

MONITOREO DE LA INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA EN MANIZALES, MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

JUAN CARLOS CARMONA HERNÁNDEZ *

Remitido para publicación: 16-01-2012 - Versión corregida: 15-03-2012 - Aprobado para publicación: 30-04-2012

Resumen

La infección respiratoria aguda (IRA) da cuenta anualmente, de al menos 3,5 millones de personas en el mundo, de las cuales la mayoría son niños entre 0 y 5 años. Este flagelo afecta comunidades de países en vías de desarrollo, como también, a los industrializados. Son muchos los factores ambientales que aportan al desarrollo de esta enfermedad y otras que también aquejan el sistema respiratorio en general. Por consiguiente, se necesita de toda herramienta vigente y eficiente para mitigar la situación. Los sistemas de información geográfica (SIG), como herramientas de recolección, estratificación, ubicación y análisis de datos, ofrecen una alternativa para mejorar en la promoción y prevención de las IRA; se citan aquí ejemplos que relacionan los SIG con estudios aplicados al campo de la salud pública y su posible aplicación en procesos investigativos para la ciudad de Manizales. Entre los beneficios esperados en este tipo de acciones de mitigación y prevención, se incluye la sectorización de la ciudad de acuerdo a los diferentes niveles de contaminantes atmosféricos detectados por los SIG, el número potencial de personas que se pueden ver afectadas y las características físicas y sociales de las mismas.

Palabras clave: Infección, sistema respiratorio, contaminación del aire, sistema de información geográfica

Arch Med (Manizales) 2012; 12(1): 93-106

ARI (Acute Respiratory Infection) screening model in Manizales, based on Geographic Information Systems

Summary

Acute respiratory infection (ARI) accounts for about 3.5 million deaths yearly, around the world, most of which are in children ages 0 to 5. This disease affects not only undeveloped countries, but the industrialized countries as well. There are many environmental factors that contribute to the development of ARI, besides other diseases that attack

Carmona Hernández JC. Archivos de Medicina. Volumen 12 N° 1. ISSN:1657-320X enero-junio 2012. Universidad de Manizales. Manizales (Colombia)

* B.S. Chemist, Esp. Educación Ambiental, Candidato a Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Profesor Asociado, Facultad de Ciencias de la Salud, Programa de Medicina General, Universidad de Manizales, Manizales (Colombia). Correo electrónico: jucaca@umanizales.edu.co

the respiratory system; therefore it is necessary to use every actual and effective tool to counterattack the situation. Geographic information systems (GIS), as collecting, scaling, locating and data analysis tools, offer an alternative to improve in prevention and promotion of ARI. Clear examples are cited here, showing the application of these tools to medicine, and general public health with the proposed research application for the city of Manizales. Some of the benefits of the implementation of this remedial and preventing actions are the sectoring of the city, based on the pollution levels and the number of people exposed, besides data related to their physical and social state.

Key words: *Infection, respiratory system, air pollution, geographic information systems*

Introducción

Los sistemas de información geográfica (SIG), aunque inicialmente aparezcan a la opinión de muchos como un concepto único y exclusivamente espacial o de ubicación y aunque sean considerados por otros, como un sistema complicado y demasiado matemático, son medios vitales, vigentes y valiosos para la utilización y el beneficio de muchas comunidades y en múltiples campos de acción alrededor del mundo. Si se considera un SIG como «una base de datos computarizada que contiene información espacial»¹, su aplicación entonces se consideraría en el campo de la programación y la informática; si estos son considerados «un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos especiales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos»¹, ya se incluirían aquí otras aplicaciones mas relacionadas con ciencias sociales y su componente estadístico, con ciencias naturales y ambientales en su área su uso y transformación de los recursos y también con las ciencias de la salud en su preocupación por sectorizar e identificar las diferentes patologías por región, en las comunidades. Es en este último campo donde se hace profundización en el presente trabajo, resaltando que la conexión entre SIG y salud pública, también puede tener aplicaciones desde el campo de la ingeniería en sistemas en diferentes opciones de investigación que se puedan derivar de ello.

Teniendo en cuenta una definición más general y asimilable de lo que son los SIG, se considera el concepto de capas donde se ubican los diferentes tipos de información a suministrar en un sistema. Este concepto de capas brinda, para este objetivo a trabajar, una aproximación valida en el estudio y aplicación de los SIG a la medicina; o más bien, a los beneficios de comprender la región, lo que se encuentra en ella y como está cambiando todo esto con respecto al tema de salud pública. Es más fácil y práctico comprender la situación, las dificultades, fortalezas y debilidades de una entidad prestadora de servicios de salud, una vez se tienen ubicados, definidos, analizados y monitoreados constantemente sus diversos componentes espaciales, llámense estratos, zonas, niveles de atención, etc., ya que los SIG son un conjunto de herramientas, un proceso o tecnología que se orienta hacia la solución de problemas en el espacio y limites definidos. En este trabajo, una vez presentado el concepto y definición de los SIG aplicados al campo de la salud, se hace una orientación hacia la forma de aplicación de los SIG al caso Manizales y la relación de enfermedades respiratorias agudas ocasionadas por los factores ambientales que se acentúan en la región, con las características únicas que presenta cada subregión. Con lo anterior se propone un modelo que pueda llegar a ser implementado desde diferentes grupos de investigación o nuevas líneas de investigación integrando diferentes áreas del conocimiento como los SIG y la salud pública.

1. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Tan grande y práctico como un celular de moda; tan relativamente fácil de operar e interpretar, puede resultar la tecnología de los SIG aplicada a diferentes estancias de la sociedad y sus ciencias. Precisamente es del tamaño de un teléfono celular la *Field Unit* equipada con un sistema GPS (*Ground Positioning System*), que actúa como rastreador o emisor de mensajes, el cual es usado por personal de emergencias y rescate, como soldados y bomberos, y fue diseñado por un grupo de estudiantes de ingeniería de la Universidad de la Florida². Ésta es solo una forma de sacarle provecho a los SIG y de ver cómo ofrece beneficios a la comunidad. No solo con las personas pueden ser utilizadas este tipo de herramientas. La identificación, ubicación y selección que se puede obtener a partir de los GPS es de gran ayuda para compañías madereras; algunas se valen de este tipo de sistemas para determinar en bosques, el tipo de madera (árboles) que es de su utilidad y que se encuentra apta para ser talada³. De manera similar, afortunadamente en el campo de la salud pública también son muchos los ejemplos del beneficio entregado por los SIG; se incluyen algunos, con los cuales posteriormente se hace una relación directa al tema de las enfermedades respiratorias agudas (ERA) que pueden o no, tener alguna conexión con los factores ambientales y su posible acercamiento y comprensión desde los SIG. La necesidad de mejorar o reducir el marcado incremento en el número de enfermedades ambientales, hace que organizaciones internacionales motiven e impulsen procesos investigativos para evitar o reducir el número de muertes a nivel mundial, que diariamente causan diferentes factores ambientales.

