

## Estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos empleando el modelo de dispersión Gaussiano, ocasionados en Salamanca, Guanajuato y sus efectos sobre la salud humana.

Aguilera Pizano, Andrea Michelle<sup>1</sup>, Cruz Aguilar, Montserrat<sup>1</sup>, Hernández Bustos, Diana Ailed<sup>1</sup>, Ojeda Paredes, Anette Paulina<sup>1</sup>, Ramírez Rangel, Juliette Fernanda<sup>2</sup>, Villalpando Vargas, Omar<sup>1</sup>, Zapien Gómez, Jovana<sup>1</sup>, Vázquez Núñez, Édgar<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica; División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: am.aguilera@ugto.mx; m.cruzaguilar@ugto.mx; da.hernandezbustos@ugto.mx; ap.ojedaparedes@ugto.mx; o.villalpandovargas@ugto.mx; j.zapiengomez@ugto.mx; edgar.vazquez@ugto.mx

<sup>2</sup>Bachillerato Bivalente, Escuela de Nivel Medio Superior Centro Histórico León, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: jf.ramirez.rangel@ugto.mx

### Resumen

En el presente trabajo se realizó una estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos trimestral para los años 2019 y 2020, utilizando un modelo de dispersión gaussiano, empleando distintas variables y datos obtenidos de diferentes referencias. El punto fijo causal de las emisiones se tomó en la ciudad de Salamanca, Guanajuato, de manera que se estimaron las posibles áreas de afectación y las consecuencias de los contaminantes atmosféricos para la salud humana y sus efectos negativos al medio ambiente. Para desarrollar la estimación se elaboró un programa y con ayuda de un software llamado WRPLOT se lograron visualizar las direcciones predominantes del viento, para así poder determinar las áreas con mayor afectación. Los resultados arrojaron que los trimestres estudiados fueron esencialmente iguales, alcanzando su valor máximo entre los 5 y 7 kilómetros de distancia radial, tomando como base el centro de nuestra fuente antropogénica fija.

**Palabras clave:** Modelo de dispersión gaussiano, contaminantes atmosféricos, origen antropogénico, software, emisiones.

### Abstract

In the present work, an estimation of the quarterly air pollutant dispersion was performed for the years 2019 and 2020, using a Gaussian dispersion model utilizing different variables and data obtained from different references. The causal fixed point of the emissions was chosen in the city of Salamanca, Guanajuato, for being possible to identify the affected areas and the consequences of atmospheric pollutants for human health and their negative effects on the environment.

To engage the estimation, a program was developed and with the help of a software called WRPLOT it was possible to visualize the predominant wind directions, in order to determine the areas with the greatest impact. The results showed that the studied quarters were essentially the same, reaching their maximum value between 5 and 7 kilometers of radial distance, based on the center of our fixed anthropogenic source.

### Introducción

Una refinería de petróleo es una plataforma industrial que contempla diversos tratamientos para convertir al petróleo en diferentes productos que pueden comercializarse como combustibles, aceites y productos petroquímicos. Desde que inició la industria de refinación a nivel mundial se han ido modificando sus estructuras de producción y la tendencia actual de la refinación es orientar la producción hacia

combustibles para el transporte, principalmente. También estos se han modificado en años recientes con el propósito de reducir su impacto ambiental a la par que se introducen mejoras continuas para reducir emisiones [1].

A partir de la segunda mitad del siglo XX Salamanca, Gto. tuvo un importante desarrollo industrial con la instalación de la Refinería Ing. Antonio M. Amor (RIAMA). Los principales sectores industriales son de generación de energía eléctrica, refinación de petróleo, petroquímica, química y de alimentos. Siendo la generación de energía eléctrica y la refinación de petróleo las principales actividades industriales, las cuales inciden directamente sobre las condiciones de la calidad de aire en la zona [2].

La ciudad de Salamanca en el Estado de Guanajuato, históricamente ha sufrido por problemas de calidad del aire, los cuales han sido relacionados con ciertos contaminantes, de las propiedades físicas y químicas de sus componentes, la frecuencia, duración de exposición las actividades del sector industrial [3]. Los contaminantes del aire poseen distinto potencial para producir daños sobre la salud humana dependiendo del y su concentración, entre otros factores.

