

Emisiones de fuentes fijas no reguladas, caso Tenosique, Tabasco, México

Evelin del Carmen Jiménez-López¹, Gaspar López-Ocaña^{2,*}, Carlos Alberto Torres-Balcázar², David Guerrero-Zarate², Roberto Rodríguez-Bastarmérito², Rudy Solís-Silván³

¹ DGETI- CBTis No 163 Clave 27DCT0004K, Villahermosa, Tabasco, México.

² Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.

³ Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco. Comalcalco, Tabasco, México.

* Autor de correspondencia: ocanag17@hotmail.com; Tel.: 5299319332824

Artículo de divulgación científica

Recibido: 21 de octubre de 2024

Aceptado: 1 de diciembre de 2024

Publicado: 5 de diciembre de 2024

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.266>

Resumen: En México microempresas como asadoras, panaderías y tortillerías no regulan su descarga de gases de combustión. En Tenosique, Tabasco, las fuentes de emisión estudiadas fueron 16 asadoras, 33 tortillerías y 11 panaderías. En estas fuentes se midieron los gases de combustión (equipo Testo 350 MI) y se estimaron las grasas y PM10 emitidas. Las emisiones dependen del tipo de combustible, la carne (contenido de grasa), la temperatura de la flama y el horario de operación. Los combustibles utilizados son la leña-carbón (tinto, cocohite) (7800 kg/semana) y gas LP (3360 kg/semana). Las asadoras emiten desde 71 a 179 kg/día de PM10, de 0.4 a 1.0 ton/año de grasas, CO de 93 a 584 mg/m³; NO_x de 1 a 9 mg/m³ y SO₂ de 3 a 5 mg/m³. Las panaderías con hornos artesanales emiten gases superiores a las pollerías, las tortillerías tienen descargas más bajas, rebasando los límites ambientales seguros para CO (26 ppm en 1 hora de exposición y de 9 ppm para 8 horas) para la población. La emisión del tiradero a cielo abierto se estimó en 16 kg de gases de combustión por kg de RSU quemado y este recibe 63.3 ton/día de RSU.

Palabras clave: Gases de combustión, asadoras, panaderías, tortillerías, fuentes fijas.

Introducción

Existen diferentes fuentes de emisión de gases contaminantes a la atmósfera, dentro de estos se encuentran los de fuentes puntuales, fuentes móviles, fuentes de área y las naturales (SEMARNAT, 2018). Las fuentes de área o fijas son todas aquellas instalaciones ubicadas en una poligonal cerrada que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, o de servicios o actividades; mientras que las fuentes móviles están formadas por los vehículos particulares y los del servicio público. En México el INECC (2021), reportó que se generan 736.63 millones de toneladas de CO₂e (dióxido de carbono equivalente), que representa la suma de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), óxidos nitrosos (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), trifluoruro de nitrógeno (NF₃) y hexafluoruro de azufre (SF₆), multiplicados por su potencial de calentamiento global. De acuerdo con este estudio realizado cada 4 años las emisiones provienen de los sectores 1. Energía (64%), 2. Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés) (10%), 3. Agricultura, Silvicultura y otros usos de la Tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) (19%) y 4. Residuos (7%), datos correspondientes de INEGYCEI, (1990-2019) citado en SEMARNAT-INEC, (2022).

En áreas urbanas y suburbanas las pequeñas industrias, no están normadas en cuanto a las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y generalmente son las de giro alimenticio donde sólo se encuentran reguladas en higiene y sanidad de los productos por la Secretaría de Salud Pública (NOM-251-SSA1-2009). Para los municipios es prioridad regular sobre este giro comercial por las afectaciones que se dan como por ejemplo las emisiones de partículas suspendidas que afectan bienes inmuebles y aquellas que afectan la salud como las PM10 y PM2.5 (NOM-025-SSA1-2021), las cuales no son monitoreadas o reguladas por falta de normatividad e infraestructura con personal técnico para su determinación. Del mismo modo es preocupante atender la generación de contaminantes primarios (SEMARNAT, 2018), que provienen directamente de estas fuentes de emisión como el monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO₂), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HCB's) y material particulado, siendo el más preocupante el CO por su toxicidad, pues la NOM-021-SSA1-2021, establece como protección a la población una exposición de 26 ppm a 1 hora y de 9 ppm para 8 horas. En el sureste de México todavía no es preocupante la exposición a contaminantes secundarios, originados por la interacción entre dos o más contaminantes primarios o por sus reacciones con otros componentes de la atmósfera (ozono, peroxiacetil-nitrato,

ácido sulfúrico), pues existe poca actividad industrial y no se presentan condiciones favorables para la creación de estos.

