

Romo-Gómez, Claudia; Camacho-López, César; Marmolejo-Santillán, Yolanda; Otazo-Sánchez, Elena María

Claudia Romo-Gómez

claudiar@uaeh.edu.mx

Área Académica de Química, México

César Camacho-López

Área Académica de Química, México

Yolanda Marmolejo-Santillán

Área Académica de Química, México

Elena María Otazo-Sánchez

Área Académica de Química, México

Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

ISSN-e: 2007-6363

Periodicidad: Semestral

vol. 7, núm. 13, 12-16, 2019

sitioweb@uaeh.edu.mx

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/595/5952976022/>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Resumen: Todos los productos que se utilizan en la vida cotidiana, son resultado de un proceso químico-industrial que requiere grandes cantidades de energía, que es generada por la quema de diferentes combustibles, liberando grandes concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera. Este trabajo presenta ejemplos y argumentos de cómo la transformación de la materia tiene un impacto negativo al medio ambiente y a la salud humana. La emisión de GEI a la atmósfera, es cada día más preocupante ya que originan el efecto invernadero, causante del cambio climático, además la transformación de la materia también ocasiona emisiones de otros compuestos altamente tóxicos para los seres vivos. El presente documento ha recopilado información para conocer la problemática que existe en el corredor Apaxco - Tula, a fin de conocer y poder generar alternativas que puedan contribuir a la mitigación de la problemática ambiental de la zona.

Palabras clave: Contaminación, Industria química, emisiones, GEI.

Abstract: All the products that are used in everyday life are the result of a chemical-industrial process that requires large amounts of energy, which is generated by the burning of different fuels, releasing large concentrations of Greenhouse Gases (GHG) to the atmosphere. This paper presents examples and arguments of how the transformation of matter has a negative impact on the environment and on human health. The emission of GHG into the atmosphere is each day becoming increasingly worrisome as they originate the greenhouse effect, the cause of climate change. Additionally, the transformation of matter also causes emissions of other highly toxic compounds for living beings. The present document has compiled information to know the problems that exists in the corridor Apaxco-Tula, in order to know and be able to generate alternatives that can contribute to the mitigation of the environmental problems of the zone.

Keywords: Pollution, Chemical industry, emissions, GHG.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de satisfacer las necesidades de la sociedad, la industria química ha jugado un papel muy importante, desarrollando un gran número de compuestos y productos. Sin embargo, derivado de los diferentes procesos para la obtención de compuesto y productos también se ha generado una serie de

problemas ambientales de preocupación mundial. Uno de estos problemas que ha tomado gran importancia en las últimas décadas es el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), adopta el Protocolo de Kioto que fue creado para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global de 2008 a 2012 (Yepes, 2012). El grupo de GEI que considera este protocolo son los óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrofluorocarbonos (HFC 'S), metano (CH_4), vapor de agua ($\text{H}_2\text{O}(\text{g})$) y el dióxido de carbono (CO_2) (Mendoza y col., 2015). Este último GEI es uno de los más importantes a monitorear, debido a que en algunos estudios se reporta que actualmente hay un aumento en las emisiones de este gas a la atmósfera (Anastasi y col., 1990; Yuanbing y col., 2018). La presencia de CO_2 en la atmósfera ha causado varios efectos, debido a que, este gas retiene los rayos solares, trayendo como consecuencia el incremento de la temperatura media global (calentamiento global) que es el principal factor que contribuye al cambio climático en la tierra (Remuzgo y Sarabia, 2013; Sakaunnapaporn y col., 2017).

La literatura menciona que la mayoría de GEI son emitidos sin control por industrias, en su mayoría de carácter químico (Sakaunnapaporn y col., 2017). Por ejemplo, Gessa y Sancha (2016) mencionan que la producción de cemento es una de las mayores fuentes de emisión de GEI a la atmósfera con el 5% de las cifras globales. Por tal motivo, el presente trabajo, tiene como objetivo realizar una revisión de la literatura científica, prensa, entrevistas, documentales, etc., en donde se mencionen las contribuciones de la industria química como principal sector de emisiones de gases de efecto invernadero y sus efectos en la población que vive a los alrededores de algunas de estas industrias presentes en la zona del corredor industrial de Apaxco-Atotonilco-Tula, en el estado de Hidalgo.

INDUSTRIA QUÍMICA EN LOS LÍMITES DEL ESTADO DE MÉXICO E HIDALGO.

