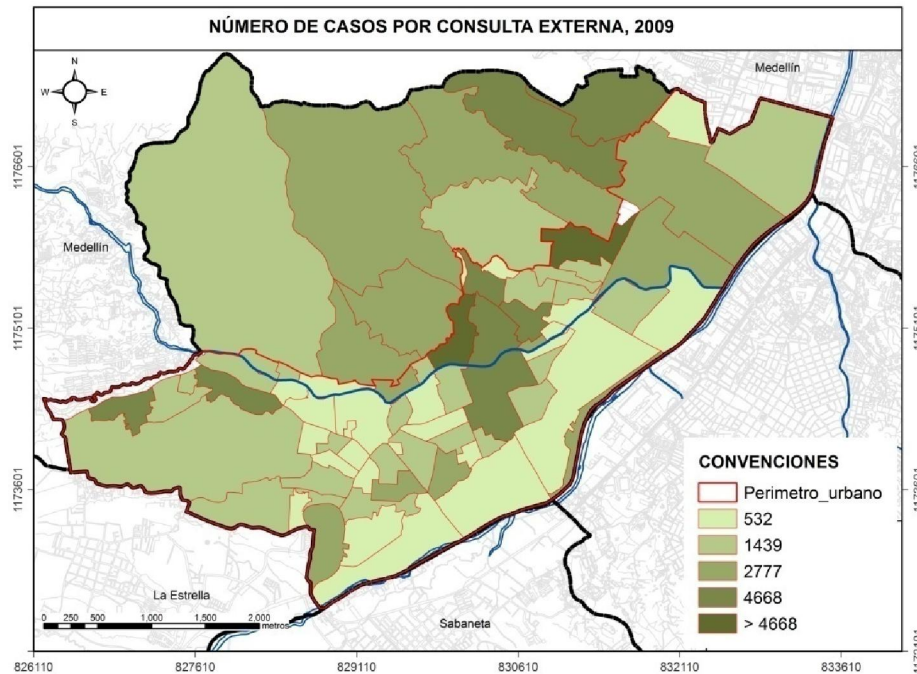
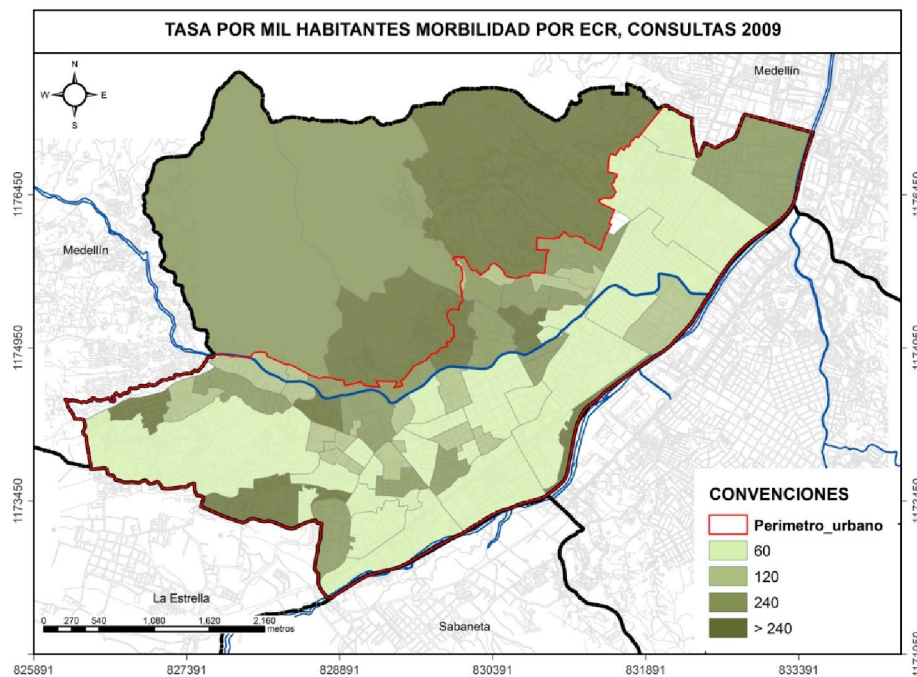


Figura 4-16. Tasa de morbilidad por ECR por barrio.



4.3 Modelación calidad del aire y morbilidad por ECR

La causalidad de la contaminación atmosférica sobre la morbilidad por enfermedades cardiorrespiratorias es la base para iniciar este análisis; sin embargo, para dar un mayor

soporte a los criterios, en especial a la variable morbilidad, se generaron modelos que relacionan las admisiones a consulta externa, urgencias y hospitalizaciones por enfermedades cardiorrespiratorias con las concentraciones de material particulado $PM_{2.5}$ y además con el apoyo de variables meteorológica explicativas.

El material particulado $PM_{2.5}$ tiene mayor relevancia para la modelación, dado que genera el mayor efecto sobre el índice de calidad del aire en el AMVA (REDAIRE-UN, 2008). Adicionalmente, el MVADT (2009) afirma que muchas evaluaciones de impactos en la salud en ciudades en el mundo han utilizado el material particulado como el marcador de contaminación, puesto que la exposición a este contaminante es generalizada en centros urbanos.

Para iniciar la modelación, se hace un análisis de las series de tiempo, tanto de la concentración de material particulado, como de los registros de salud. Para el material particulado las mejores series, o sea las que presentan menos discontinuidad en el monitoreo y que permiten un análisis, son las de Material Particulado - $PM_{2.5}$ -, registradas en la estación Ditaires.

La información de morbilidad por ECR, cuenta con registros de series de tiempo completas desde enero del 2007 hasta junio del 2010 para los aspectos en estudio: consultas externas, hospitalizaciones y urgencias.

La modelación de la relación contaminación atmosférica y morbilidad requiere variables de apoyo o explicativas. En este caso se emplearon variables meteorológicas como la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento, para las cuales, como se dijo anteriormente, no se cuenta con series de tiempo lo suficientemente largas para su análisis al interior del municipio. Debido a esta situación, y bajo el supuesto de que el Valle de Aburra cuenta con condiciones homogéneas en cuanto a estas variables, se determina como apoyo la estación del Sistema de Alerta Temprana en Atención de Desastres –SIATA-. Esta estación proporciona datos horarios para el periodo comprendido entre 2009 y 2010. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra la disponibilidad de información para la modelación.

Tabla 4-6: Disponibilidad de datos diarios para la modelación material particulado - $PM_{2.5}$ - vs morbilidad por ECR.

	2007	2008	2009	2010
Consultas CIE10-IJ	365	365	365	198
Hospitalizaciones CIE10-IJ	365	365	365	198
Urgencias CIE10-IJ	365	365	365	198
Material particulado ($PM_{2.5}$)	-	-	360	180
Variables meteorológicas (Viento, Temperatura, Humedad)	-	-	365	192

Para la modelación por medio de la regresión Poisson, se agruparon los datos de todo el municipio de Itagüí en semanas. Se espera en una semana evidenciar en los datos la respuesta a los picos de contaminación. En el capítulo de metodología se hace referencia

a la dificultad para obtener series de tiempo completas y con suficientes registros para la modelación para los cuatro años de análisis, por tanto sólo se logró un año de registros completos para calidad del aire, la cual corresponde al año 2009.