En Villahermosa, Tabasco, México, Hoil (2004), realizó un monitoreo e inventario de fuentes fijas de jurisdicción municipal, que son las asadoras de pollos, encontrándose que las descargas de los gases de combustión de las asadoras de pollo oscilan en un rango de 700 a 900 ppm de CO y las descargas de NO_x y SO₂ no rebasan los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la de referencia NOM-085-SEMARNAT-1994, ya que la descarga máxima establecida para NO_x es de 375 mg/m³ y de 2200 mg/m³ para el SO₂.

Para la ciudad de Tenosique, Tabasco, se realizó un diagnóstico de la generación y el impacto de los gases de combustión producidos en procesos comerciales como el asado de pollo, panaderías, tortillerías y tiradero a cielo abierto, ya que estas fuentes no son reguladas o normadas en cuanto a las emisiones de gases y partículas contaminantes, desconociéndose así el daño potencial a la calidad del aire que ocasiona en la ciudad y con ello sentar las bases para iniciar una regulación ambiental que garantice que no se rebasen límites peligrosos de CO en las áreas circundantes a la fuentes de emisión.

Desarrollo

Censo de Fuentes Fijas no Reguladas

El inventario de emisiones fue realizado Tenosique Tabasco, cuantificando los establecimientos registrados durante el período de estudio, sin considerar cadenas comerciales. Se realizaron recorridos por la ciudad, se contabilizó y ubicaron los establecimientos. Durante este periodo se encontraron en operación 11 panaderías, 16 pollerías y 33 tortillerías, de la información recopilada se obtuvo información sobre el tipo de combustible y consumo, venta diaria, horas de operación, información proporcionada voluntariamente por establecimientos. Sólo existe un tiradero a cielo abierto en la comunidad de Rancho Grande.

Toma de Muestras

Para la toma de muestras de gases de combustión se realizó una perforación por una de las caras de la chimenea de media pulgada de diámetro a una altura de tres metros para colocar la sonda del equipo marca TESTO modelo 350 MI XL del fabricante Testo SE & Co. KGaA (Manual TESTO, 2024). Las muestras se tomaron a intervalos de 20 minutos, con duración de medio minuto c/u; los muestreos se realizaron de 8:00 a 9:50 h y de 12:00 a 12:50 h. En cada establecimiento se realizaron muestreos durante un día. El equipo TESTO 350 MI XL determina CO, NO, NO_x, SO₂, temperatura de gas, temperatura ambiente y la eficiencia de combustión. La velocidad fue determinada por el equipo y flujo de los gases se comparó con el método sección velocidad (velocidad promedio y área de flujo conocida). Se muestrearon cinco establecimientos por giro.

Estimación de PM10 y Grasas

Para el cálculo de las partículas menores a 10 micras se utilizaron los criterios citados por Hoil (2004), para el cual se planteó la siguiente ecuación.

$$PM10 \text{ generadas (g/día)} = (\text{No. de pollos}) (\text{Kg promedio de pollos}) 10.4 \text{ (g/kg)} \quad (1)$$

Donde: PM10=Partículas menores de 10 micras; 10.4 (g/kg.) = Factor de referencia de emisión para la carne asada. Para las grasas se toman los valores determinados en laboratorio, tomando como materia prima de los asadores de la Ciudad de Tenosique que provienen de la granja Bachoco y Campi.

$$\text{Grasas volátil } \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right) = \left(\frac{\text{No. de pollos}}{\text{día}}\right) \left(\frac{\text{kg pollos}}{\text{No. pollos}}\right) (0.00016 \frac{\text{kg grasa}}{\text{kg pollos}}) \quad (2)$$

Tasas de consumo de productos

Para determinar las tasas de consumo de alimentos fue necesario conocer la población de Tenosique consultado censos municipales y del INEGI, la cantidad de pollos que se abastecen por el frigorífico. La población se proyectó por métodos tradicionales (Malthus y el aritmético) (López et al. 2008), utilizando los datos históricos oficiales del número de habitantes.