Para determinar la dispersión de los contaminantes del aire se empleó un modelo dispersión gaussiano, el cual depende de diversos datos meteorológicos y del centro emisor. El modelo de dispersión gaussiano considera que el penacho de contaminantes emitido por una chimenea sigue una distribución gaussiana perpendicular al movimiento convectivo principal. La ecuación de difusión gaussiana relaciona los niveles de inmisión en un punto con la cantidad de contaminantes vertidos a la atmósfera desde el foco emisor, teniendo en cuenta las condiciones de emisión de los gases y las características climáticas y topográficas del medio receptor. Se considera que el viento, la humedad, la temperatura y las precipitaciones tienen un papel importante en el aumento o disminución de la contaminación [4].

## Materiales y métodos

La estimación de la distribución de contaminantes se ejecutó de la siguiente manera:

- Adquisición de datos meteorológicos: Los datos empleados i.e. Temperatura ambiente, velocidad del viento a la altura de diez metros sobre la superficie, dirección del viento, radiación solar, presión atmosférica, porción de nubes en el cielo, se recuperaron de las siguientes fuentes:  
\* Visualcrossing [5] y, \* POWER Data Access Viewer [6].
- Suposición de datos del centro emisor: Los datos utilizados i.e. Temperatura de descarga de contaminantes atmosféricos, altura de las chimeneas empleadas, diámetro de la boca de salida de la chimeneas empleadas, velocidad de salida de los contaminantes atmosféricos, se recuperaron de: Rojo Ala (2020) [7].
- Implementación del modelo gaussiano: Para implementar el método de dispersión gaussiano, se creó un programa utilizando la IDE CLion, empleando el lenguaje de programación C++.
- Análisis de las zonas más afectadas por los contaminantes, tomando en consideración de un alcance de radio de 50 km.

Ecuaciones y Tablas:

Los datos de estabilidad atmosférica se recuperaron de la tabla de estabilidad de Pasquill, recuperados de D. O. Edokpa (2017) [8]

Donde:

$$u_2 = u_1 \left( \frac{z_2}{z_1} \right)^p$$

$u_2$  = Velocidad del viento a la altura efectiva (m/s).

$u_1$  = Velocidad del viento a la altura de 10 metros (m/s).

Ecuación 1.

$z_2$  = Altura efectiva (m)

$$\Delta H = \frac{v_s d}{u_z} \left[ 1.5 + \left( 2.68 \times 10^{-2} (P) \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right) d \right) \right]$$

Ecuación 2.

Donde:

$\Delta H$  = Altura de alcance de los gases al salir de la chimenea (m)

$v_s$  = velocidad de salida de los gases (m/s)

$$H = h + \Delta H$$

Ecuación 3.

Donde:

H = Altura efectiva de la chimenea (m).

$$X = \left[ \frac{E}{\pi \sigma_y \sigma_z} \right] \left[ e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{y}{\sigma_y} \right)^2} \right] \left[ e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{H}{\sigma_z} \right)^2} \right]$$

Ecuación 4.

Donde:

X = Concentración del contaminante (g/m<sup>3</sup>).

E = Gasto de la emisión del contaminante (g/s).

$\sigma_y$  y  $\sigma_z$  = Coeficientes de dispersión de turbulencia, del eje y, z dependientes de la estabilidad de

Se determinó el perfil de los contaminantes para el centro generador de humos para los años 2019 y 2020, se tomaron los valores de concentración de contaminante promedio por trimestre. De mismo modo, las direcciones del viento se eligieron con base a la predominancia de la dirección del viento para cada estación de los años estudiados utilizando el software WRPLOT view. Los valores de la estabilidad de Pasquill (Edokpa & Nwagbara, 2017), se eligieron con base a la velocidad del viento, radiación solar y la porción de nubes en el cielo.

## Objetivo y Alcance

Los objetivos planteados para este trabajo fueron:

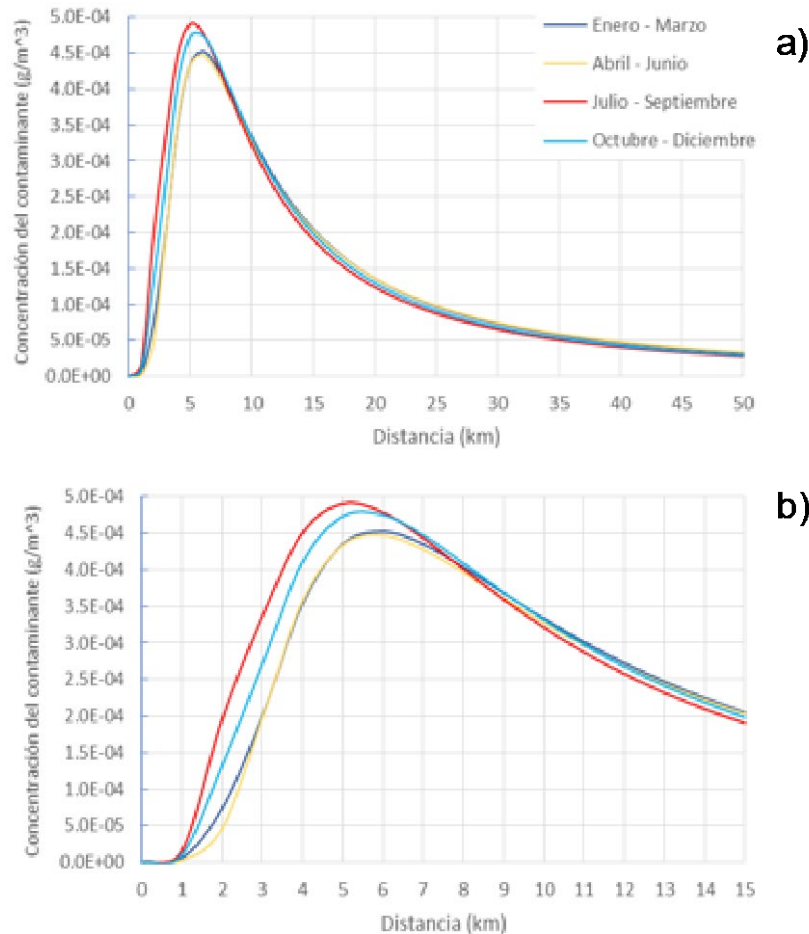
Determinar el patrón de dispersión de contaminantes atmosféricos y estimar los diversos compuestos contaminantes presentes en las emisiones generados por el centro de generación elegido, e identificar la población donde haya mayor exposición a los contaminantes atmosféricos producidos por el centro generador en la ciudad de Salamanca, para evaluar los posibles daños a la salud humana y los efectos negativos en los cultivos en las zonas agrícolas alrededores.

El estudio se hizo para 2 años: a partir del 1 de enero de 2019, hasta el 31 de diciembre de 2020, tomando en consideración que los datos para la incorporación al modelo fueron hechos en función de suposiciones técnicas en la literatura.

## Desarrollo

Para los años 2019 y 2020 se realizó una estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos, empleando el modelo de dispersión Gaussiano. Se utilizó un promedio diario para identificar su comportamiento en los diferentes trimestres (Enero a Marzo, Abril a Junio, Julio a Septiembre y por ultimo de Octubre a Diciembre), asimismo se estimó la dirección de viento predominante para cada trimestre de los años estudiados, de manera que se pudiese determinar las áreas de afectación principales dentro de la ciudad de Salamanca y municipios cercanos.

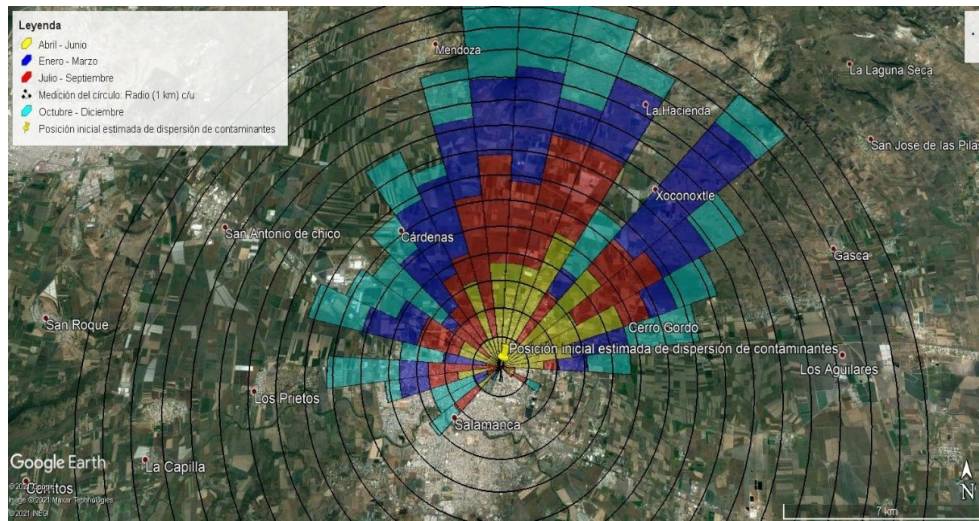
En la gráfica 1 se muestra la estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos empleando el modelo de dispersión Gaussiano para el año 2019, se muestran diferentes alcances desde la fuente de emisión fija para analizar diferentes escenarios discutidos posteriormente.