Como se ha mencionado en el desarrollo del estudio, la relación entre contaminación atmosférica y morbilidad, requiere de variables explicativas para su interpretación, especialmente de variables meteorológicas, en el municipio de Itagüí desafortunadamente no se cuenta con estaciones meteorológicas, por tanto se recurrió a una estación del municipio de Medellín, información proporcionada por el Sistema de Alerta Temprana para la Prevención de Desastres, esto bajo el supuesto, de homogeneidad en las condiciones meteorológicas en el Valle.

Para el desarrollo de la modelación se utilizó el software Statgraphics Centurion, y se plantearon los siguientes modelos:

- **Primer modelo: Consultas externas**

Variable independiente: Concentraciones de Material Particulado -PM_{2.5}- (µg/m³)
 Variable dependiente: Número de casos de consulta externa
 Variables Explicativas: Humedad relativa (%)
 Temperatura Máxima (°C)
 Velocidad Mínima (m/s)

Tabla 4-7: Modelo de estimación estimado

<i>Parametros del modelo</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Desviación standard</i>	<i>Tasa de cambio</i>
Constante	0.580563	0.257051	
PM _{2.5} (µg_m ³)	0.00320015	0.000767245	1.00321
Humedad (%)	0.0189142	0.00113727	1.01909
T máxima (°C)	0.201053	0.00663142	1.22269
Velocidad mínima (m/s)	-1.36565	0.0905091	0.255216

Tabla 4-8: Análisis de la desviación

<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>g</i>	<i>P-Valor</i>	<i>% explicado por el modelo</i>	<i>% ajustado</i>
Modelo	1518.61	4	0.0000	30.9	30.7
Residual	3386.62	45	0.0000		
Total (corr.)	4905.23	49			

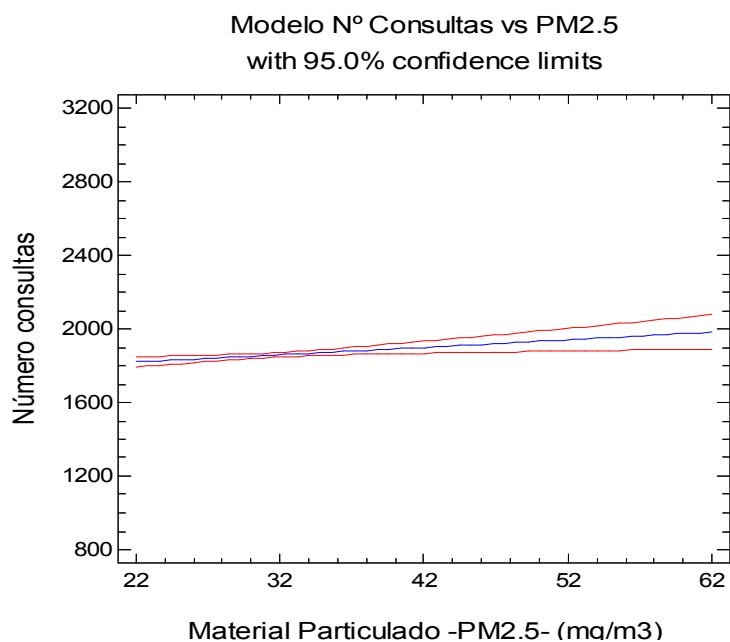
Tabla 4-9: Pruebas de verosimilitud

<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrado</i>	<i>Df</i>	<i>P-Valores</i>
---------------	---------------------	-----------	------------------

PM _{2.5} (µg m ³)	17.2956	1	0.0000
Humedad (%)	281.956	1	0.0000
T máxima (°C)	938.48	1	0.0000
Velocidad mínima (m/s)	234.039	1	0.0000

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la del “mejor” modelo encontrado para el número de consultas externas y las concentraciones de material particulado, además de las variables explicativas.

Figura 4-17. Gráfica del modelo N° de consultas vs Material particulado PM_{2.5} (µg/m³)



Como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la ecuación del modelo encontrado es:

$$\text{N}^\circ \text{ casos consulta externa} = \exp (0.580563 + 0.00320015 \cdot \text{PM}_{2.5} + 0.0189142 \cdot \text{HR} + 0.201053 \cdot \text{Tmax} - 1.36565 \cdot \text{Vmin})$$

Por los valores de $P < 0.05$ se observa una relación estadísticamente significativa entre las variables en el nivel de confianza del 95,0%.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa que el porcentaje de desviación de en N° de consultas explicado por el modelo es de 30.9% valor similar al R-cuadrado, para este tipo de modelos el porcentaje ajustado más adecuado es de 30.7%. Dado que en las pruebas de verosimilitud (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) todos los valores de P son menores a 0.05, las variables independientes deben continuar en el modelo.

• **Segundo modelo: Hospitalizaciones**

Variable independiente: Concentraciones de Material Particulado -PM_{2.5}- (µg/m³)
 Variable dependiente: Número de casos Hospitalizaciones
 Variables explicativas: Temperatura Máxima (°C)
 Humedad Relativa (%)

Tabla 4-10: Modelo de estimación estimado

<i>Parametros del modelo</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Tasa de cambio</i>
Constante	-4.56037	1.18042	
PM _{2.5} (µg_m ³)	0.0262938	0.00320811	1.02664
Humedad (%)	0.02465	0.00533284	1.02496
T máxima (°C)	0.234673	0.030298	1.26449

Tabla 4-11: Análisis de la desviación

<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>g</i>	<i>P-Valor</i>	<i>% explicado por el modelo</i>	<i>% ajustado</i>
Modelo	93.5809	3	0.0000	12.4	11.4
Residual	657.841	46	0.0000		
Total (corr.)	751.422	49			

Tabla 4-12: Pruebas de verosimilitud

<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrado</i>	<i>Df</i>	<i>P-Valores</i>
PM _{2.5} (µg_m ³)	63.796	1	0.0000
Humedad (%)	21.9287	1	0.0000
T máxima (°C)	61.5705	1	0.0000

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la del “mejor” modelo encontrado para el número de hospitalizaciones y las concentraciones de material particulado y sus variables explicativas.

Como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la ecuación del modelo encontrado es:

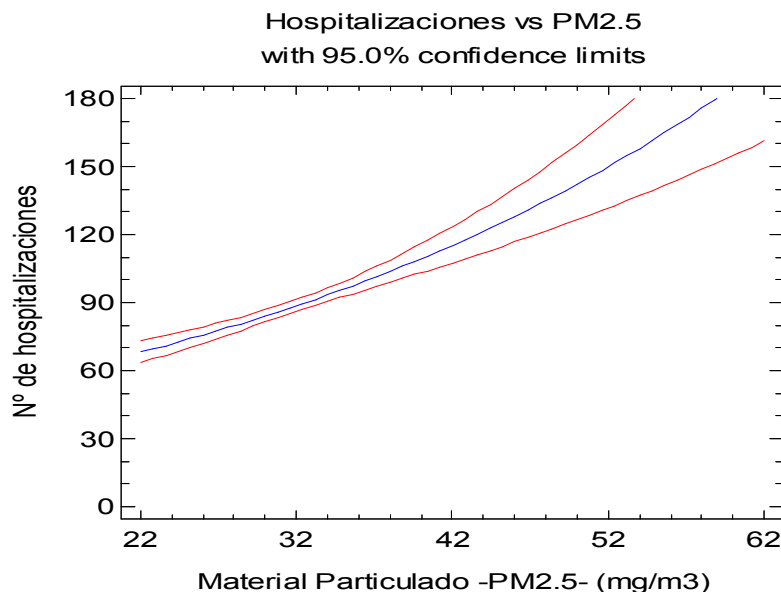
$$\text{N}^\circ \text{ casos hospitalizaciones} = \exp (-4.56037 + 0.026293815 \cdot \text{PM}_{2.5} + 0.02465 \cdot \text{HR} + 0.234673 \cdot \text{Tmax})$$

Por los valores de $P < 0.05$ se observa una relación estadísticamente significativa entre las variables en el nivel de confianza del 95,0%.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa que el porcentaje de desviación de en N° de hospitalizaciones explicado por el modelo es de 12.4% valor similar al R-cuadrado, para este tipo de modelos el porcentaje ajustado más adecuado es de 11.4%. Dado que en las pruebas de verosimilitud (ver **¡Error! No se encuentra el**

origen de la referencia.) todos los valores de P son menores a 0.05, las variables independientes deben continuar en el modelo.