Composición elemental y poder calorífico de carbón y RSU

Se determinaron los componentes elementales como carbono (C, NMX-AA-172-SCFI-2016), hidrógeno (H, NMX-AA-068-1986, NMX-AA-021-1985), oxígeno (O, NMX-AA-080-1986, NMX-AA-021-1985), nitrógeno (N, NMX-AA-24-1984), azufre (S, NMX-AA-92-1984), cenizas (Cs, NMX-AA-18-1984) y humedad (Hu, NMX-AA-016-1984) tanto para residuos sólidos municipales y para la leña. Posteriormente se analizó el contenido energético mediante la ecuación de Dulong modificada (Tchobanoglous et al. 1994).

$$\frac{BTU}{Lb} = 145(C) + 610 \left(H_2 - \frac{1}{8} O_2 \right) + 40(S) + 10(N) \quad (3)$$

Donde: C, H, O, N y S= Componentes elementales (porcentaje en peso, %). 145= Constante para la determinación del contenido energético del C. 610= Constante para la determinación del contenido energético del H. 40= Constante para la determinación del contenido energético en el S. 10= Constante para la determinación del contenido energético con el N. 1/8= Es la constante que divide al O y se resta del H para justificar la cantidad de hidrógeno que reacciona con el O presente y que no contribuye al contenido energético del residuo.

Gases de combustión en el Tiradero a Cielo Abierto

Para el inventario de gases dentro del tiradero a cielo abierto, se tomaron datos de cuantificación de productos y subproductos realizados en Tabasco, del mismo modo a partir de la composición elemental de los RSU, se estimaron los gases por combustión estequiométrica y por combustión con exceso de aire (200 %) como se indica en el método de pesos (López, 2017).

Distribución de gases en la ciudad (mapas de isoconcentración)

Para realizar los mapas de la distribución de los contaminantes en la ciudad de Villahermosa, se utilizó el programa Google Earth Pro (© 2024 Google LLC) y software Surfer 8. Para esto se utilizaron las coordenadas de cada establecimiento y junto con la emisión de contaminante obtenida, se elaboró una base de datos para ingresarlas al software y elaborar los mapas para así conocer la distribución a nivel piso de la Isoconcentración de los contaminantes por tipo de gas de combustión (CO, NO y SO₂).

Inventario de fuentes y tasas de consumo per cápita

En Tenosique los establecimientos operan 12 horas diarias, en la ciudad hay 11 panaderías, 16 pollerías y 33 tortillerías. El consumo total de leña-carbón (tinto o cocohite) por los establecimientos es de 7.8 Ton/semana (12 pollerías y 5 panaderías) y 3.36 Ton/semana de gas (6 panaderías, 4 pollerías y 33 tortillerías). La población tiene un consumo de pan de 0.15 kg/hab/día, de tortilla y de pollo 0.5 kg/hab/día respectivamente. Tomando en cuenta las tasas anteriores, el consumo máximo estimado de tortilla y de pollo se encuentra en la colonia Belén con 645 ton/año y de pan 194 ton/año. La colonia Guadalupe Tepeyac presenta el mínimo consumo de tortilla y de pollo con 15 ton/año y 4 ton/año de pan (Tabla 1).

Gases de combustión de las fuentes

En la Tabla 2 se presentan los promedios (±DE) de las mediciones realizadas a los establecimientos monitoreados. El flujo volumétrico promedio de las descargas es de 4147.2 m³/día, la chimenea tipo tiene un área de 0.16 m² con velocidad de 0.6 m/s. Las pollerías están fuera del LMP de CO (63 mg/m³) de la norma de referencia NOM-098-

SEMARNAT-2002 (no hay normatividad aplicable), los NO_x y SO₂ están debajo del LMP (300 y 80 mg/m³ respectivamente). En las panaderías el CO esta sobre el LMP, el NO y SO₂ por debajo del LMP. Las tortillerías están cercanas al LMP de CO, los NO y SO₂ están por debajo del LMP.