¿Qué es el cambio climático?, y ¿Qué lo origina?, Manahan (2011) describe el cambio climático, como un cambio abrupto del clima y los cambios en los patrones meteorológicos en todo el mundo. Por ejemplo, en donde antes se observaba una gran cantidad de precipitaciones, ahora no las hay y el ecosistema se torna árido, por el contrario, donde el clima se caracterizaba por ser árido, ahora se tienen un aumento en las precipitaciones. Lo anterior es causado por el aumento en la temperatura de la tierra, es decir, si esta aumenta se tiene una mayor evaporización del agua y con ello un aumento en las precipitaciones en algunas regiones del planeta. El cambio en la temperatura es favorecido por las emisiones de CO_2 (Sakaunnapaporn y col., 2017) y otros GEI, debido a que estos atrapan el calor de los rayos solares y no los dejan regresar al espacio, originando un efecto como el que sucede en los invernaderos (efecto invernadero) (Cleveland y Morris, 2014). Diferentes estudios han abordado el tema para entender el comportamiento del incremento de CO_2 en la atmósfera, debido principalmente a que la velocidad de acumulación es alta (Renné y Thach, 2014, Sakaunnapaporn y col., 2017 y Yuanbing y col., 2018), sin dejar de lado los demás gases que se incluyen en el Protocolo de Kioto.



FIGURA 1.

Foto de la atmósfera contaminada por Holcim. Vista panorámica de Apaxco. (Tomado de Gómez (2010).

Cabe mencionar que el dióxido de carbono y algunos otros gases, son generados naturalmente por los seres vivos en su respiración, que no es más, que la oxidación de un compuesto orgánico en presencia de oxígeno. Sin embargo, si esta reacción se lleva a cabo a escala industrial, se puede observar que grandes cantidades (Ton) de este gas son emitidas a la atmósfera, debido principalmente a la fabricación o transformación de los productos que utilizan los seres humanos en su vida cotidiana.

Mendoza y col. (2015) mencionan que en México se emiten grandes cantidades de dióxido de carbono, incluso muy superiores a países como España y Argentina juntos. Por ejemplo, Delgado (2011) menciona que la generación de energía eléctrica en México aporta un 24% de las emisiones globales de GEI, los motores de combustión interna destinados al transporte 18%, el cambio de uso de suelo y silvicultura un 14%, emisiones de vertederos de residuos, del tratamiento de aguas residuales, incineradores de desechos aportan un 10% y el restante de otras actividades como la agricultura, manufactura y las emisiones fugitivas las cuales abarcan emisiones de descargas accidentales, fugas de equipos, pérdidas en la carga de tanques, quema en antorcha, fugas en ductos, pérdidas en almacenamiento, etc. Asimismo, Remuzgo y Sarabia, (2013) reportaron que el sector industrial que encierra las emisiones originarias de la quema de combustibles contribuye en un 17% en la emisión de CO₂, le siguen sectores como el transporte (marítimo y aéreo) con un 16%, transporte terrestre con 14%, entre otros.

Es importante mencionar que en México existe una gran cantidad de sectores emisores de GEI. Por ejemplo, en la industria del cemento, se utilizan incineradores para alcanzar temperaturas de hasta 1500°C (Johansen y col 1978), para alcanzar dicha temperatura, en un principio se sabía que se utilizaba gas natural para generarlo pero con el paso del tiempo se han utilizado diferentes tipos de material combustible como llantas, plástico, aceites y/o solventes, como fuente de combustible para los hornos de este proceso (López y col, 2012). Incinerar cualquier material genera ciertos gases como CO₂, óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y nuevos compuestos, como las dioxinas, furanos, entre otros, todos considerados altamente tóxicos (SWI swissinfo.ch 2007). La consecuencia de estos compuestos en la atmósfera es que retienen el calor emitido por el sol (Rayos infrarrojo) y al no poder liberarlo aumenta la temperatura media global (Departament of the Enrironment and Energy, 2019).

En la zona del sector industrial de Tula-Apaxco se encuentran cementeras como Holcim-Apaxco, Cemex, Lafarge, Cruz Azul y Caleras Bertrán, quienes incineran toneladas de llantas (Vargas y Vilella, 2013), esta práctica ha generado descontento en la sociedad, debido a que las emisiones de CO₂ no solo contribuyen al cambio climático si no a la mala calidad del aire (Figura 1), por esta razón, los habitantes de esta región se han visto afectados por los graves daños a los ecosistemas y a la salud humana (Carrasco y Vargas, 2015).