No es nada ajeno que el componente salud es de interés en el Programa de la Naciones Unidas en Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), gracias al llamado de atención que se hace en relación a la unión medio de los campos medio ambiente y

salud, se empiezan a ver luces de esperanza en el contra ataque a situaciones ambientales que deterioran la salud en general, no solo humana. Con ayuda de los SIG se descubrieron indicadores de la calidad del aire en diferentes regiones del mundo, que sirvieron para presentárselos a los organismos globales en el proyecto GEO de las Naciones Unidas, y también para demostrar cómo la situación ambiental de algunas regiones está afectando la salud pública⁴. Con lo anterior se enfatiza particularmente el aumento en casos de infección respiratoria, y crisis de asma bronquial en sectores donde con la ayuda de los SIG se detectan mayores niveles de contaminación atmosférica.

«Los sistemas de información geográfica (SIG), son herramientas que consisten en una serie de programas, equipos, metodologías, datos especiales alfanuméricos, implementadores y usuarios que perfectamente integrados hacen posible la captura, entrada al sistema, almacenamiento, recuperación, mantenimiento, manipulación y análisis de datos georreferenciados»⁴. Este sistema de referencia geográfica es de aplicación no solo en el componente ambiental que afecta las vías respiratorias en seres humanos, sino también en casos de nutrición; la georreferenciación permite una adecuada desagregación de la información y con la ayuda de los SIG, la definición estratégica de áreas con su respectivo paquete informativo, ayudan a referenciar estados que no tienen una relación directa con el medio ambiente, como lo es la malnutrición en la población vulnerable, según lo reporta Olcese⁵. De los primeros estudios hechos en este campo se reporta el caso de Malasia con la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Sains; por medio de visitas de inmunización y vacunación rutinaria empezaron a establecer niveles de pobreza y malnutrición en diferentes áreas de la ciudad, información que fue considerada en un SIG y actualmente muestra el incremento, descenso o cambio general en los mapas analíticos apoyado en tecnología SIG. Como ventaja planteada por este grupo de investigadores, ofrece a los

países interesados en la situación alimenticia de su población vulnerable, como son los niños y los ancianos, un mecanismo de planeación, monitoreo y evolución de la desnutrición⁶.

Es de notar que los SIG no sirven solo para detectar perjuicios en la salud ocasionados por factores ambientales directos como aire, agua o suelos contaminados. En Corea, en el año de 1976 «se aisló por, primera vez el agente causal de la fiebre hemorrágica, denominándose este nuevo género *Hantavirus* y clasificándolo en la familia *Bunyaviridae*»⁷. Este tipo de virus es causa de enfermedades zoonóticas en los cuales el animal responsable es una familia de roedores específica. Una aplicación más que ofrecen los SIG es la detección de los factores de riesgo que origina el roedor, en distintas partes del sur de Chile donde se usa la herramienta para hacer la identificación, ubicación y cuantificación (posible multiplicación o exterminio) de los roedores causantes del *Hantavirus*⁸. Con lo anterior es demostrable que hay factores directa o indirectamente relacionados con el medio ambiente, los cuales están ocasionando cambios en la salud pública; afortunadamente también se cuenta con los sistemas o herramientas de información, control y monitoreo, como los son la epidemiología satelital y la geografía médica, entre otras.

1.1 Aplicación de los SIG en el campo de la salud pública

La medicina es una rama de la salud pública en las que más se han ido asociando significativamente diferentes actores, especializados y no especializados, de diversas áreas y profesiones y con múltiples visiones y enfoques, con el fin de integrar y ofrecer un acercamiento más completo y práctico de las muchas enfermedades que aquejan a las comunidades nacionales e internacionales. En lo que se refiere directamente a patologías asociadas al medio ambiente, esta situación y la posibilidad de afrontarla desde diferentes puntos de vista y profesiones, toma vigencia y se fortalece afortunadamente cada vez más.

Desde la perspectiva anterior, los médicos se deben valer de todas las herramientas posibles con miras a orientar y desarrollar una práctica médica más eficiente, inmediata, valedora y conectada con los cambios que le exige el medio o la región. Entre los nuevos avances y herramientas de apoyo médico actual, existe la ecoepidemiología o epidemiología panorámica, la epidemiología satelital y los sensores remotos aplicados en el campo de la salud, la geografía médica y los SIG. Este tipo de ayudas para el ejercicio médico con relación a la detección de modificaciones ambientales, ejemplo en la atmósfera, sirven para identificar o pronosticar situaciones que son de beneficio o perjuicio para la salud en general⁹. Un ejemplo de ello se relaciona con la epidemiología y los aspectos actuales que en este campo de la salud pública se viene incursionando.

La epidemiología espacial es una herramienta que se encuentra siendo usada de manera ascendente, con fines de identificación de riesgos en la salud, asociados a factores ambientales; este tipo de riesgos tienden a incluir componentes temporales y espaciales para lo cual se requiere de una combinación de métodos desde la epidemiología, estadística e información geográfica, todos concentrados en el campo de la epidemiología espacial¹⁰. Algunos avances recientes en este tipo de aplicaciones y herramientas de utilidad en el campo de la salud pública y específicamente en el de la medicina, incluyen el uso de mapas de riesgo para crear e interpretar superficies de acción, la extensión de modelos espaciales para incorporar las dimensiones de tiempo y la combinación de diferentes niveles de información de tipo individual o por áreas de trabajo¹⁰.

«La selección y aplicación de los indicadores de salud ambiental adecuados es hoy una necesidad importante, apremiante e impostergable, sobre todo para la toma de decisiones idóneas por parte de los organismos y funcionarios de salud, desde el ámbito local hasta internacional»⁴. La contaminación de la atmósfera se presenta como un peligro protagónico para la

salud pública en grandes urbes y países no sólo los desarrollados, por causa de la urbanización, el incremento en el número de automotores y las tecnologías obsoletas o contaminadoras sin control o restricción alguna. Lo anterior conlleva a exacerbaciones de la crisis de asma, infecciones respiratorias, afectación de la función pulmonar, alergias, efectos neurofisiológicos y daño al sistema nervioso central –en el caso de la gasolina con plomo– y cáncer⁴.