Figura 4-18. Modelo N° de Hospitalizaciones vs Material particulado PM_{2.5} (µg/m³)



• **Tercer modelo: Urgencias**

Variable independiente: Concentraciones de Material Particulado -PM_{2.5}- (µg/m³)
 Variable dependiente: Número de casos de Urgencias
 Variables explicativas: Velocidad Mínima del viento (m/s)

Tabla 4-13: Modelo de estimación estimado

<i>Parámetros del modelo</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Tasa de cambio</i>
Constante	3.25833	0.137971	
PM _{2.5} (µg m ³)	0.0133529	0.00431806	1.01344
Velocidad mínima (m/s)	2.21689	0.541262	9.17875

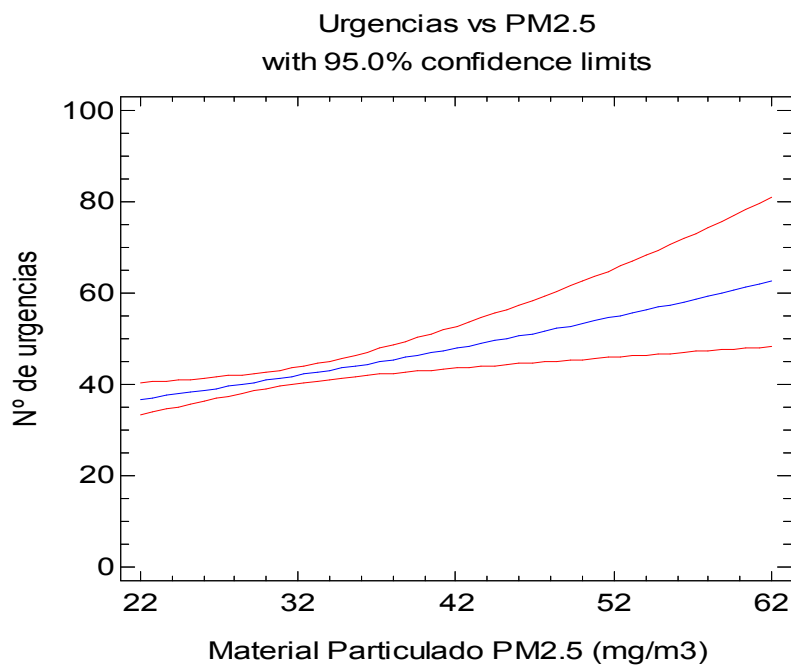
Tabla 4-14: Análisis de la desviación

<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>gl</i>	<i>P-Valor</i>	<i>% explicado modelo</i>	<i>% ajustado</i>
Modelo	30.23	2	0.0000	7.4	5.9
Residual	376.418	47	0.0000		
Total (corr.)	406.648	49			

Tabla 4-15: Pruebas de verosimilitud

<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrado</i>	<i>Df</i>	<i>P-Valores</i>
PM _{2.5} (μg_m^3)	9.18761	1	0.0024
Velocidad mínima	16.1317	1	0.0001

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la del “mejor” modelo encontrado para el número de Urgencias y las concentraciones de material particulado y sus variables explicativas.

Figura 4-19. Gráfica del modelo N° de urgencias vs Material particulado PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tal como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la ecuación del modelo encontrado es:

$$\text{N}^\circ \text{ casos urgencias} = \exp(3.25833 + 0.0133529 \cdot \text{PM}_{2.5} + 0.02465 \cdot \text{HR} + 2.21689 \cdot \text{Vmin})$$

Por los valores de $P < 0.05$ se observa una relación estadísticamente significativa entre las variables en el nivel de confianza del 95,0%.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa que el porcentaje de desviación de en N° de hospitalizaciones explicado por el modelo es de 12.4% valor similar al R-cuadrado, para este tipo de modelos el porcentaje ajustado más adecuado es de 11.4%. Dado que en las pruebas de verosimilitud (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), todos los valores de P son menores a 0.05, las variables independientes deben permanecer en el modelo.

Con respecto a la modelación se esperaba mejores resultados, teniendo como base que la caracterización de las variables y del municipio mostraban condiciones que permitían inferir mayor efecto de la calidad del aire y la morbilidad, esto dado que se encontró en la estaciones de monitoreo de calidad del aire registros con un AQI en categoría inadecuada, altas densidades viales, alta densidad industriales, características que daban soporte a dicha inferencia.

Algunas de las razones por las cuales los modelos no responden a lo esperado son:

- Las variables explicativas adoptadas, no corresponden a una estación dentro del área de influencia de las estaciones de monitoreo de calidad del aire
- No se conoce los tiempos de respuesta (rezagos) de la morbilidad a picos de contaminación, se deben generar modelos iterativos hasta lograr definir con claridad el tiempo de rezago de la variable dependiente.
- Dado el desconocimiento de los tiempos de rezago, la agrupación de la variable dependiente en semanas puede ser inadecuada.
- Se deben hacer correlaciones teniendo como base los grupos etéreos
- Las series de tiempo son muy cortas.
- Se debe hacer una selección más cuidadosa de las ECR según la CIE10.

Sin embargo, a pesar de las deficiencias de la modelación se observa una relación entre contaminación por material particulado y la morbilidad por ECR, por tanto se debe bajo el principio de precaución y subsidiariedad, actuar sobre las fuentes para mitigar y corregir los posibles impactos negativos sobre el bienestar de la población, con medidas de prevención dirigidas a la población impactada.

4.4 Análisis espacial multicriterio

Los resultados obtenidos del análisis espacial, teniendo en cuenta los criterios definidos en el proceso metodológico, aparecen a continuación. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran las áreas que presentan mayor morbilidad en consultas, hospitalizaciones y urgencias, y además donde se presentan mayores repeticiones, o sea donde un individuo recurre a los servicios de salud más de dos veces al año.