Tabla 1. Consumo de productos básicos en colonias de la ciudad de Tenosique, Tabasco.

Colonias	Población	Tortilla (kg/día)	Pan (kg/día)	Pollo (kg/día)
Pueblo Unido	972	486	146	486
Chivo Negro	1600	800	240	800
Héroe de Nacoziari	1200	600	180	600
Trinchera	1920	960	288	960
Maquinaria	720	360	108	360
Lázaro Cárdenas	568	284	85	284
Luis Gómez Zepeda	1748	874	262	874
Municipal	2432	1216	365	1216
Carlos Salinas de G.	2172	1086	326	1086
Ingenio	568	284	85	284
Fracc. José María Pino Suárez	1200	600	180	600
Estación	600	300	90	300
San Román	1600	800	240	800
Fracc. María Luisa	780	390	117	390
Belén	3536	1768	530	1768
UJAT	400	200	60	200
Magisterial	1600	800	240	800
Obrera	2400	1200	360	1200
Santa Bárbara	520	260	78	260
Jardines de Usumacinta	640	320	96	320
San Juan	2400	1200	360	1200
Luis Donald Colosio M	3200	1600	480	1600
Guadalupe Tepeyac	80	40	12	40
Nueva Lázaro Cárdenas	320	160	48	160
Brisas del Usumacinta	1312	656	197	656
Totales	34 488	17244	5173	17244

Tabla 2. Concentración promedio de las emisiones por tipo de establecimiento (N=10).

Pollerías	Panaderías		Tortillerías		Tortillerías	
	x	DE	x	DE	x	DE
O ₂ (%)	12.7	0.8	10.4	0.9	16.8	0.4
CO (ppm)	756.1	624.3	2732.0	1277.7	83.8	17.1
CO ₂ %	2.5	1.3				
NO (ppm)	11.7	4.0	3.0	1.0	1.4	0.5
NO _x (ppm)	12.5	4.0	1.8	0.8	0.4	0.5
SO ₂ (ppm)	5.9	1.4	6.3	1.4	2.4	0.3
Temp-gas (°C)	179.3	15.0	121.8	41.9	95.2	4.3
Efic. Comb. (%)	65.2	10.9	40.3	18.2	76.3	9.1

En la Figura 1a las pollerías muestran que el CO (Kruskal Wallis, p<0.05) tiene diferencias significativas entre los tratamientos (95% de confianza), el valor mediano más bajo de CO está en el tratamiento TF-450-500 con 315.5 ppm,

en el TF-400-450 con 511.0 ppm y el más alto esta TF 300-400 con 1636.0 ppm. En la Figura 1b los NO_x muestran diferencia estadística con un valor mediano de 13 ppm en TF-450-500 y TF-400-450 y de 16 ppm para TF 450-500. Los NO_x incrementan conforme aumenta la temperatura de operación. En la Figura 1c el SO_2 , (ANOVA) no hay diferencia estadística entre los tratamientos, presentando en TF 300-400 6.0 ± 0.71 ppm y TF 450-500 6.75 ± 0.95 ppm. En la figura 1d el TF 450-500 alcanza el valor más alto con 70.95 %, mientras que el más bajo esta en TF-450-500 con 49.2%.