Los problemas relacionados con la influencia de la calidad del aire sobre la salud humana, en específico sobre el asma bronquial han cobrado enorme importancia en los últimos años, con la aparición de los sistemas de información geográfica se contó con una herramienta muy eficaz a la hora de realizar análisis especiales de gran importancia para el tratamiento de esta temática¹¹. En este caso particular se hace énfasis en los contenidos de NO₂ (dióxido de nitrógeno) y SO₂ (dióxido de azufre) en el aire, la calidad general que le brinda a éste y su grado de incidencia en casos de asma monitoreados en el municipio de La Regla en la Ciudad de La Habana. Los SIG aplicados a este caso son un acercamiento a lo que se puede poner en práctica en la ciudad de Manizales, con el fin de determinar la calidad del aire, en diferentes partes de la ciudad y su incidencia con las enfermedades respiratorias; este trabajo tiene como punto de apoyo estudios donde se consideran ciudades industrializadas, calidad del aire y estado de asma en niños.

La conexión directa entre el medio ambiente y las enfermedades respiratorias se hace más visible y recurrente en ciudades con altos índices de contaminación ambiental. «La *polución ambiental está asociada a cambios en la morbilidad y mortalidad por enfermedades principalmente respiratorias en la población, tales como asma o bronquitis crónica, generalmente en zonas urbanizadas y altamente industrializadas*»¹². La severidad y sintomatología de este tipo de enfermedades se hace común en el grupo más susceptible, los niños y los ancianos. En niños, las crisis asmáticas

se relacionan con las concentraciones de los polutos aéreos, lo cual conlleva al aumento en los diferentes síntomas y malestares del caso. Este tipo de contaminantes abarca los productos de la combustión vehicular, expulsión al aire libre de diversas sustancias, como dióxido de azufre y de nitrógeno y material particulado de los centros industriales, como también los contaminantes que se encuentran en sitios de mala ventilación y el humo de cigarrillo. Manizales es una ciudad que reúne todas las características anteriores, adicionándole que los actuales procesos de construcción que se vienen ejecutando en los últimos dos años con más intensidad, también contribuyen con el aumento en la cantidad de material particulado suspendido en el aire¹².

Desde finales del siglo pasado, para acciones de fiscalización de procesos, evaluación y planeación de proyectos concernientes a salud pública se vienen utilizando valiosas herramientas como los Sistemas de Información Geográfica en Salud (SIGSA) o en epidemiología (SIG-epi), con las cuales se pueden manejar grandes volúmenes de datos e información general, de manera georreferenciada o ubicada en un espacio tridimensional definido y delimitado¹³. La ventaja presentada en estas herramientas virtuales se basa en la utilización de mapas reales de sitios de acción del médico o centro de salud, los cuales les van a servir para determinar exactamente un evento de salud pública sobre el cual se pueden aplicar estas herramientas en diferentes procesos como el monitoreo y evaluación de un caso específico, por ejemplo, la identificación de una epidemia o la propagación de una enfermedad en un área determinada. Además de ello, la aplicación de los SIG en el campo de la salud pública puede contribuir a disminuir inequidades y distribución de recursos que se tengan que repartir en sectores donde se detecten mayores necesidades; es por ello que la “medición y el monitoreo de los problemas de salud son esenciales para la adecuada asignación y distribución, tanto social como geográfica de los recursos y servicios de salud”¹⁴.

Entre los muchos casos a nivel continental, de aplicación y beneficio que ofrecen los SIG al campo de la salud pública y más específicamente a la medicina, se incluyen los trabajos realizados en Nueva York (USA) y Hamilton, Ontario (Canada) donde se trabajó en detección de contaminantes atmosféricos y calidad del aire con relación a casos de diferentes enfermedades respiratorias como el asma en niños y adultos^{15,16}. Otros casos de aplicación de los SIG en el campo de la medicina se presenta en la detección de enfermedades transmisibles, la cual ha ido ganando terreno y brindando resultados positivos y de mucho beneficio para la salud pública. Lo anterior ha sido experimentado con la detección y monitoreo del dengue en Cuba durante el año 2000, también se reportan este ejemplo de investigación y aplicación de los SIG en Maracay, Venezuela y en la ciudad de Corrientes en Argentina¹⁷, en este país también se presenta un ejemplo de aplicación de los SIG en el campo de la salud, en la detección de casos de plumbemias en niños de 6 a 8 años de edad, habitantes de San Antonio Oeste en la provincia de Río Negro¹⁸. Ejemplos a citar en Colombia del uso y beneficio que se ha obtenido a partir de los SIG tienen relación con estudios investigativos no solo en salud¹⁹, también con aplicaciones demográficas y en los servicios públicos, como está incluido en los trabajos de Paula Andrea Cifuentes Ruiz y Aguas de Manizales con respecto al crecimiento de la población en la ciudad de Manizales y los diferentes trabajos que desde el operador del servicio de agua se viene registrando en la ciudad^{20, 21}.

Al igual que Manizales, son muchas las ciudades a nivel mundial que por causa de la contaminación ambiental están generando grave deterioro en la salud. Es muy probable que de manera continua se realicen múltiples estudios para tratar de ubicar, monitorear y difundir información vigente a las comunidades, con el fin de sensibilizar los gobernantes a nivel local e internacional, en aras a la mejoría y bienestar de la población. Es importante conocer datos esta-

dísticos sobre el tipo específico de enfermedades respiratorias agudas (ERA) producto de este trabajo, el cual compara el estado de las IRA a nivel mundial y local, y presenta el acercamiento práctico con la utilización de los SIG, teniendo como objeto principal beneficiar con el proyecto, a la comunidad Manizaleña una vez los entes reguladores y administrativos tomen conciencia y hagan valedera la información presentada.

1.2 Infección respiratoria aguda (IRA)

Una de las principales causas de muertes infantiles a nivel mundial, y más común en países en vías de desarrollo, es la Infección Respiratoria Aguda (IRA); la cual suma un tercio de las muertes totales en niños con edades de 0 a 5 años²². El medio ambiente, considerando el aire y la contaminación ambiental, es uno de los factores responsables de estas infecciones. Incluyendo influenza y neumonía, en el mundo mueren alrededor de 3,5 millones de personas, cada año por causa de las IRA; solo en Estados Unidos el número de personas fallecidas es de 30.000 al año por esta infección, los cuales principalmente son niños menores de 4 años. En Colombia se reporta que la IRA ocupa los primeros lugares de morbi-mortalidad en niños menores de cinco años; lo anterior se presenta en municipios con más necesidades básicas insatisfechas²³. En este punto entra a jugar un papel importante el medio ambiente y los servicios básicos de sanidad como el agua potable y el aire limpio. Para el caso local, SolSalud EPS, Caldas en el 2006 cataloga a las IRA en las tres primeras causas de consulta en pacientes con edades de 0 a 14 años, con mayor incidencia en niños hasta los 4 años de edad²⁴.