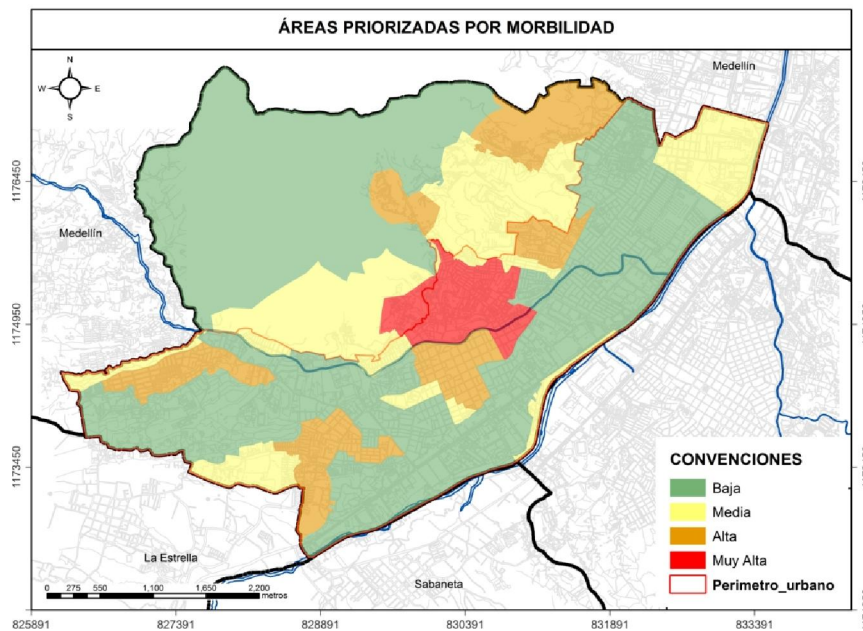
Según las ponderaciones dadas a cada capa en el análisis de la morbilidad y los valores asignados a cada indicador se obtiene, que un 40% del territorio del municipio de Itagüí presenta condiciones medias de incidencia de la morbilidad por ECR, un 21.1 % del territorio en condiciones de incidencia alta y un 10.3 % en incidencia muy alta, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 4-16: Áreas priorizadas por mayor incidencia de la morbilidad por ECR

Priorización /Morbilidad	Área (m ²)	Porcentaje (%)
Baja	12885226.8	28.6
Media	4495486.8	40.0

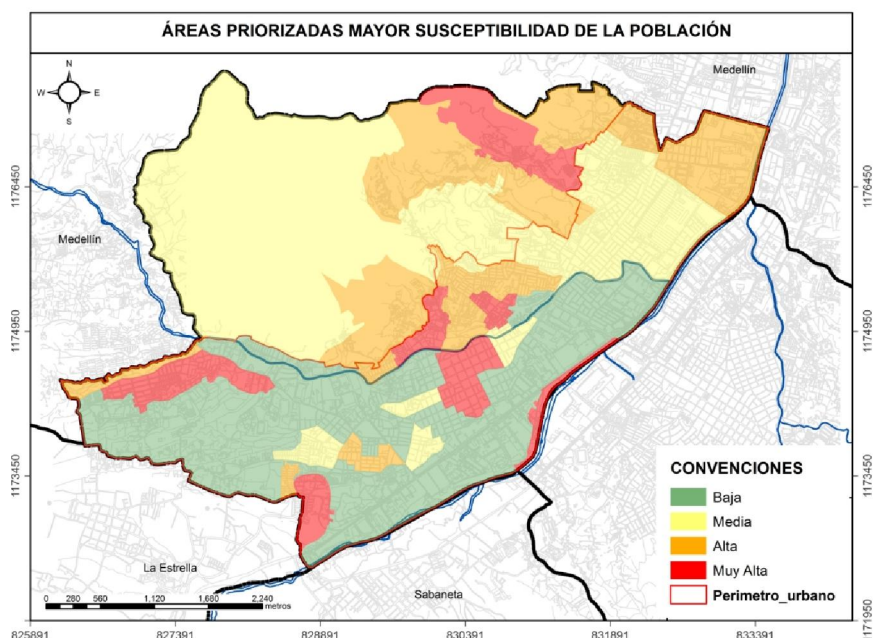
Alta	2920875.8	21.1
Muy Alta	1041748.2	10.3
Total	21343337.6	100.0

Figura 4-20. Área priorizadas por morbilidad asociada a ECR



En la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) se muestra las áreas que representan mayor población en condiciones de susceptibilidad a las ECR. Esta capa se genera con base en las condiciones de habitabilidad (deficiencia en materiales de pisos y paredes) nivel socioeconómico, hacinamiento y el porcentaje de población en grupos étnicos sensibles.

Figura 4-21. Áreas de mayor susceptibilidad de la población a ECR



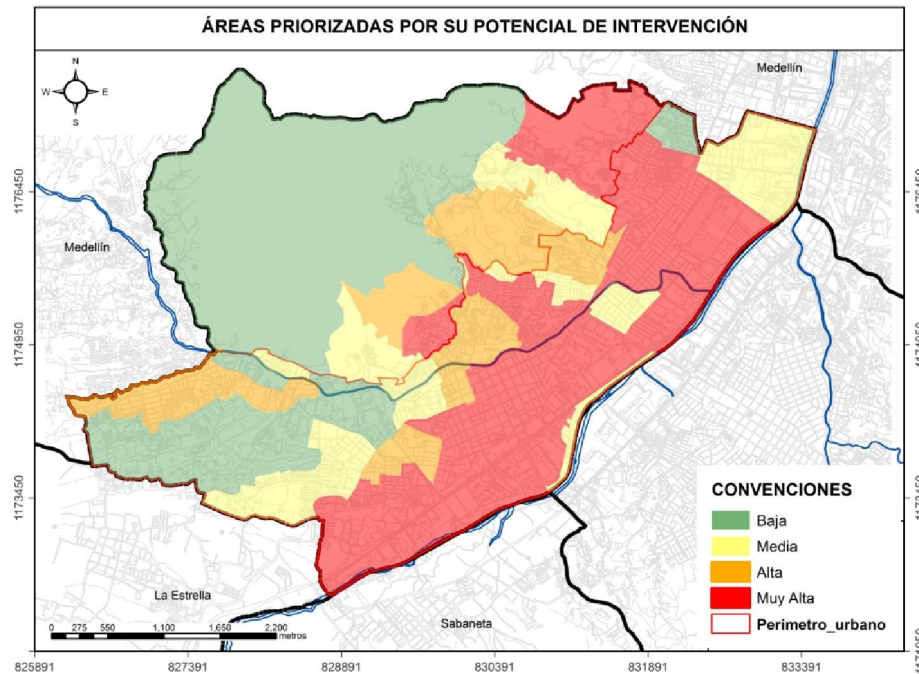
Teniendo en cuenta las ponderaciones de cada una de las capas de análisis para la susceptibilidad y los valores asignados para cada uno de sus indicadores, se obtiene que un 39.0% del territorio presenta población en condiciones de susceptibilidad media, un 28.6 % en condiciones de baja susceptibilidad y un 21.1 % de población en condiciones de alta susceptibilidad. Como se muestra en la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#)

Tabla 4-17: Áreas con población susceptible a ECR

Priorización/susceptibilidad	Área (m ²)	Porcentaje (%)
Baja	6104987.6	28.6
Media	8532292.6	39.9
Alta	4513115.7	21.1
Muy Alta	2192941.7	10.2
Total	21343337.6	100

La última capa de análisis es la relacionada con los sectores potenciales a intervenir. Después de la integración y análisis de las variables propuestas para ésta, se generó el mapa que se presenta en la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#). Con base en las ponderaciones de cada capa y los valores asignados a sus respectivos indicadores se obtiene que un 31.6% del territorio de Itagüí presenta condiciones muy altas, en cuanto a los sectores potenciales a intervenir, un 15.5% en condiciones medias y otro 13.4% en condiciones altas, como se muestra en la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#)