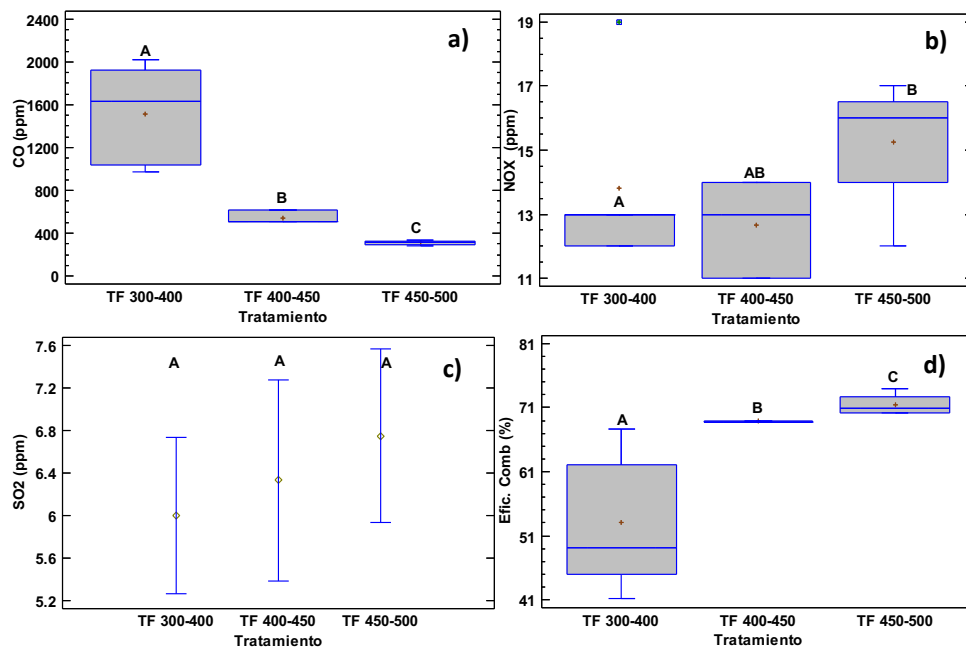


Figura 1. Las variables no paramétricas presentan mediana \pm RI (a, b y d), las paramétricas presentan promedio \pm DE (c) ($N=10$). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas con un 95% de confianza.

En la Figura 2 se presentan el CO y los NO_x de panaderías y tortillerías. En la Figura 2a el CO (95% de confianza, $p<0.05$), presenta el valor mediano más bajo en TF 300-400 con 3994.5 ± 290.621 ppm y el TF 400-450 con 1890.3 ± 752.4 ppm. En la 2b para los NO_x TF 300-400 con 1.5 ± 0.7 ppm y el TF.400-450 con 3.3 ± 1.0 ppm. En la Figura 2c el CO (95% de confianza, $p<0.05$) de tortillerías, el valor mediano más bajo se encuentra en TF 120-150 con 68 ppm y el TF 100-120 con 93 ppm. Para los NO_x de tortillerías el TF 100-120 con 2 ppm y para TF120-150 es de 0 ppm (figura 2d).