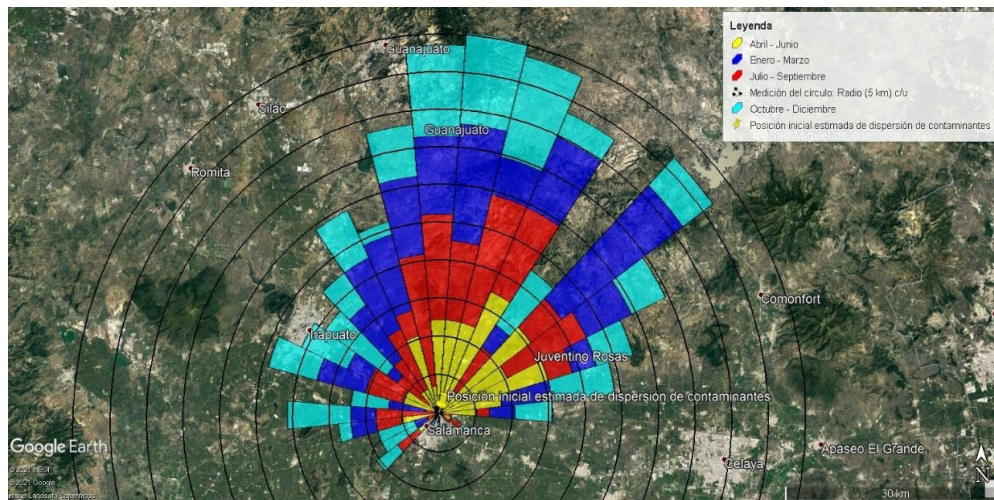
Gráfica 1: Perfil de distribución de contaminantes en 2019, para a) Escala de 0 a 50 kilómetros. b) Escala de 0 a 15 kilómetros.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para probar de manera estadística qué las cuatro medias muestrales, es decir, los cuatro trimestres, son iguales, denominada  $H_0$ , frente a la hipótesis alternativa  $H_a$  de que al menos una de las medias es diferente. En primer lugar se realizó la prueba sobre la gráfica 1, inciso a, para los 50 kilómetros de distancia, dando como resultado la aceptación de la hipótesis  $H_0$  con un nivel de certeza del 95%. De igual manera al realizar la prueba en el inciso b de la gráfica 1, al resultado aceptó la hipótesis  $H_0$  con un nivel de certeza del 95%.

A continuación se muestra la tendencia de la dirección del viento trimestralmente para el año 2019, superponiéndola a la localización del municipio Salamanca, así como la tendencia de la dirección del viento para el mismo año, superponiéndola en Salamanca y municipios cercanos.



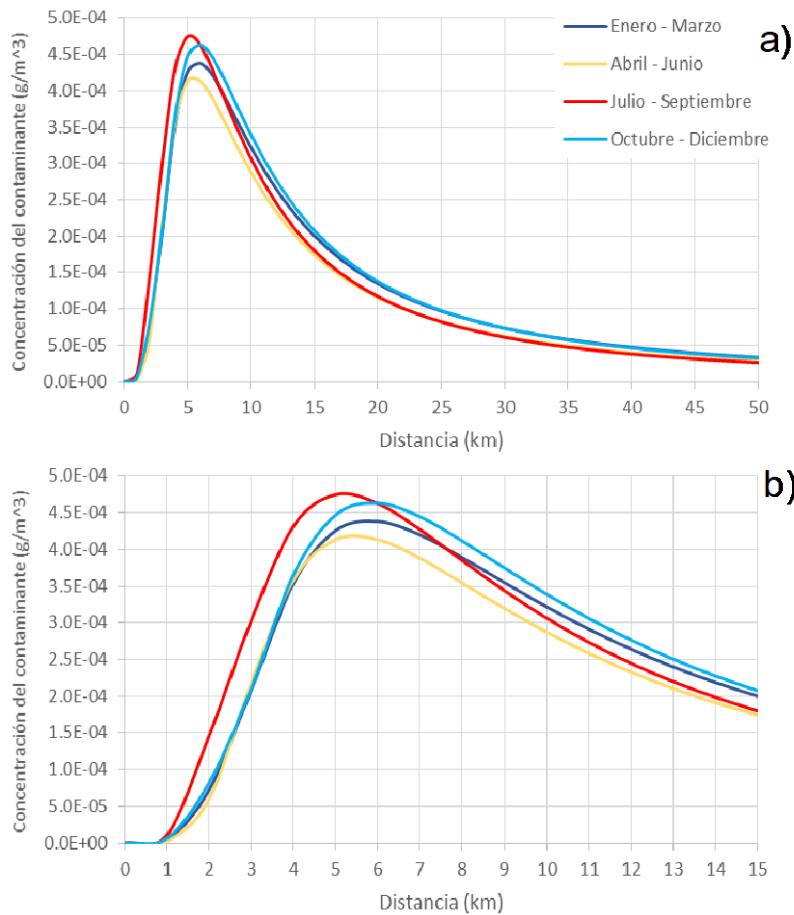
a)