Figura 4-22. Áreas priorizadas por sectores potenciales de intervención

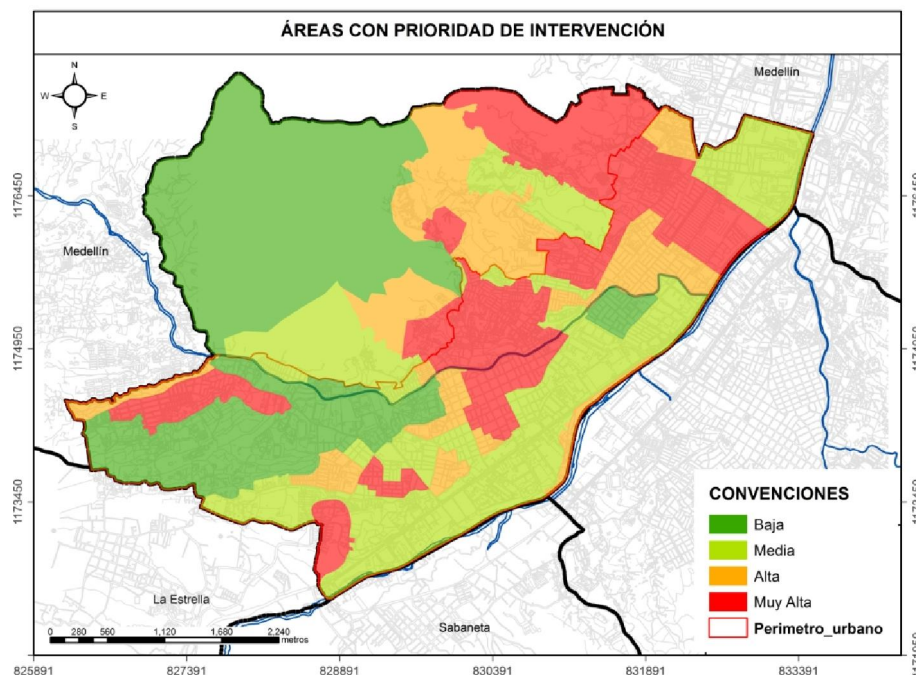


Luego de la integración por medio de álgebra de mapas, se obtiene el mapa que sintetiza las variables adoptadas para la definición de áreas con prioridad de atención, tanto en programas para el mejoramiento de la calidad del aire como de políticas de prevención de los efectos que tiene el deterioro de la calidad del aire en la población. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra las áreas con prioridad de atención definidas con base en las variables: mayor incidencia de la morbilidad por ECR, susceptibilidad de la población a ECR y sectores potenciales a intervenir.

Tabla 4-18: Áreas con sectores potenciales de intervención

Priorización/sectores potenciales de intervención	Área (m ²)	Porcentaje (%)
Baja	8446845.3	39.6
Media	3298622.0	15.5
Alta	2854015.5	13.4
Muy Alta	6743854.7	31.6
Total	21343337.6	100

Figura 4-23. Áreas con prioridad de intervención



Con esta integración se obtiene los resultados que se presentan en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, un 22.9 % del municipio se encuentra en áreas con prioridad de atención muy alta, un 15.4 % en áreas de intervención alta y un 27.5 % en áreas de intervención media.

Tabla 4-19: Áreas con prioridad de atención

Prioridad de Intervención	Área (m ²)	Porcentaje (%)
Baja	7301033.9	34.2
Media	5859964.3	27.5
Alta	3295942.6	15.4
Muy Alta	4886396.9	22.9
Total	21343337.6	100.0

Después de la integración de todas las variables por medio del análisis espacial, se obtiene una matriz síntesis para cada una de las áreas con prioridad de intervención. Es a partir de cada una de las características asociadas a estas, que se puede generar lineamientos de acción en pro del mejoramiento de la calidad del aire y la calidad de vida en el municipio de Itagüí. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presenta la matriz síntesis de análisis.

Tabla 4-20: Matriz síntesis

susceptibilidad-morbilidad vs sectores potenciales a intervenir	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Baja	No presenta valores asociados para su priorización	Se presenta valores medios para su priorización por morbilidad o susceptibilidad, no presenta fuentes de emisión.	Se presentan valores altos asociados, para su priorización por morbilidad o susceptibilidad no hay presencia de fuentes a intervenir.	----
Media	Áreas que representan una baja susceptibilidad, sin embargo están rodeadas de zonas con alta priorización en fuentes emisoras.	Áreas que se pueden definir como receptoras, no hay presencia significativa de fuentes, se evidencia incidencia en la morbilidad	Áreas que se pueden definir como receptoras, no hay presencia significativa de fuentes, se evidencia una alta incidencia de morbilidad	—
Alta	Áreas que se pueden definir como receptoras, no hay presencia significativa de fuentes, población con valores medios de susceptibilidad	Áreas que se pueden definir como receptoras, no hay presencia significativa de fuentes, población con valores altos de susceptibilidad	Áreas que dado su presencia de valores altos de morbilidad, deben ser intervenidos con programas de prevención y salud pública, áreas receptoras. No hay presencia de fuentes fijas, se deben intervenir a corto plazo a las fuentes móviles	Áreas que dado su presencia de valores altos de morbilidad, deben ser intervenidos con programas de prevención y salud pública, áreas receptoras. Se deben intervenir a corto plazo tanto fuentes móviles como fijas.
Muy Alta	No se presentan valores altos para priorizar por susceptibilidad (población flotante). Se debe actuar las fuentes fijas.	Áreas que dado su presencia de valores altos de morbilidad, deben ser intervenidos con programas de prevención y salud pública, áreas receptoras, presencia de fuentes fijas	Áreas que dado su presencia de valores altos de morbilidad, deben ser intervenidos con programas de prevención y salud pública. Se deben intervenir tanto las fuentes fijas como móviles.	Áreas con prioridad extrema, alta influencia de fuentes móviles que presenta el mayor número de casos por ECR.

Con el reconocimiento de las variables integradas en cada una de las capas de información, se puede proceder a definir los lineamientos para la intervención en cada una de las diferentes áreas como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 4-21: Lineamientos de acción para las áreas con prioridad de intervención

Lineamientos Generales		
Se evidencia la necesidad de la implementación de un Plan de Gestión de la Calidad del Aire en todo el municipio		
Se evidencia la necesidad de la implementación de un observatorio en salud ambiental con énfasis en enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica		
Lineamientos en Área con Prioridad de Intervención		
Baja		<ul style="list-style-type: none"> Programas de conservación de la calidad del aire y prevención de ECR
Media	Corto Plazo	<ul style="list-style-type: none"> Programas de prevención y mitigación de los impactos en la salud Programas de mejoramiento de condiciones habitacionales Rediseño de rutas de transporte Campañas de monitoreo con énfasis en salud pública
	Mediano Plazo	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de sistemas de vigilancia epidemiológica en salud ambiental Implementación de reconversión tecnológica y producción más limpia en industrias ubicadas fuera de suelos de uso industrial. Implementación de parques industriales
Alta	Corto plazo	<ul style="list-style-type: none"> Programas de prevención y mitigación de los impactos en la salud Evaluación de las vías, rutas de transporte público, en general el sector transporte Mejorar el parque automotor del transporte público Disminuir la exposición de grupos sensibles (Evaluar impactos en instituciones infantiles y geriátricas) Aumentar y fortalecer las áreas verdes Implementación de Planes de Gestión de la Calidad del Aire
	Largo plazo	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de un sistema de monitoreo y vigilancia epidemiológica en salud ambiental Reconversión tecnológica e implementación de mecanismos de producción más limpia Implementación de campañas de monitoreo con el objeto de evaluar impactos en la salud. Fortalecer y potencializar un sistema de áreas verdes