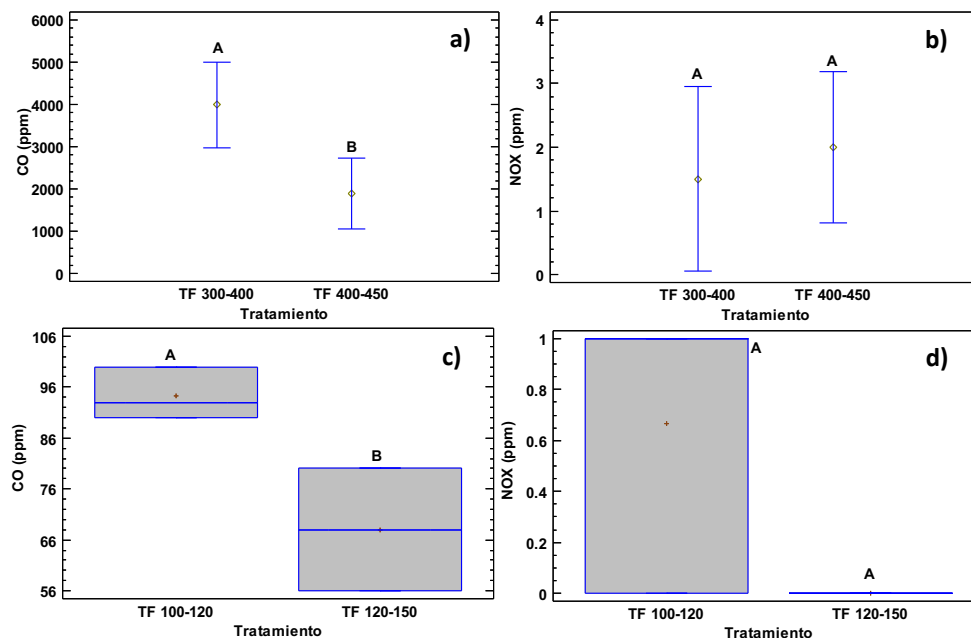


Figura 2. Valores promedio \pm DE CO y NO_x de panaderías (a y b) ($N=10$). Valores medianos \pm RI para CO y NO_x de tortillerías ($N=10$). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas con un 95% de confianza.

La Tabla 3 muestra las estimaciones de descarga a la atmósfera de estas fuentes. El CO va de 10 a 50 ton/año, para el caso del NO y SO₂ las descargas no son mayores a un ton/año. En función a los kg de producto servidos se estimó que se generan de 26 a 65 ton/año de partículas PM10 y se volatiliza la grasa contenida en el pollo en cantidades que van desde 0.4 a 1 ton/año.

Tabla 3. Descarga anual de gases de combustión en la ciudad de Tenosique, Tabasco, México.

Fuente	Estimación	CO (Ton/año)	NO (Ton/año)	SO ₂ (Ton/año)
Panadería	Promedio	20.96	0.024	0.032
	Máximo	32.52	0.038	0.059
	Mínimo	6.53	0.014	0.011
Tortillerías	Promedio	2.18	0.039	0.024
	Máximo	2.68	0.057	0.062
	Mínimo	1.40	0.027	0.000
Asadoras	Promedio	6.55	0.136	0.022
	Máximo	14.13	0.218	0.163
	Mínimo	2.26	0.022	0.000
Todas	Promedio	29.70	0.199	0.118
	Máximo	49.33	0.314	0.523
	Mínimo	10.20	0.162	0.011

Gases de combustión ideal por uso de leña

La composición elemental del cocohite-tinto (50%-50%) presenta para el carbono 47.06 ±6.2 %, el hidrógeno con 5.41 ±0.71 %, para el oxígeno 30.93 ±3.34 %, para nitrógeno 0.425 ±0.01 %, el azufre con 0.02 con ±0.00 %, las cenizas con 12.65 ±10.54 % y la humedad con 3.5 ±0.28 %. El consumo total estimado de leña-carbón en Tenosique es de 1,114.3 kg/día, lo que produciría 20,667 kg/día de gases de combustión ideal y con un 200 % el exceso de aire (EA) alcanzaría 7,337.9 ton/año de gases.

Gases de combustión ideal por quema de RSU

Un mal manejo de los RSU es que son depósitos cerca de cuerpos de agua o se queman en tiraderos (Rueda et al, 2020). En este caso se obtuvo la composición elemental del RSU y el promedio para el C es de 40.9 ±2.6 %, el H con 5.3 ±0.6 %, para el O 31.0 ±8.7 %, para N 0.5 ±0.4 %, el azufre con 0.0 con ±0.0 %, las cenizas con 14.2 ±6.0 %, y la humedad con 8.0 ±3.4 %. El contenido energético susceptible a aprovechamiento es promedio de 4,318 Kcal/kg.

Considerando un EA de modo natural equivalente al 200 %, la cantidad de gases de combustión posible a formar sería de 6 a 16.75 kg de gas por kg de RSU (lignocelulósicos) quemado. Este resultado es referencia de la cantidad de gases que pueden ser descargados a la atmósfera. Considerando que la cantidad de RSU depositados en el tiradero es de 63 ton/día (Rueda, et al. 2020 y López 2017), se pueden producir hasta 1,055.25 ton/año de gases por la quema de esos residuos.

CO distribuido por la ciudad

Finalmente, se realizó un modelado de la distribución espacial del CO sobre la localidad obteniendo las isoconcentraciones y considerando se deposita a nivel de piso son prácticamente diluidas, la calidad de aire ambiente puede ser por momentos críticos para los individuos expuestos por más de 1 hora diariamente, pues causan impactos ambientales, en los bienes materiales y en la salud pública. A continuación, en la Figura 3 se presenta la distribución del CO sobre la ciudad de Tenosique, Tabasco.