b)

Figura 1: Predominancia de la dirección del viento en 2019, para a) Radio de 15 km. b) Radio de 50 km.

Repitiendo el procedimiento anteriormente descrito, se muestra en la gráfica 2 la estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos para el año 2020 contemplando las mismas consideraciones que en la gráfica 1.



Gráfica 2: Perfil de distribución de contaminantes en 2020, para a) Escala de 0 a 50 kilómetros, b) Escala de 0 a 15 kilómetros.

De igual manera se realizó el análisis de varianza (ANOVA) concluyendo en el mismo resultado de la hipótesis  $H_0$  postulada para el año de estudio 2019, que nos indica la igualdad en las medias de los cuatro trimestres con un nivel de certeza del 95% tanto para los datos recabados en los incisos a y b, de la gráfica 2.

Siguiendo el procedimiento del año de estudio 2019, se muestra la tendencia de la dirección del viento trimestralmente para el año 2020, superponiéndola a la localización del municipio Salamanca, así como la tendencia de la dirección del viento para el mismo año, superponiéndola en Salamanca y municipios cercanos.

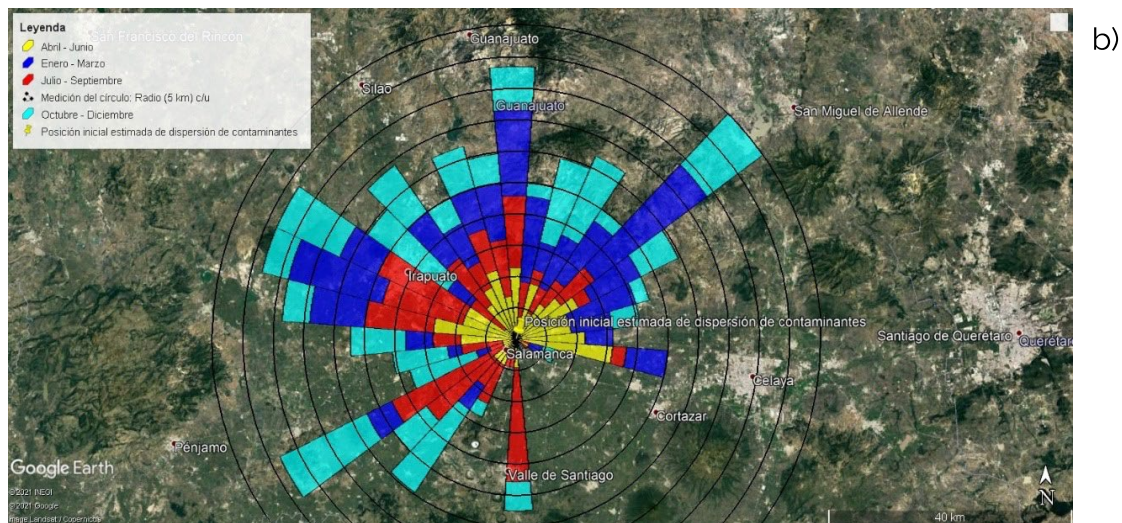
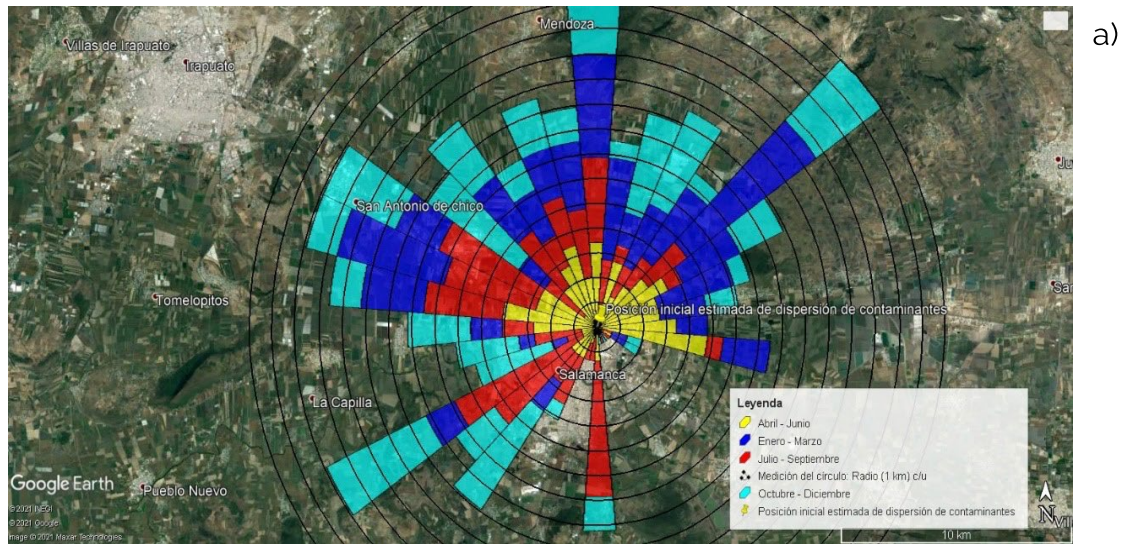