Lineamientos Generales		
Se evidencia la necesidad de la implementación de un Plan de Gestión de la Calidad del Aire en todo el municipio		
Se evidencia la necesidad de la implementación de un observatorio en salud ambiental con énfasis en enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica		
Lineamientos en Área con Prioridad de Intervención		
Muy Alta	Corto Plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de prevención y mitigación de impactos en la salud • Priorizar los sectores productivos para promover reconversión tecnológica • Implementación de los Planes de descontaminación • Disminuir la exposición de grupos sensibles (Evaluar impactos en instituciones infantiles y geriátricas) • Implementación de campañas de monitoreo con el objeto de evaluar impactos en la salud • Rediseñar las rutas de transporte público, mejorar el sistema vial • Fortalecer las áreas verdes
	Largo Plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Reconversión tecnológica e implementación de mecanismos de producción más limpia • Implementación de campañas de monitoreo con el objeto de evaluar impactos en la salud. • Fortalecer y potencializar un sistema de áreas verdes

Posteriormente para observar cómo podrán variar estas zonas de intervención con otros valores de ponderación de las subcapas en cada una de las capas, se correr otros dos modelos propuestos, con los datos que se muestran en la

Tabla 4-22: Valores de ponderación e indicadores para cada una de las subcapas

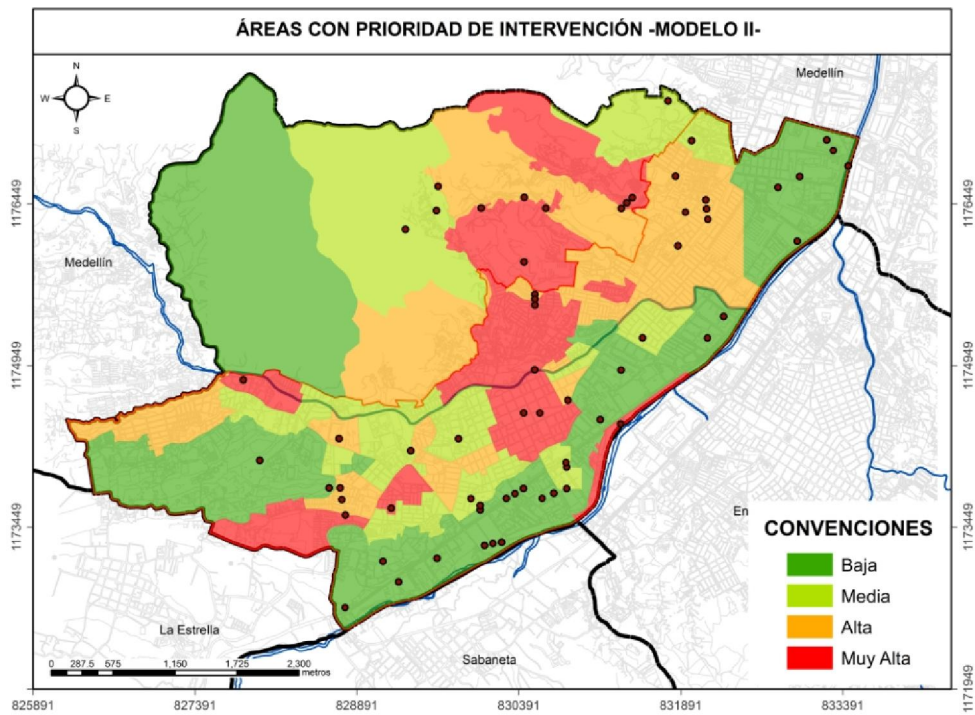
Capa de morbilidad						
Subcapas			AC	AH	AU	RI
Ponderación -Modelo II-			6	4	10	10
Ponderación -Modelo III-			6	10	4	10
Indicador Valores	4	Muy Alto	>900	>450	>180	>140
	3	Alto	900	450	180	140
	2	Medio	600	300	120	100
	1	Bajo	300	150	60	60
Capa Susceptibilidad						
Subcapas			Hacinamiento	Grupo sensibles	Socio económicas	Habitabilidad
Ponderación -Modelo II-			6	10	4	10

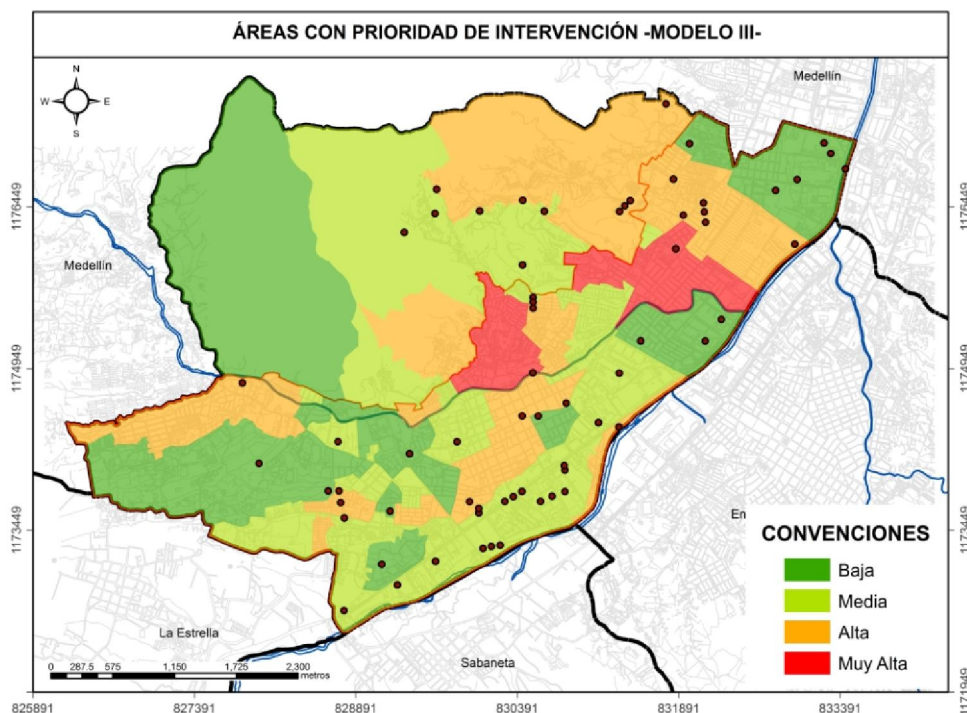
Capa de morbilidad						
Subcapas			AC	AH	AU	RI
Ponderación -Modelo II-			6	4	10	10
Ponderación -Modelo III-			6	10	4	10
Ponderación -Modelo III-			4	8	2	6
Indicador Valores	4	Muy Alto	>40	>30	>40	>30
	3	Alto	40	30	40	30
	2	Medio	30	20	30	20
	1	Bajo	10	10	10	10
Capa Sectores potenciales a intervenir						
Subcapas			Industrias	Emisiones industriales	Vías	Emisiones vías
Ponderación -Modelo II-			4	6	2	8
Ponderación -Modelo III-			2	4	6	6
Indicador Valores	4	Muy Alto	>0.24	>15	> 0.12	>3.0
	3	Alto	0.24	15	0.12	3.0
	2	Medio	0.12	10	0.08	2.0
	1	Bajo	0.04	5	0.03	1.5