Muchas de estas enfermedades respiratorias son causadas, impulsadas o propagadas por factores ambientales; estos se pueden ubicar, analizar y monitorear con los SIG. Algunos aspectos del medio ambiente, una vez identificados y mejorados son importantes para la prevención de enfermedades de este tipo^{25, 26}. En los niños menores de cinco años prevalecen los ataques

y síntomas del tracto respiratorio y son evidencia marcada de las soluciones ambientales que se deben obtener para ofrecer mejoras en la salud infantil. El efecto ambiental, en relación a las enfermedades del sistema respiratorio como las infecciones respiratorias agudas (IRA), no son susceptibles solo a la población infantil; el número de adultos jóvenes afectados por este tipo de enfermedades respiratorias influenciadas por agentes ambientales, está notablemente aumentando. La solución al respecto se puede facilitar de manera cooperativa y colaborativa articulando diferentes fuentes del conocimiento e implementando la mayor cantidad de herramientas posibles. Es necesaria una mayor integración desde el campo de la medicina y las ciencias del medio ambiente, con el fin de atacar este tipo de problemas de salud pública, desde diferentes flancos y puntos de vista.

El acercamiento de los campos salud y medio ambiente se ha hecho más indispensable y notable últimamente, pero sin la rigurosidad y eficiencia necesaria para ofrecer beneficios a la comunidad en general; muchos factores ambientales, no solo considerando exposiciones a contaminación ambiental en campo abierto, sino también en los hogares y sitios de trabajo, pueden ocasionar enfermedades respiratorias. El paradigma básico para atacar las exposiciones a la contaminación atmosférica y su influencia en la salud humana requiere de más entendimiento acerca de las fuentes de exposición, los niveles y el daño que ella causa en el sistema respiratorio²⁷. Estudios exploratorios que relacionen estos campos de las ciencias sociales, naturales y ambientales son indispensables para ayudar en los procesos de promoción y prevención que necesita el sistema de salud Colombiano. Un proceso investigativo completo en este sentido, requiere del análisis minucioso de los factores ambientales en general, pero partiendo desde su esencia o componentes mínimos y de pronto poco importante desde el grado de contaminación que aportan a los gases atmosféricos, hasta los que mas están contaminado actualmente.

De los principales compuestos químicos, disueltos en aire que respiramos es el monóxido de carbono, catalogado como gran contaminante ambiental. *«El monóxido de carbono es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre. Sus principales fuentes productoras responsables por de aproximadamente el 80% de las emisiones, son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diesel y los procesos industriales que utilizan compuestos del carbono»*²⁸. Este compuesto es también el causante de problemas ambientales en Latino América. *«En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales estimó para 1996 las emisiones atmosféricas de gases con efecto local en 8.612 kilotoneladas, de las cuales el monóxido de carbono representó el 58%»*²⁸. El Departamento Administrativo del Medio Ambiente calcula la concentración media de monóxido de carbono, para la ciudad de Bogotá en un día normal, es alrededor de 30 a 35 partes por millón.

Además de la contaminación que este compuesto aporta en campo abierto, a nivel domiciliario también está originando problemas en la salud, a causa del incremento en el uso de electrodomésticos y gasodomésticos, agregándole la utilización de chimeneas y sistemas de calefacción a gas^{29, 30, 31}. Los efectos potenciales del daño ocasionado por contaminación con monóxido de carbono, a largo plazo y en bajas concentraciones, no están bien definidos en la actualidad. Aunque recientemente se han hecho estudios que demuestran efectos lesivos en personas expuestas a cantidades media y baja del contaminante²⁸. Otro gran contaminante ambiental, que contribuye o agudiza algunas enfermedades respiratorias, es el humo de tabaco ambiental (HTA); compuesto que aumenta los casos de morbilidad y mortalidad en lactantes, niños y adultos no fumadores. A nivel mundial son más de 2.000.000 los casos de niños con IRA, del cual el 85% corresponde a neumonías. El HTA es el producto de una mezcla de más de 4.000

compuestos químicos originados durante la combustión del tabaco y sus derivados³². Se necesita aun investigar más en este campo y definir en qué forma el monóxido de carbono, originado en viviendas o sitios de trabajo (recintos cerrados), está ocasionando deterioro en la salud humana.

Para sumar a lista de contaminantes ambientales, a los cuales hay que dedicarle tiempo, atención e investigación, están el polvo presente en el hogar, alérgenos³³, plomo, pesticidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos y el óxido de nitrógeno, que al oxidarse produce ácido nítrico y reacciona con las partículas de amonio que se encuentran en la atmósfera para producir partículas de nitrato de amonio. Las emisiones de óxido de nitrógeno contribuyen también a la formación de material particulado (MP), que son pequeñas partículas suspendidas en el aire y que tienen un diámetro de 2,5 micras (MP 2,5). Aunque hay poca evidencia hasta ahora, de los daños que el MP ocasiona a la salud humana, con el MP2,5, se ha comprobado que están relacionadas a numerosos casos de problemas respiratorios y cardíacos⁷. Un estudio hecho en Estados Unidos, a 500.000 pacientes expuestos al MP por largos periodos de tiempo, arrojó resultados que demuestran que las partículas en suspensión se asocian al aumento en el riesgo de muerte prematura, principalmente conectadas a enfermedades respiratorias y cardíacas. La característica de contaminante y compuesto dañino a la salud humana que posee el óxido de nitrógeno se le atribuye a su capacidad oxidativa, similar a la del ozono³⁴. Los niveles extremadamente altos de los óxidos de nitrógeno, más comúnmente encontrados en recintos cerrados con fuentes de combustión, ocasionan síntomas como tos o falta de respiración. Casas con estufas a gas, asociadas a niveles altos de óxidos de nitrógeno por largos periodos de tiempo han marcado un riesgo elevado de enfermedades respiratorias en niños⁷.

Son numerosos los agentes contaminantes que se encuentran en la atmósfera; una

caracterización de ellos sería, por sí solo un trabajo de investigación extenso y profundo. Los contaminantes atmosféricos y su relación a las IRA son una forma general de contribuir con un trabajo investigativo que ayude a llamar la atención a nivel de Manizales del estado actual que relaciona salud y medio ambiente en relación con las IRA. En Colombia también las IRA ocupan los primeros puestos de morbi-mortalidad en pacientes menores de cinco años, aunque la tendencia muestra que la tasa ha rebajado paulatina y lentamente en los últimos años, «*el riesgo de morir en este grupo de edad por esta causa aún persiste, siendo los menores de 1 año los más afectados*»²³. Es necesario entonces contribuir trabajando en este tema y valiéndonos de las diferentes ayudas posibles, como lo son los SIG. La integración y aplicación de estas herramientas tecnológicas al campo de la medicina, pueden ser de gran apoyo en procesos que se vienen realizando con buenos resultados, pero que pueden aun ser mejor con ayuda de sistemas como los SIG; un ejemplo de ello se podría ver reflejado en estudios como los del Instituto Nacional de Salud y su intento por combatir enfermedades relacionadas con contaminantes ambientales como los que hay en los gases atmosféricos.