Figura 2: Predominancia de la dirección del viento en 2020, para a) Radio de 15 km, b) Radio de 50 km.

Dentro de las áreas de posibles afectaciones, resulta de suma importancia identificar la cantidad de personas que habitan en Salamanca, considerando diferentes edades y en otros municipios cercanos, con mayor predominancia en los vientos que transportan los contaminantes atmosféricos emitidos por la fuente fija. Es por ello que en base al Inventario Nacional de Viviendas del año 2016 y la Unidad de Microrregiones. Cédulas de Información Municipal (SCIM) del año 2010, se estimó la cantidad de posibles personas afectadas por estos contaminantes.

Tabla 1: Población, a) Habitantes del municipio de Salamanca diferenciado en edad y discapacidad, b) Habitantes de municipios cercanos a Salamanca con mayor posibilidad de ser afectados por los contaminantes.

a)		b)	
Población	Total	Población	Total
De 0 a 14 años	52411	Irapuato	529,440
De 15 a 29 años	50578	Valle de Santiago	141,058
De 30 a 59 años	72888	Celaya	468,469
De 60 y más años	17604	Silao de la Victoria	173,024
Con discapacidad	4897	Guanajuato	171,709
		San Miguel de Allende	69,811

## Resultados y discusión

Observando las gráficas 1 y 2, inciso b, se aprecia un aumento en los trimestres de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, Octubre, Noviembre, con un valor máximo en 5 km para el año 2019 y entre 5 y 6 km para el 2020. De estos resultados podemos inferir que, los valores máximos se dan en estos trimestres por razones meteorológicas, ya sean velocidad del viento, cantidad de nubes, radiación solar, etc. Además que la cantidad mayor de contaminantes está dada aproximadamente alrededor de los 5 y 6 km a partir del punto de emisión. Estos puntos como se observa en las figuras 1 y 2, inciso a, se ubican principalmente en las afueras de la ciudad de Salamanca.

Los vientos predominantes se ven fuertemente dirigidos hacia el norte, aunque si bien existen algunas diferencias entre los años estudiados, nos percatamos que, los vientos predominan hacia el norte y noreste, principalmente en los trimestres de Abril – Junio y Julio – Septiembre, mientras que en los trimestres de Enero – Marzo y Octubre – Diciembre, predominan más hacia el norte y tanto al noreste como el noroeste (Fig.1). En la figura 2, los vientos predominan igualmente al norte, pero también hacia el noreste, noroeste y más importante aún, vemos una predominancia significativa hacia el suroeste. Estos cambios se pueden dar por ciclones o demás fenómenos naturales que no serán discutidos en el presente reporte. Las direcciones predominantes del viento transportan los contaminantes atmosféricos, estos contaminantes afectan a la salud de diversas formas dependiendo sus compuestos químicos y físicos. Los contaminantes se dispersan por varios kilómetros antes de ser considerados despreciables para la salud y el medio ambiente, es por ello que se investigaron los municipios cercanos a la ciudad de Salamanca, origen de nuestra fuente antropogénica fija, los municipios listados en la tabla 1, inciso b, pueden padecer de los efectos de los contaminantes atmosféricos. Se omitieron algunas ciudades como los son: Santiago de Querétaro por la distancia de al menos 70 km que se encuentra de la fuente de contaminación así como la predominancia de las direcciones de los vientos no es tan prominente en esa dirección, de igual manera no se consideró León por su distancia, aunque la predominancia de la dirección de vientos si es preocupante.