Tabla 4-23: Niveles de priorización para cada una de las capas

Capa de Morbilidad				
Priorización Morbilidad			Rangos Modelo II	Rangos Modelo III
Muy Alto	4		90 – 120	90 – 120
Alto	3		60 – 90	60 – 90
Medio	2		30 – 60	30 – 60
Bajo	1		0 - 30	0 - 30
Capa de Susceptibilidad				
Priorización Susceptibilidad			Rangos Modelo II	Rangos Modelo III
Muy Alto	4		80 - 120	60 - 80
Alto	3		60 – 80	40 – 60
Medio	2		30 – 60	20 - 40
Bajo	1		0 30	0 – 20
Capa de Sectores Potenciales a Intervenir				
Priorización Sectores Potenciales a Intervenir			Rangos Modelo II	Rangos Modelo III
Muy Alto	4		60 - 80	54 - 66
Alto	3		40 – 60	36 – 54
Medio	2		20 – 40	18 – 36
Bajo	1		0 20	0 – 18

El resultado de estos nuevos modelos se presentan en la Figura 4-24 y la Figura 4-25

Figura 4-24. Áreas con prioridad de intervención –Modelo II-**Figura 4-25.** Áreas con prioridad de intervención –Modelo III-



Comparando todos los modelos se observa que, independientemente de los valores con los cuales se ponderen cada una de las subcapas, hay zonas en el municipio de Itagüí que merecen atención inmediata, especialmente, en lo que hace referencia a las condiciones socioeconómicas y de susceptibilidad a las enfermedades cardiorrespiratorias, tal es el caso de la zona centro y noroccidental del municipio.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten visibilizar la importancia de la información existente que, aunque presenta algunas falencias y su acceso es muy restringido, es una información útil para definir áreas de intervención prioritaria y con ello justificar políticas públicas que permitan mejorar la calidad de vida de la población.

Otro aspecto importante es que permite evaluar a través del tiempo la evolución de estas políticas y su eficiencia, pues estos resultados pueden constituirse una línea base para su evaluación.

En el próximo capítulo se exponen las conclusiones y se deja algunos interrogantes para estudios futuros.

5. Conclusiones y estudios futuros

- **Resultados**

- Con el análisis espacial es evidente que el municipio de Itagüí presenta áreas con gran incidencia de ECR, donde se requiere atención tanto en el mejoramiento de sus condiciones socio-económicas como en el mejoramiento de la calidad ambiental.
- La concentración del sector industrial en el oriente del municipio y la predominancia de los vientos en sentido noroccidente hacen que se genere una incidencia mayor de la morbilidad hacia el occidente del municipio. Sin embargo esto requiere de estudios de detalle y campañas de medición de calidad del aire, que permitan concluir con mayor certidumbre.
- Las zonas donde se presenta una alta densidad de vías y un alto tráfico vehicular presentan alta incidencia de ECR, por esta razón se deben hacer campañas de medición bajo protocolos que permitan evaluar la influencia de las emisiones generadas por el sector transporte en las ECR.
- A partir de la determinación de las áreas con prioridad de intervención se puede dar prioridad a la implementación de políticas públicas con el objeto de optimizar los recursos y mejorar la calidad de vida de la población.

- **Información**

- En el desarrollo de este estudio, se evidenció claramente la deficiencia en la información existente para análisis espaciales y temporales de la morbilidad:
- Grandes dificultades para acceder a la información por su carácter confidencial y uso restringido.
- Series de tiempo muy cortas y, en la mayoría de los casos, con un número muy pequeño de registros observados con respecto a los registros esperados.

- Las series presentan constantes discontinuidades, lo que hace necesario el uso de métodos de interpolación y genera incertidumbre de los resultados.
- La cartografía base, p.e. las vías, no se actualizan constantemente y, además, presenta inconsistencias con los datos reales, las direcciones. Esto disminuye la posibilidad de espacializar más información y obtener mayor certidumbre al definir las áreas con mayor incidencia de las ECR.
- La falta de un campo con información espacial en las diferentes bases de datos genera poca representatividad de la información existente cuando se pretende hacer un análisis espacial con base en esta información. Esto evidencia la necesidad de generar protocolos para la captura de información en salud y con el objetivo de facilitar posteriormente los análisis epidemiológicos y espaciales.
- Con los resultados obtenidos, se puede concluir que el diseño que hasta el 2010 tenía la red de monitoreo de la calidad del aire no facilita el estudio y evaluación de los efectos de la contaminación atmosférica en la salud. Para mejorar los resultados de modelos de dosis respuesta se debe rediseñar la Red, rediseño que actualmente se está implementando.
- En los resultados se logró evidenciar que existe una problemática de morbilidad por ECR hacia el occidente del municipio y específicamente en el centro occidente.
- La elaboración de modelos de dispersión a escala local es indispensable para lograr análisis espaciales más completos y con menor incertidumbre, también, para reconocer microambientes que contribuyen a la afectación de la población por la concentración de contaminantes.
- **La modelación contaminación atmosférica y morbilidad**

Los modelos que se corrieron no mostraron el comportamiento que se esperaba, esto puede deberse a varios aspectos:

- Las variables explicativas adoptadas no corresponden a una estación dentro del área de influencia de las estaciones de monitoreo.
- Las variables explicativas adoptadas pueden no ser las más indicadas.
- No se conoce los tiempos de respuesta (rezagos) de la morbilidad a picos de contaminación. Se deben generar modelos iterativos hasta lograr definir con claridad el tiempo de rezago de la variable dependiente.
- Dado el desconocimiento de los tiempos de rezago, la agrupación de la variable dependiente en semanas puede ser inadecuada, esto requiere de posteriores estudios donde se procuré un análisis exclusivo para encontrar los rezagos.

- Se deben hacer modelaciones discriminadas por grupos etéreos
- Las series de tiempo son muy cortas.
- Se debe hacer una selección más cuidadosa de las ECR según la CIE10.
- Se debe tener mayor información de las variables explicativas, reconocer colinealidad entre las variables.
- Un aspecto de interés, que no se logró desarrollar en este estudio, es la estacionariedad de las variables y su incorporación en el modelo.
- En el modelo no se incorporaron variables socio-económicas como variables explicativas que pueden tener influencia en la morbilidad por ECR.
- **Estudio futuros**
- Aunque se presentaron aspectos negativos en la modelación, es un tema que se debe estudiar y mejorar para lograr determinar el impacto de la contaminación atmosférica en la salud.
- Encontrar valores de correlación adecuados entre la contaminación y la salud es clave para dar viabilidad a los proyectos de implementación de prácticas de producción más limpia, reconversión tecnológica en las industrias, entre otros, y además justificar cambios tecnológicos y de rediseño del sector transporte.
- Con los resultados obtenidos, se evidencia la necesidad de encontrar una función de dosis-respuesta que permita definir con claridad y mayor certidumbre la relación entre contaminación atmosférica y morbilidad por ECR para su valoración económica. Este tema es relevante, dado que los costos que asumen, la entidad territorial a través de los servicios de salud, las empresas con los días laborales perdidos y el individuo por los costos que debe asumir en los tratamientos y por la pérdida de bienestar y calidad de vida, son la base para viabilizar proyectos en pro del mejoramiento de la calidad del aire.
- Cómo integrar el recurso aire y de la salud pública en el ordenamiento territorial: los resultados obtenidos en el análisis espacial dejan en evidencia un problema de desigualdad en salud y condiciones sociales en el municipio de Itagüí, lo anterior permite inferir la necesidad de generar pautas para integrar la calidad del aire y la salud pública en la definición de usos del suelo y la determinación de tratamientos para la planificación y el ordenamiento territorial con el objetivo de alcanzar algunos de los principios básicos de este último:

- La distribución equitativa de las cargas y los beneficios.
- El mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.
- La distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación del patrimonio cultural y natural.