El Instituto Nacional de Salud, desde 1997, viene realizando seguimiento detallado de afecciones respiratorias como influenza y otros virus; el sistema ha logrado proveer valiosa información en la lucha contra los agentes que ocasionan las IRA. El seguimiento tan valioso que este Instituto ha hecho se ha valido de 4 sitios clave o centinela, que además de Manizales incluye las ciudades de Barranquilla, Bogotá y Guaviare²³. ASSBASALUD ESE, reporta que «*las enfermedades respiratorias e intestinales son las más frecuentes en los menores*» y promovió la necesidad, con fines de aportar al mejoramiento en la salud de la comunidad local, identificar «*las acciones de promoción y prevención de la enfermedad desarrolladas por los agentes de salud, para*

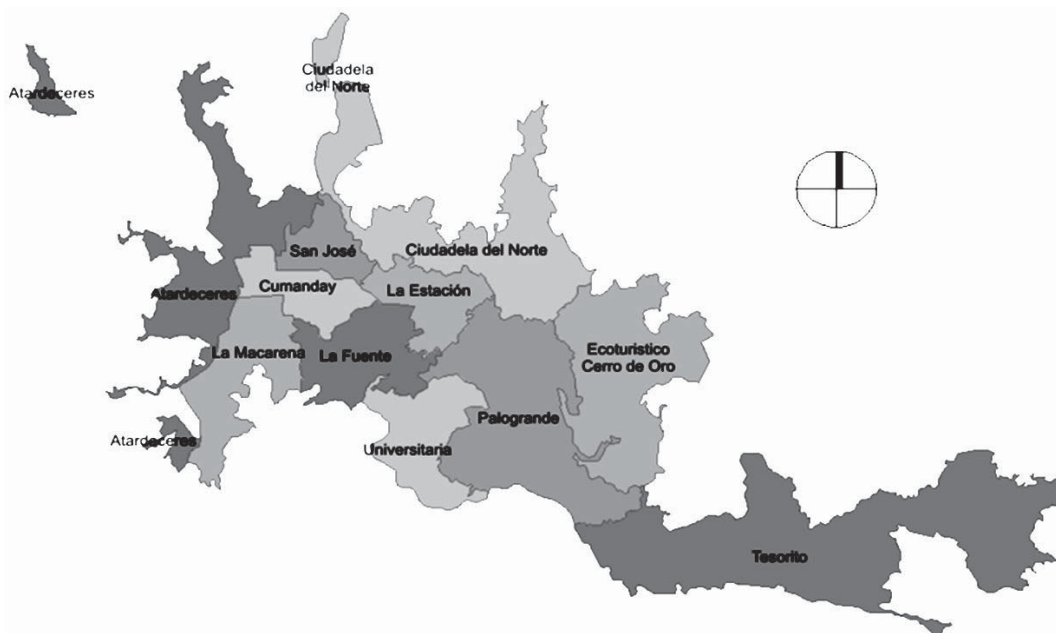
el manejo de la infección respiratoria aguda (IRA), no neumonía, en menores de cinco años en Manizales»²⁴.

2. Procedimiento metodológico

La aplicación de los SIG en Manizales, en lo referente al medio ambiente, específicamente contaminación ambiental y ERA requiere del estudio detallado a nivel estructural de la región y lo que se desarrolla en ella, conectado a la forma como estos factores ambientales favorecen o perjudican las diferentes comunidades en la ciudad. Se requiere de la inclusión, tanto del componente geográfico como del dinámico que conforman la región seleccionada. Este estudio de aplicación de los SIG hace hincapié en la sectorización o división de Manizales y las múltiples actividades que se llevan a cabo en ella y que de forma directa o indirecta contaminan la atmósfera, contribuyendo así, al desarrollo de ERAs.

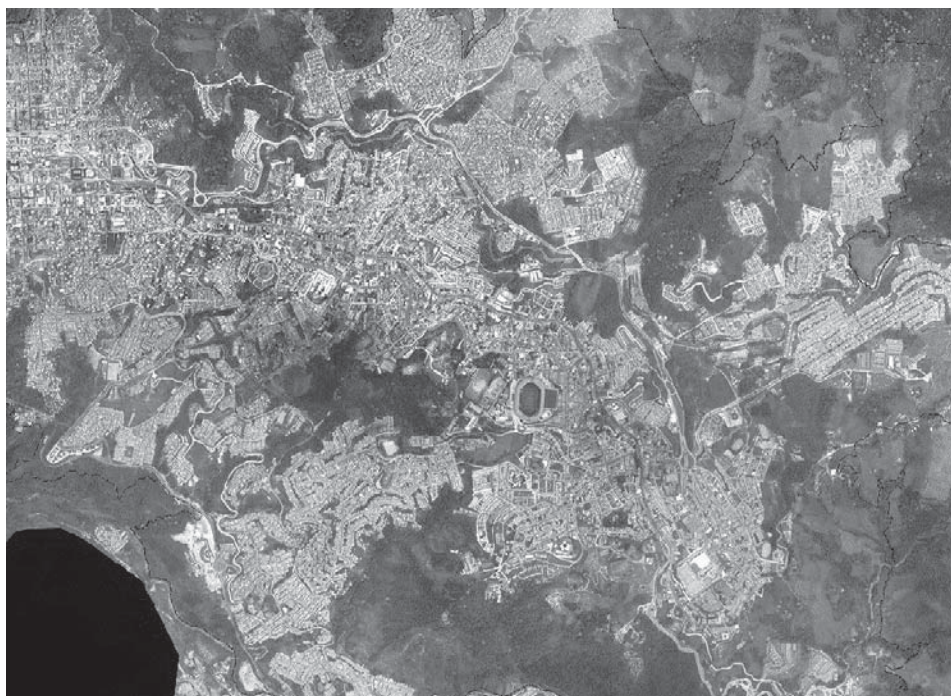
Desde el punto de vista de región, se considera a la ciudad de Manizales dividida en capas o estratificada, con el fin de dar a conocer los diferentes espacios limitados (o regiones) donde se realizan las actividades comunes, pertinentes al objeto de estudio. En diferentes capas está subdividida la ciudad; esta sectorización es hecha por barrios, comunas, zonas de actividad específica, sea comercial, industrial o campestre; también es posible considerarla como un bloque general para poder compararla con otras ciudades del ámbito nacional e internacional. Para el interés perseguido con este trabajo, Manizales queda sectorizada y estratificada (por capas) teniendo en cuenta como eje o punto geográfico central los centros de salud; es considerada entonces, la subdivisión de la ciudad por zonas o áreas. Una encierra el área industrial, hacia en nororiente en la vía al barrio La Enea y el aeropuerto, en donde el punto de encuentro y ubicación de información sería la Unidad de Atención Médica de Asbsalud en La Enea. A esta sección se le denominaría Zona I (haciendo consideración a lo de zona Industrial); desde aquí se puede hacer delación

al monitoreo de la contaminación por actividad industrial, el estado del aire y la salud en el sistema respiratorio de la comunidad que se encuentra en esta región delimitada. En contraste a esta región la propuesta es definir otra zona que