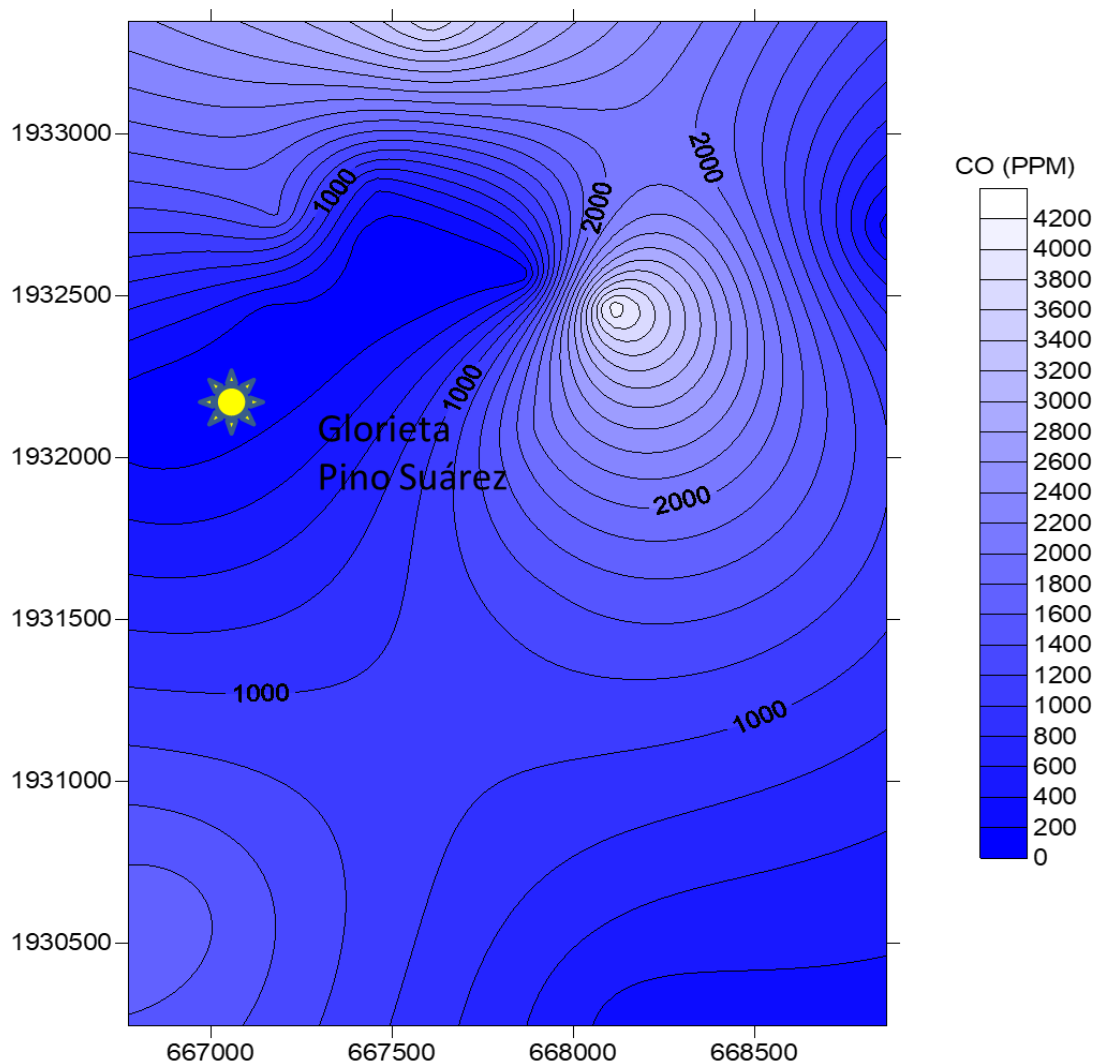


Figura 3. Distribución espacial de CO desde su emisión.