- **Mecanismos de prevención en salud pública**

Se evidencia la necesidad de implementar un sistema de monitoreo y vigilancia epidemiológica en salud ambiental, que permita demostrar la causalidad entre la contaminación atmosférica y la morbilidad con el objeto de lograr incorporar la salud pública como variable en la toma de decisiones.

Reconocer áreas receptoras de contaminación atmosférica permitirá la priorización de políticas para mejorar el bienestar de la población expuesta, además, fortalecerá y potencializará acciones a corto y mediano plazo.

- **Sectores económicos**

Con respecto a los sectores económicos, son imprescindibles los análisis costo-beneficio de la implementación de mecanismos de producción más limpia. Las políticas públicas deben ser sectorizadas en industria y transporte que son, como se ha dicho anteriormente, los que más aportan a la contaminación atmosférica en cuanto a material particulado.

- **Sector transporte:**

En algunas áreas con prioridad de atención se presentan altas densidades viales, que suponen un alto tráfico vehicular, por tanto es necesario:

- Redefinición de rutas con el objetivo de no concentrar emisiones en lugares específicos para disminuir la presencia de microambientes, áreas pequeñas de mayor concentración de contaminantes.
- La chatarrización como mecanismo para disminuir la contaminación por malos procesos de combustión.
- La integración del transporte público como mecanismo para mejorar su eficiencia y así hacerlo más atractivo para la población.
- Generar, a partir de la educación, un cambio cultural donde predomine el bien común sobre el particular y potencializar el uso del transporte público.
- Mejoramiento de combustibles

- **Sector Industrial**

Dentro del sector industrial, se deben generar y adoptar mecanismos de producción más limpia.

Es necesario fomentar una cultura de corresponsabilidad empresarial, que se puede potencializar a través de algunos incentivos, como los tributarios, donde el sector económico valore los impactos sobre la población y, por medio del mejoramiento de sus procesos productivos o la incorporación de mecanismos limpios, pueda minimizarlos en un tiempo prudente.

El cumplimiento de la normatividad vigente y la implementación de los Planes de Gestión Ambiental en las industrias deben ser reglamentados.

Bibliografía

- ALEM, N. et al. 2006. Impacto de la contaminación del aire en enfermedades respiratorias atendidas en el Centro Pediátrico Albina Patiño. Acta Nova, Vol 3, N° 1, junio 2005.
- ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Diagnóstico del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá 2005 – 2020”
- BOTTER, D. 2002. A longitudinal study of mortality and air pollution for Sao Paulo, Brazil. Journal of exposure analysis and environmental epidemiology. N1 12, 335-3345.
- BUILES, L. 2008. Propuesta de una metodología para el análisis prospectivo del recurso aire en los municipios del Valle de Aburrá. Tesis de Maestría, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- CARRARA, A., CARDINALLI, M., GUZZETTI, 1992. Uncertainty in assessing landslide hazard and risk. ITC journal, (2):172-183.
- CHAKHAR Y MOUSSEAU. 2007. An algebra for multicriteria spatial modeling. En: Computers, Environment and Urban Systems. N° 31. pag. 572–596.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2003. Air Quality Index. Aguide to Air quality and your health. Washington.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA, 2007. National Ambient Air Quality Estándar (NAAQS). En: www.epa.gov/air/criteria.html.
- FINKELMAN J, COREY G, CALDERÓN R. 1993. Environmental Epidemiology: a Project for Latin America and the Caribbean. Metepec: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Programa Internacional de Protección frente a

los Productos Químicos (ONU/ILO/OMS), Global Environmental Epidemiology Network.

GOLDSMITH J, FRIGER M, ABRAMSON M. 1996. Associations between health and air pollution in time-series analyses. Arch Environ Health. 51(5):359-67

HERNÁNDEZ C. et al., 2002. "Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua"

HERNÁNDEZ, ET AL. 2007. Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en ciudad Járez, Chihuahua, México. Salud Pública de México. Vol 9 N° 1 enero-febrero.

INE, 2005. Evaluación de impactos en salud por contaminantes atmosféricos

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, 2001. Manual del observador meteorológico. Medellín

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, 2005. Documento soporte norma de Calidad del aire. Subdirección de estudios ambientales. Bogotá,

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, 2009. Evaluación de impactos en salud por contaminantes atmosféricos. Mexico, D.F.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2009. Manual para la elaboración de planes de gestión de la calidad del aire. Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL, 2009. Lineamientos técnicos para el registro de los datos del registro individual de la prestación de servicios de salud – RIPS-

MORALES, G. 2006. Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago. Editorial Universitaria SA, Santiago de Chile.

- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 1997. Salud y ambiente en el desarrollo sostenible, Calidad del aire y su impacto en la salud en América Latina y el Caribe. WHO/EHG/97.8.
- OSSA, J.A., 2007. Análisis Integrado de Resultados de Modelaciones sobre el Recurso Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, para el Apoyo a la Toma de Decisiones en Ordenamiento Ambiental. Trabajo monográfico de especialización. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Minas. Medellín, Colombia.
- OSTRO, B.D. 1983 "The Effects of Air Pollution on Work Loss and Morbidity" *Journal of Environmental Economics and Management*, 10, p. 372-382.
- OSTRO, B.D. 1987. "Air Pollution and Morbidity Revisited: A Specification Test", *Journal of Environmental Economics and Management*, 14, p. 87-98.
- OSTRO, B.D., et al, 1995. "Air Pollution and Mortality: Results from Santiago, Chile", The World Bank, Policy Research Working Paper No. 1453, Public Economic Division.
- OSTRO B. et al. 1999. The impact of particulate matter on daily mortality in Bangkok, Thailand. *Journal of the Air and Waste Management Association* N° 49 (9, Special Number), pp. 100-107.
- POPE C, Kanner R. 1993. Acute Effects of PM10 Pollution on Pulmonary Function of Smokers with Mild to Moderate Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am Rev Respir Dis.* 147:1336-40.
- POPE C. et al. 1995. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151:669–674.
- POPE C. et al. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, 287:1132–

- REYNA, M. 2006. Estudio basado en la regresión de poisson, para conocer el grado de asociación que presentan las principales enfermedades respiratorias con los contaminantes del aire que rebasan los estándares en Mexicali Imperial. Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, México
- ROJAS, N. 2007. Aire y problemas ambientales de Bogotá. Bogotá, Colombia.
- ROMIEU, 2003. Impactos de la contaminación atmosférica en la morbilidad y mortalidad de la población infantil de ciudad Juárez, Chihuahua, México. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte.
- RUEDA, Salvador. Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles en Workshop: Indicadores de huella y calidad ambiental urbana -Fundación Forum Ambiental. Barcelona. 2001.
- SCHWARTZ. J. 2000. The distributed lag between air pollution and daily deaths Epidemiology 11, pp. 320-326.
- SCHWARTZ, J. et al. 2002. The concentration-response relationship between PM2.5 and daily deaths. Environ Health Perspect 110: 1025-1029.
- TORILLO, E. 2008. Estimación del beneficio económico en materia de salud por reducciones de ozono y PM10 en Mexicali: Un enfoque de costos evitados. El colegio de la frontera norte.
- UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, 2007. Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud de la población, Medellín y su Área Metropolitana. Centro de investigaciones. Facultad de Salud Pública.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN Y ÁREA METROPOLITANA DEL VALLED DE ABURRÁ, 2008. Formulación de la línea base del recurso aire del municipio de Itagüí y análisis y evaluación de propuestas de mejoramiento del recurso.