El sector eléctrico es otra industria que contribuye a la generación de GEI. En la región de Tula, Hidalgo, se encuentra la central termoeléctrica que es otra de las fuentes fijas de contaminación del aire. En esta termoeléctrica, el agua es previamente calentada hasta formar vapor, posteriormente se elevará su temperatura y presión para ser utilizado en el movimiento de las hélices de una turbina y generar la electricidad que llega a los hogares de alguna ciudad, el problema de contaminación del proceso radica en la quema de combustible fósil, para el calentamiento del agua y que genera residuos como CO₂, NO_x, SO_x, contribuyendo a la problemática que produce el efecto invernadero (García-Escalante y col., 2014 y Montelongo-Reyes, y col., 2015). De acuerdo a lo publicado en el Programa Estatal Ante el Cambio de Hidalgo (Otazo-Sánchez y col., 2013), el 64.37 % de CO₂ es emitido por la quema de combustibles en las industrias que generan energía, de éstas la fuente de mayor emisión es la central termoeléctrica de Tula. Sin embargo, este porcentaje puede disminuir a corto plazo debido a que en la central termoeléctrica se utilizaba combustóleo como fuente de calor, pero en los últimos años se ha ido modificando para incorporar el gas natural en su proceso (ciclo combinado), esto porque, se sabe que el gas natural tiene un mayor poder calorífico que otros combustibles pero además no genera la misma cantidad de CO₂ en comparación con el combustóleo. Cabe mencionar que a medida que la población aumenta, también se incrementa el número de hogares y edificios que requerirán de una mayor producción que energía eléctrica. Es importante mencionar que la termoeléctrica ubicada en Tula, cuenta con una pequeña central que ayuda a la central principal en horas críticas, cuando la demanda de electricidad aumenta y con ello, las emisiones de CO₂, por lo que se deduce que las actividades diarias de la población tienen una influencia indirecta en las emisiones de gases que causan el efecto invernadero.

Otro sector que contribuye a la generación de GEI, es la refinería Miguel Hidalgo que se ubica en el corredor industrial de Atitalaquia y forma parte de las 115 industrias que conforman este corredor: Tula-Tepeji-Apaxco según un artículo de la Agencia de Noticias Independiente (2010). En este sector se requieren grandes cantidades de calor para separar el crudo en compuestos ligeros y de uso común, y al igual que los procesos anteriores es necesaria una fuente de calor que logre obtener temperaturas muy elevadas (OSHA, 2019). La generación de esta energía contribuye con emisiones de GEI a la atmósfera.

Otro de los GEI es el metano (CH₄), este gas puede ser producido en numerosos procesos derivados de la industria agropecuaria indirectamente, por ejemplo en los procesos de comercialización de productos derivados de origen animal es necesario el mantenimiento de grandes granjas para la crianza de ganado, estos organismos generan enormes cantidades de heces fecales, consideradas como principales emisoras de metano a la atmósfera, por lo anterior se deduce que cuanto mayor sea la demanda de productos de origen animal, mayor será la población de ganado en granjas, y de esto la generación de desechos y la emisión de metano a la atmósfera. Asimismo, el metano también se produce cuando el agua residual contiene concentraciones materia orgánica y se descarga en cuerpos de aguas naturales, generando ambientes anóxicos con procesos fermentativos y producción de algunos gases como el metano. Asimismo, algunas plantas de tratamiento de aguas residuales tienen procesos metanogénicos para el tratamiento de la materia orgánica generando concentraciones importantes de CH₄ (Ferreira-Rolon, y col., 2014).

Es importante mencionar que en el municipio de Apaxco se encuentra instalada la planta Geocycle México (antes ECOLTEC), dedicada a la recolección de residuos industriales los cuales son utilizados como combustible alternativo en los hornos cementeros (Gómez, 2010). Una gran cantidad de estudios expone el grado de contaminación al ambiente que genera esta empresa, por ejemplo el 21 de marzo del 2009, se presentó un incidente en el municipio de Atotonilco a causa de la limpieza (mantenimiento) de un cárcamo en el que fallecieron once personas, esto porque la empresa Geocycle descarga sus aguas altamente contaminadas en el Río Salado que cruza esta zona, lo que hace al aire prácticamente irrespirable dentro del cárcamo (De León y Hernández, 2018)