Mapa No. 1. División del municipio de Manizales en sus respectivas comunas³⁵.

ofrezca la posibilidad de comparar resultados en relación a medioambiente y ERA en un sec-

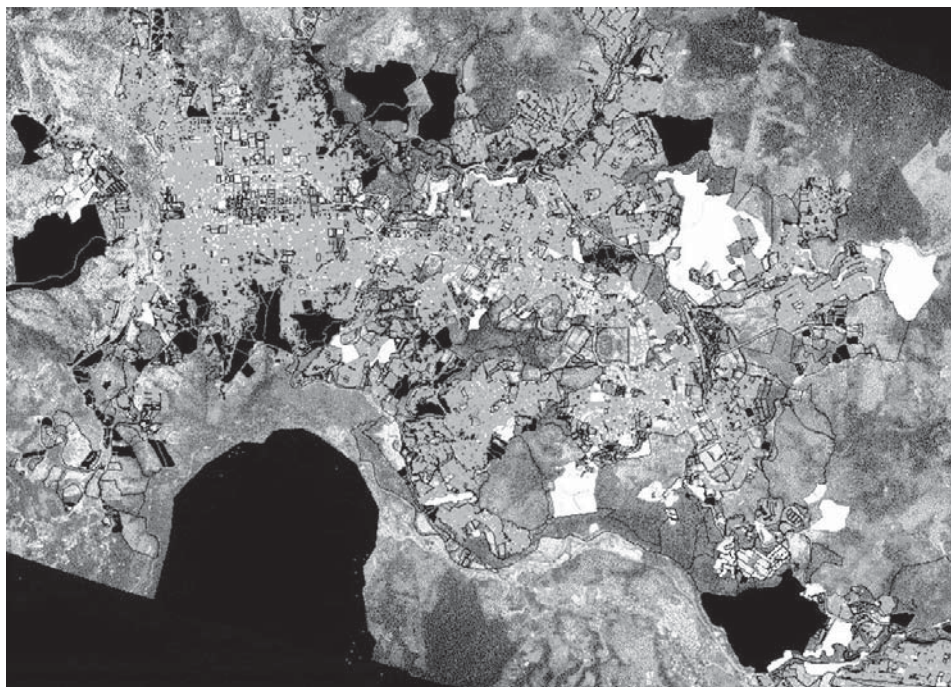


Mapa No. 2. Fotografía espacial de la Ciudad de Manizales, densidad de construcciones³⁶.

tor donde la actividad diaria sea completamente diferente a la de la Zona I.

La georreferenciación esta para este caso una ayuda metodológica importante, con

respecto a la visualización de la ciudad y diferenciación de los sectores o zonas urbanas y rurales, como se puede observar en el **Mapa No. 2**; de esta manera se puede facilitar la delimitación de las diferentes zonas.



Mapa No. 3. Áreas de estratificación de las comunas en la ciudad de Manizales³⁷.

La siguiente zona debe cumplir con características y propiedades totalmente opuestas o diferentes a las que se ejecutan en la primera; la segunda sección en la estratificación de la ciudad de Manizales es un área rural, alejada de la parte centro. Un ejemplo válido es la vereda La Linda o La Cuchilla del Salao, con su centro de actividad y monitoreo, en sus respectivos centros de atención médica; este sector se denominará Zona R (R por la rotulación de Rural). En esta zona se puede contar, gracias a las diferentes actividades, básicamente agrícolas o habitacionales, con componentes en la atmósfera muy diferentes y como se supone, de mayor beneficio a la salud en general en lo que respecta al sistema respiratorio y las ERAs.

Continuando con la delimitación de la ciudad en aras a la aplicación de los SIG en lo referente a contaminación atmosférica y ERAs, una tercera zona abarca todo el sector del centro de la ciudad; en este, se encuentra a diario una gran densidad de automotores y se alcanza a percibir un alto índice de contaminación del aire sobre varias de sus calles y carreras. Esta zona es designada Zona C (Centro) y tiene como punto de ubicación madre el centro de atención médica de Assbasalud. La cuarta y última zona, de delimitación de la ciudad, es la Zona N (Norte), la cual cuenta con el centro de salud de Assbasalud La Asunción y cubre los barrios que se ubican hacia el norte de la ciudad. A pesar de ser esta una zona urbana, tiene diferencias con la Zona C, por lo del espacio y fluido vehicular, además no cuenta con edificios de más de 4 pisos en sectores de área reducida. Hasta este punto la subdivisión de la ciudad de Manizales por sectores o zonas, en donde se define el concepto espacial y como punto central en cada zona, los centros de atención médica, permite definir los parámetros espaciales de medición y análisis.

El **Mapa No. 3** es un buen ejemplo de la posibilidad de ejecutar y cuantificar aspectos en diferentes capas dentro del SIG. *«En el componente espacial, las observaciones tienen dos elementos con relación a su localización: la*

*localización absoluta, basada en un sistema de coordenadas y las relaciones topológicas con respecto a otras entidades»*¹. De esta manera, en cada zona se puede hacer la cartografía necesaria para la delimitación del área y las diferentes coordenadas que ellas tengan; cada zona cuenta con áreas definidas y no se da a la sobre posición de una con otra, con el fin de adjudicar a cada zona una capa única para la aplicación de la información. Una vez definido, delimitado y cartografiado el espacio de trabajo, es procedente incluir las relaciones espaciales y las interacciones que en él se desarrollan. Es considerado aquí, el componente topológico, el cual permite que los datos sean conectados en sentido racional, como complemento a sus conexiones espaciales.

Son muchos los componentes requeridos y a tener en cuenta por el SIG, como la localización, la condición, tendencias, rutas, pautas y modelos; teniendo definidas las zonas para la ejecución del estudio exploratorio-analítico de las condiciones de contaminación ambiental con relación a las enfermedades respiratorias; los datos obtenidos a partir de este estudio pueden ser modelo, aplicando los SIG, para muchas otras regiones, ya sean urbanas o rurales. También se espera que este modelo pueda ser aplicado a otros factores ambientales en la región que brinden información actualizada y pertinente, como en casos de aguas contaminadas y suelos deteriorados.