Se consideró los contaminantes: Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), Monóxido de carbono (CO), Nitratos ( $\text{N}_2\text{O}$ , NO,  $\text{NO}_2$ ), Partículas ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ), Sulfatos. Recuperado de: Departamento de medio ambiente y ordenación del territorio [10]. Estos contaminantes tienen un fuerte impacto tanto en la salud humana como en diversos animales, Recuperados de: U.S. Environmental Protection Agency (EPA) [11]. Entre ellos se encuentran:

- Monóxido de carbono (CO): Al respirar aire con altas concentraciones de monóxido de carbono, se reduce la cantidad de transporte de oxígeno en la sangre, hacia los torrentes sanguíneos que se dirigen hacia órganos, como lo es el corazón y el cerebro, con posibles consecuencias en dificultad para respirar o en problemas más graves en presencia de concentraciones más altas.



- Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ): “La acumulación de dióxido de nitrógeno en el cuerpo humano está relacionada con afecciones del tracto laríngeo-traqueo-bronquial, así como con la disminución de la resistencia a infecciones. Al igual que el monóxido de carbono, disminuye la capacidad respiratoria”. [2]
- Sulfatos ( $\text{SO}_x$ ): Los óxidos de azufre penetran en los pulmones y se convierten en un agente irritante del tracto respiratorio inferior cuando se absorben en la superficie de las partículas respirables, mismas que se inhalan o disuelven en las gotas de agua que penetran por las mismas vías. El ácido sulfúrico, el dióxido de azufre y las sales de sulfato son irritantes de las membranas mucosas del tracto respiratorio; incluso llegan a ocasionar enfermedades crónicas del sistema respiratorio como bronquitis y enfisema pulmonar.
- Partículas: Las partículas menores a 10 micrómetros de diámetro pueden pasar a los pulmones, ocasionando problemas de salud, últimamente se da más importancia a las partículas menores a 2.5 micrómetros, debido a su mayor riesgo para la salud. Los efectos ocasionados a largo plazo siguen siendo tema de discusión. En los infantes la exposición a partículas se ha asociado con un incremento en la frecuencia de síntomas respiratorios como tos, dificultad para respirar y dolor en el pecho, disminución del Volumen Expiratorio Forzado en el primer segundo (VEF1), la Capacidad Vital Forzada (CVF) y la relación VEF1/CVF así como de infecciones respiratorias y enfermedades respiratorias pulmonares. [2]

De manera genérica se establece que la capacidad de un contaminante para producir un efecto en la salud depende fundamentalmente de dos factores: la magnitud de la exposición y la vulnerabilidad de las personas expuestas. La magnitud de la exposición está en función de la concentración del contaminante en la atmósfera, de la duración de la exposición y de su frecuencia. La vulnerabilidad de las personas expuestas es significativamente diferente debido a que algunos grupos de población son más sensibles o vulnerables que otros a la contaminación del aire, esto obedece a factores intrínsecos, como la genética, etnia, género y edad; y a factores adquiridos como las condiciones médicas, acceso a los servicios de salud y nutrición. [2]

La población más vulnerable de la ciudad de Salamanca, en base a los datos recabados en la tabla 1 inciso a, son los menores a 14 años y mayores a 60 años, estos grupos suman una cantidad de 70015 personas, más del 35% de la población de Salamanca, es por esto que se considera un tema de gran interés en el área de la salud pública.

Por otra parte, los humanos no somos los únicos afectados por estos contaminantes, también la fauna y la flora de la región se ven afectados, afectando actividades económicas como la agricultura y ganadería, además de causar un impacto ambiental. “Los efectos producidos en la vegetación por la contaminación atmosférica debido a la acción de gases como sulfatos ( $\text{SO}_x$ ), nitratos ( $\text{NO}_x$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), y partículas suspendidas totales (PST) se pueden manifestar en la disminución y alteración de las funciones metabólicas como la fotosíntesis, respiración y por lo tanto en el desarrollo y crecimiento [12].