Conclusiones

En la ciudad de Tenosique Tabasco se presenta impacto ambiental en la calidad del aire por emisiones de gases de combustión, partículas y grasas en la parte norte del área estudiada, que es donde se encuentra el centro de la ciudad y zona comercial (mercados públicos). Al ser una ciudad fronteriza (conecta México con Centroamérica) presenta un consumo promedio significativo de leña (1,114.3 kg/día), gas (480 kg/día), tortilla (17,244 kg/día), pan (5,173 kg/día) y pollo (17,244 kg/día). Sólo la elaboración del pollo genera de 26 a 65 ton/año de PM₁₀ y de 0.4 a 1 ton/año de grasas. Todas las fuentes estudiadas emiten CO (10 a 50 ton/año), NO_x y SO₂ (<1 ton/año). Las pollerías y panaderías rebasan el LMP de CO de referencia (63 mg/m³), los NO_x y SO₂ están por debajo del LMP (NO con 300 y SO₂ con 80 mg/m³). Sólo una tortillería de las cinco monitoreadas se encuentra debajo del LMP de CO y los NO_x y SO₂. Aunque este estudio no es de inmisiones se observó que esta área presenta periodos de exposición a CO que rebasan los 26 ppm a 1 hora y de 9 ppm para 8 horas (NOM-021-SSA1-2021), presentando bruma la cual es dispersada por el viento a nivel de piso, afectado principalmente a las personas que laboran en el área.

Bibliografía

- Google Earth Pro. © 2024. Google LLC. Todos los derechos reservados. [Google Earth](https://www.google.com/earth/).
- Hoil Gómez, R.W. 2004. Determinación de los gases de Combustión provocados por el asado de pollo en el Municipio de Centro, Tabasco. Tesis de Maestría, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa-Tabasco. México.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2021). Inventario Nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero 1990-2019. <https://cambioclimatico.gob.mx/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos/>.

- López-Ocaña, G., Hernández Barajas, J.R., Chacón-Nava, J.G., Bautista-Margulis, R. G. (2008). La generación de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Centro, Tabasco. *Kukulcab' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT*. 14(26), 55-64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9492639>.
- López Ocaña G. (2017). *Combustión de materiales lignocelulósicos derivados de RSU. Combustión experimental en un reactor de lecho fluidizado*. Primera edición. Editorial Académica Española. 122 pág. ISBN: 978-3-8417-6512-3.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. 2018. *Fuentes de Contaminación Atmosférica*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [SEMARNAT-INEC]. (2022). México: *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/InventarioGEI_Mexico_1990_2019.pdf.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009. *Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios*. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm#:~:text=o%20suplementos%20alimenticios-,NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D251%2DSSA1%2D2009%2C%20Pr%C3%A1cticas,%2D%20Secretar%C3%ADa%20de%20Salud>.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, *Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021&print=true#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D025,la%20salud%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, *Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5634084&fecha=29/10/2021#gsc.tab=0.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, *Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición*. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4632/semarnat/semarnat.htm>.
- Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, *Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes (Continúa en la Segunda Sección)*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=664977&fecha=01/10/2004#gsc.tab=0.
- Rueda Balcazar I.R., Gómez Rodríguez A.C., García Ocaña J.A., López Ocaña G. (2020). Efectos de contaminantes en suelo por un vertedero a cielo abierto en Tabasco. *JEEOS*, 4(1), 1-18, ISSN 2448-8186. <https://doi.org/10.19136/Jeeos.a4n1.3475>.
- Surfer Versión 8.0. 2002. *Surface Mapping System*. Copyright © 1993-2002. Golden Software. Inc. www.goldensoftware.com.
- Tchobanoglous G., Theisein H, Vigil SA. 1994. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Edit. McGraw-Hill. México D.F.
- TESTO. (2024). *Analizador de combustión testo 350 - Analizador portátil para emisiones industriales. N° de producto 250563 3501*. <https://static.testo.com/image/upload/Instruction-manual-and-Software/Instruction-manuals/testo-350-manual-de-instrucciones.pdf>.