*«Todo proceso de generación de nueva información a partir de la operación de un SIG depende significativamente de la información disponible almacenada en la base de datos. La calidad de dichos datos y sus contenidos determinan la calidad de los resultados obtenidos del SIG»*¹. En cada una de las cuatro zonas en las que se divide la ciudad es posible recolectar y analizar datos correspondientes a factores contaminantes en la zona; ejemplo, emisiones en la Zona I, humo generado por automotores y en la Zona C, o material particulado suspendido en el aire, por actividades vigentes de construcción en cualquiera de las zonas expuestas. Con la

actividad definida por cada zona es determinable la condición de ellas y la ubicación de esta serie de datos en una capa única para el SIG. Con el área y la actividad de cada zona es procedente revisar el componente en salud de los habitantes que consulten el centro de salud correspondiente a cada sector. Una vez obtenida la información pertinente a la ubicación y condición de la zona, es posible la recolección de datos para otra capa diferente dentro del SIG. Con la inclusión de una subdivisión correspondiente a la población de cada zona, el SIG cuenta con herramientas para discriminar información importante y datos específicos para niños (de diferentes edades), adultos (en general) y ancianos. Lo anterior justifica el hecho de que los niños y los ancianos requieren de cuidado y atención médica diferente a la de los adultos en general. Las historias clínicas ya existentes dan pie al análisis de cómo es la evolución de la ERA en cada zona en cierto tiempo pasado, dependiendo de la información con la que el centro de salud cuente, asignando así, otra capa para la diseminación de datos en el sistema de información geográfico.

Con datos para secciones relacionadas con la ubicación, estado y población en cada zona, es posible incursionar en la tarea de recopilación y análisis de información concerniente directamente a los casos de ERA. Datos que siguen siendo útiles a este momento, son las historias clínicas relacionadas con ERA. Esta capa de información, además de ser esencial para el tema propuesto es la que más ofrece información clave para el estudio; ya que es posible alimentar constantemente el SIG sin necesidad de mayores cambios en la información correspondiente a las otras capas, ejemplo ubicación y estado ambiental en cada zona además del crecimiento demográfico. La base de datos generada a partir de esta capa de información es cuidadosamente pensada y elaborada; ya que a partir de este punto es factible la conexión relevante con todos los otros sectores de la información en el SIG. Por ejemplo, número de niños menores de cinco

años en la Zona C (centro) que consultan en un mes determinado por complicaciones respiratorias. Con este tipo de organización en la información es posible llamar la atención de los entes reguladores de los sistemas de salud y de la administración municipal. Con el conocimiento, concientización y acción de los actores directos e indirectos, no solo de la situación ambiental, sino también de las labores de atención y remediación, en cada zona es insertable la información, creando una base de datos para una nueva capa, concerniente a las mejoras en la condición atmosférica por zona.

3. Conclusión

La IRA es una enfermedad de alto índice de mortalidad en la niñez a nivel mundial y es poco, cualquier tipo de estudio que ayude a prevenirla o curarla. Son muchas las herramientas que los médicos actuales pueden tener para atacar este flagelo; aun así, pueden ser pocas, teniendo en cuenta los millones de niños que mueren cada año por causa de la IRA. Los SIG son medios complementarios que pueden ayudar en la promoción y prevención de esta y muchas otras enfermedades.

La integración y aplicación de este tipo de tecnologías, a la salud en general son de mucha utilidad en la disminución de los efectos nocivos que causan los contaminantes ambientales en la salud general del sistema respiratorio; el cual es afectado directamente por contaminantes que provienen de automotores, componentes alergénicos y otros compuestos suspendidos en el aire. Otra forma de utilización y aprovechamiento en la integración de los SIG en actividades médicas de promoción y prevención se relaciona con la forma como la dispersión atmosférica y los SIG pueden ser empleados para cuantificar y analizar la exposición a componentes atmosféricos contaminantes. Sugieren diferentes autores la posibilidad de integrar los modelos de dispersión, con información sobre población y bases biológicas para diseñar un procedimiento de

muestreo y control. También recalcan la necesidad de realizar estudios e investigaciones que puedan beneficiar no solo comunidades locales, como la de Manizales, sino también otras a nivel nacional e internacional, aplicando acercamientos metodológicos similares, con el fin de mejorar la calidad y los servicios de salud en general.

Es también pertinente, ahondar en aspectos locales que relacionen los campos del medio

ambiente y la salud desde otras perspectivas, como las relaciones infección gastrointestinal-agua y cáncer de piel-radiación ultravioleta, con el fin de ofrecer más información y alternativas en lo que respecta la prevención y la promoción de muchas enfermedades que actualmente aquejan las comunidades locales y nacionales.

Conflictos de interés: ninguno declarado.