## Conclusiones

La estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos depende de diversos valores tanto meteorológicos como valores constantes del punto emisor. Al realizar estas estimaciones nos percatamos que las variables influyen de manera significativa en la dispersión de contaminantes atmosféricos, en gran medida por la estabilidad de Pasquill del sistema, es por ello que se desarrolló un programa que realiza los cálculos de manera automática, reduciendo los posibles errores al promediar las variables meteorológicas, de forma que, como se comprobó en el desarrollo utilizando el análisis de varianza, resultó ser más seguro.

Las zonas más afectadas, tomando en cuenta un radio de 50 kilómetros alrededor de la fuente de contaminante elegida, en base a las direcciones predominantes del viento son principalmente Irapuato, Valle de Santiago y Salamanca. Sin embargo la dirección del viento no indica una ausencia de contaminantes atmosféricos en las zonas donde no predomine, no se omite que toda la población de Salamanca y alrededores está expuesta a estos contaminantes. Los mayores problemas de salud se ocasionarán en la vía respiratoria, además, los contaminantes dispersos afectan a las plantas y cultivos debido a la alta sensibilidad de las plantas.

## Agradecimientos

Se agradece a la Coordinación de Veranos de Investigación de la Universidad de Guanajuato por el apoyo económico otorgado.

## Referencias

- [1] Vargas, Rosío. (2019). Aspectos internacionales de la industria de la refinación. *Economía UNAM*, 16(48), 168-190. Epub 09 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2019.48.495>
- [2] Instituto de Ecología del Estado. (2007). Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca. 6 de julio del 2021, de Gobierno del Estado Sitio web: [http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/proaire/6\\_ProAire%20Salamanca%202007-2012.pdf](http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/proaire/6_ProAire%20Salamanca%202007-2012.pdf)
- [3] Espinosa, M., Ortíz, A., García, D. (2016). Evolución del comportamiento de las concentraciones de contaminantes atmosféricos en un sitio en Salamanca, Guanajuato. julio 07, 2021, de INECC Sitio web: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250911/ReporteSalamancaAO\\_lab\\_movil.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250911/ReporteSalamancaAO_lab_movil.pdf)
- [4] María E Manzur, Graciela Benzal, Silvia N González. (2012). MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS. 06/07/2021, de VII Congreso de Medio Ambiente /AUGM Sitio web: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26838/Documento\\_completo.pdf?sequence=1#:~:text=El%20modelo%20de%20dispersi%C3%B3n%20gausiano%20considera%20que%20el%20penacho%20de,perpendicular%20al%20movimiento%20convectivo%20principal.](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26838/Documento_completo.pdf?sequence=1#:~:text=El%20modelo%20de%20dispersi%C3%B3n%20gausiano%20considera%20que%20el%20penacho%20de,perpendicular%20al%20movimiento%20convectivo%20principal.)
- [5] Weather Data Services | Visual Crossing. (2021). Retrieved July 20, 2021, from Visualcrossing.com website: <https://www.visualcrossing.com/weather/weather-data-services#/login>
- [6] Stackhouse, P. (2021). NASA POWER | Data Access Viewer. Retrieved July 20, 2021, from Nasa.gov website: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>
- [7] Rojo, L. C. (2020, noviembre). MODELAMIENTO DE LAS EMISIONES GASEOSAS PROVENIENTES DELSECTOR INDUSTRIAL. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1528/TB-Rojo%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] Edokpa, D. O., & Nwagbara, M. O. (2017). Atmospheric Stability Pattern over Port Harcourt, Nigeria. *Journal of Atmospheric Pollution*, 5(1), 9-17. <https://doi.org/10.12691/jap-5-1-2>
- [9] Barba, S., Cedeño, R., Domínguez, J., & Cedeño, C. A. Análisis de la concentración contaminante para distintas clases de estabilidad según Pasquill-Gifford aplicado a una fuente industrial fija de emisión de NOx.
- [10] Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (2007, abril). Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire (N.o 18). [https://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es\\_guia/adjuntos/refino\\_petroleo.pdf](https://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es_guia/adjuntos/refino_petroleo.pdf)
- [11] United States Environmental Protection Agency. (s. f.). Air Topics | US EPA. [www.epa.gov](http://www.epa.gov). Recuperado 20 de julio de 2021, de <https://www.epa.gov/environmental-topics/air-topics>
- [12] Sánchez, C. P. (2017, junio). EFECTO DE LA CONTAMINACION ATMOSFÉRICA SOBRE LA SÍNTESIS DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE FLORA URBANA EN LA CIUDAD DE DURANGO, MÉXICO. [www.repositoriodigital.ipn.mx](http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/24056). <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/24056>