4. Literatura citada

1. Mora H. **Geomática**. Manizales: Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, III Cohorte, Edición Departamento de Publicaciones, Universidad de Manizales; 2.008; Pp. 2 – 5.
2. Gawel R. **Electron Des.Update** 2.006; 54: 25.
3. Hopkin M. **Conservation: Mark of respect**. *Nature* 2007; 448: 402-403.
4. Pérez D, Bermejo P, Prieto V, Rodríguez M. **Geosaulud: relaciones geográficas entre salud y ambiente**. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. 2.004; 42 (2):0-0.
5. Olcese M. **Participación comunitaria en Programa de Control de Enfermedades Respiratorias: Un modo de articular localmente la cobertura de programas de APS en el contexto del Trabajo Comunitario**. Santa fe: Centro de Salud "Caball-Las Lomas"; 2.002.
6. Zabidi-Azhar M, Noorizan A, Azlin S, Syahrul Hisyam B, Nik Nasruddin M. **The Application of Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing Techniques in Mapping of Children with Malnutrition – An Introduction**. School of Medical Sciences University Sains, Malaysia. *Map Asia* 2.003; 7: 1- 7.
7. Levy J. **Health Effects of Atmospheric Nitrogen Emissions**. *Environment* 2.003; 45:14.
8. Muñoz-Pedrerros A, Rutherford P, Gil C. **Mapa de riesgo para Hantavirus en el Parque Nacional Conguillío, sur de Chile**. *Rev ChilHisNat*. 2.007; 80:3636 - 3679.
9. Rodríguez-Morales A. **Ecoepidemiología y epidemiología satelital: nuevas herramientas en el manejo de problemas en salud pública**. *Rev Peru Med Exp Salud Pública* 2.005; 22(1):54-63.
10. Beale L, Abellan J, Hodgson S, Jarup L. **Methodologic Issues and Approaches to Spatial Epidemiology**. *Environ Health Perspect* 2008; 116(8): 1105–1110.
11. Wallo A, Cuesta O. **Análisis espacial de la influencia del dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno sobre el asma bronquial en el municipio de Regla. Aplicación de SIG**. Centro de Contaminación y Química Atmosférica, Instituto de Meteorología, Loma de Casablanca, Regla, Ciudad de La Habana. Brasil, 2007. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4323-4330.
12. Peinado J, Chinga E, Mendoza D, Rosas A, Velásquez E, Nasarre C, Llanos-Zavalaga F. **Uso del sistema de información geográfica para determinar la relación entre la severidad de la crisis asmática en niños y la cercanía a fábricas con chimenea en un distrito de Lima – Perú**. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 2.002; 19(3): 124-130.
13. Iñiguez L. **Geografía y salud: temas y perspectivas en América Latina**. *Cad Saúde Pública* 1998; 14(4):701 –711.
14. Loyoa E, Castillo-Salgado C, Nájera-Aguilar P, Vidaurre M, Mujica O, Martínez-Piedra R. **Los sistemas de información geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud**. *Rev Panam Salud Publica* 2002; 12(6):415 – 428.
15. MacClachlan J, Jerret M, Abernathy T, Sears M, Bunch M. **Mapping health on the Internet: A new tool for environmental justice and public health research**. *Health & Place* 2007; 13:72 – 86.
16. Patel M, Quinn J, Kyung Hwa J, Hoepner L, Miller R, Perzanowski M, et al. **Traffic density and stationary sources of air pollution associated with wheeze, asthma, and immune globulin E from birth to age 5 years among New York City children**. *Environmental Research* 2011; 111: 1222 – 1229.
17. Pérez T, Iñiguez L, Sánchez L, Remond R. **Vulnerabilidad espacial al dengue. Una aplicación de los sistemas de información geográfica en el municipio Playa de Ciudad de La Habana**. *Rev Cubana Salud Pública* 2003; 29(4): 353 – 365.

18. De Pietri DE, García S, Rico O. **Modelos geoespaciales para la vigilancia local de la salud.** *Rev Panam Salud Pública* 2008; 23(6): 394–402.
19. Guhl F, Davies C. **El uso de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos (SR) en Salud Pública.** Bogotá: London School of Hygiene and Tropical Medicine (United Kingdom), Universidad de los Andes Centro de Investigaciones en Microbiología y Parasitología Tropical, CIMPAT (Colombia); 2006.
20. Cifuentes P. **Modelización de los factores de crecimiento urbano como aporte a la sostenibilidad. Estudio de caso: Manizales – Colombia.** *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo* 2009; 4:82 – 96.
21. _____. **Aguas de Manizales – SIG para administración de redes.** Manizales, 2012. Disponible en: http://www.prosis.com/vistas/Industrias/CasosdeExito/ServiciosPublicos/Casos_de_Exito2.php. Fecha de consulta: febrero 27 de 2012.
22. Herrera-Rodríguez D, De La Hoz F, Mariño C, Ramirez E, López J, Vélez C. **Adenovirus en Niños Menores de Cinco Años. Patrones de Circulación, Características Clínicas y Epidemiológicas en Colombia, 1.997-2.003.** *Rev Salud Pública* 2.007; 9 (3): 420 - 429.
23. Velandia M, Rey G, De La Hoz F. **Consideraciones para la introducción de la vacuna contra influenza en Colombia.** Bogotá: Ministerio de Protección Social, República de Colombia; 2.007.
24. Cujíño M, Muñoz L. **Conocimientos y prácticas de las madres y acciones de promoción y prevención, desarrolladas por los agentes de salud, para el manejo de la infección respiratoria, no neumonía, en menores de cinco años, Manizales, 1.999.** *Colomb Med* 2.001; 32:41-48.
25. SolSalud, EPS. Caldas. **Indicadores Básicos de salud de la población afiliada a SolSalud.** Manizales. SolSalud Caldas, 2.006.
26. Forest B, Velandia M, Moreno C. **Consideraciones para la introducción de la vacuna contra influenza en Colombia.** Bogotá: Ministerio de Protección Social, República de Colombia; 2007.
27. Sequeira J. **A Toxic Issue: Air Pollution in New Delhi.** *HarvInt Rev.* 2008; 30:10 - 11.
28. Téllez J, Rodríguez A, Fajardo A. **Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental.** *Salud Pública (Bogotá)* 2.006; 8:108 –117.
29. Ezzati M, Kammen D. **Household Energy, Indoor Air Pollution, and Public Health in Developing Countries.** Washington: Resources for the future; 2002.
30. Ezzati M, Kammen D. **Quantifying the Effects of Exposure to Indoor Air Pollution from Biomass Combustion on Acute Respiratory Infections in Developing Countries.** *Environ Health Perspect* 2.001; 109: 481 – 488.
31. Ezzati M, Kammen D. **The Health Impacts of Exposure to Indoor Air Pollution from Solid Fuels in Developing Countries: Knowledge, Gaps, and Data Needs.** *Environ Health Perspect* 2.002; 110: 1057.
32. Gutiérrez-Ramírez S, Molina-Salinas G, García-Guerra J. **Humo de Tabaco Ambiental y Neumonías en Niños de Monterrey, México.** *Salud Pública (Bogotá)* 2.007; 9:76 - 85.
33. Díaz J, Linares C, TOBÍAS A. **Short-term effects of pollen species on hospital admissions in the city of Madrid in terms of specific causes and age.** *Aerobiología* 2.007; 23: 231 - 238.
37. Kurmi O, Ayres J. **The non-occupational environment and the lung: opportunities for intervention.** Department of Environmental and Occupational Medicine, Liberty Work Research Centre, University of Aberdeen, United Kingdom. *Chron Respir Dis* 2.007; 4:227-236.
35. _____. **La guía definitiva de Manizales.** Manizales, 2012. Disponible en: <http://intranetmz.tripod.com/cgi-bin/intranetmz/intranet.cgi?c=9&m=328>. Fecha de consulta, el 9 de febrero de 2012.
36. _____. **Sistema de información geográfica, Alcaldía de Manizales, Secretaría de Planeación.** Manizales, 2012. Consultada el 2 de febrero de 20102. Disponible en: <http://190.248.25.150/ortofotomapamles/>
37. _____. **Sistema de información geográfica, Alcaldía de Manizales, Secretaría de Planeación.** Manizales, 2012. Consultada el 2 de febrero de 20102. Disponible en: <http://190.248.25.150/estratificacionurbana/>