Aunado al sector industrial que se ha comentado, y que contribuyen en las emisiones de GEI a la atmósfera, han existido otros eventos que han aportado gases tóxicos que afectan al medio ambiente y a la salud

humana. Por ejemplo, el 7 de abril del 2013, en la zona de Atitalaquia ocurrió una explosión de la empresa Agroquímicos ATC, (Figura 2), lo que causó una nube tóxica que contenía concentraciones importantes de GEI y otros compuestos tóxicos como metales pesados, dioxinas y furanos (Rincón, 2013), estos últimos son sustancias altamente tóxicas, cancerígenas que solamente se generan por el proceso de incineración de residuos y que están incluidas en el Convenio de Estocolmo como una de las 12 sustancias prioritarias a eliminar (PNUMA, 2001). Cabe mencionar que ha sido uno de los eventos más graves que han ocurrido en la zona y que de manera inmediata causaron efectos en la salud de los habitantes del lugar, por las altas concentraciones de gases tóxicos antes mencionados que se liberaron. Sin embargo, es de suponerse que si hubo afectaciones inmediatas, a mediano y largo plazo se verán otros efectos sobre todo en la salud de los seres vivos que se manifiestan después de un periodo largo de exposición, como pueden ser diferentes tipos de cáncer, de esta manera, la población está constantemente expuesta a compuestos tóxicos que ponen en riesgo su salud. Asimismo



FIGURA 2.

Foto de accidente en Atitalaquia, Hidalgo. Tomado de Rincón (2013).

La literatura nos ha dado un panorama amplio de la producción de GEI de las principales industrias químicas y de generación de energía en la zona Tula –Apaxco. No obstante, de acuerdo a lo reportado en el Programa Estatal de Acción Ante el cambio Climático del Estado de México se observa un incremento de las emisiones de CO₂ del año 2005 al 2010 en los sectores de procesos industriales de 21.82% y en generación de energía de 13.94% (Mireles y col., 2013), lo que indica que la problemática de contaminación que generan las industrias instaladas en el corredor Apaxco-Tula va en aumento debido principalmente al crecimiento de la población y a la necesidad de satisfacer los requerimientos básicos. En México existen diferentes normatividades que sancionan o establecen los límites máximos para la emisión de GEI a la atmósfera (NOM-040-ECOL-2002; NOM-085-SEMARNAT-2011). Sin embargo, es evidente que muchas veces no son bien aplicadas. Por otro lado, la comunidad científica, está realizando varios esfuerzos en el desarrollo propuestas, técnicas y modelos para la mitigación de emisiones de GEI. Por ejemplo Gessa y Sancha (2016) proponen usar el calor residual de la planta de cemento para secar los lodos de alguna planta de tratamiento de aguas residuales y utilizarlo en forma de combustible alternativo, como medida de mitigación de emisiones de CO₂ a la atmósfera. Finalmente, cabe señalar que en los Estados de Hidalgo y México en el año 2013 se publicaron los Programas Estatales de Acción Ante el Cambio Climático (Mireles y col., 2013 y Otaño-Sánchez y col., 2013), en donde se establecieron o diseñaron las estrategias para la adaptación al cambio climático, los autores recomiendan que implementando estrategias se podría reducir la contaminación de un 12-13%, sin duda esto dependerá de la capacidad que tengan las industrias para la introducción de nuevas tecnologías en sus procesos, con la sustitución de algunas tecnologías se prevé que para el año 2050 se haya logrado reducir las emisiones hasta en un 50% (Otaño-Sánchez y col., 2013). Sin lugar a dudas las consecuencias del cambio climático originado por el efecto invernadero, cada día son más alarmantes y desastrosas, si no se hace algo

pronto, habrá un riesgo mayor para todos los seres vivos. Aún se está a tiempo de cambiar el rumbo de la humanidad y el planeta, aún se puede revertir las consecuencias de la huella humana. Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que en el mundo suman 1,3 millones las personas que mueren en un año a causa de la contaminación atmosférica urbana; más de la mitad de esas defunciones ocurren en los países en desarrollo, en sitios altamente contaminados las personas padecen más enfermedades cardíacas, problemas respiratorios y cáncer de pulmón (Organización Mundial de la Salud, 2019). Lo anterior nos debe poner a reflexionar

CONCLUSIONES.

La emisión de GEI amenaza la salud ambiental, incluidos a los seres humanos. Es por ello que la reducción de GEI no se limita a la elaboración de programas o acuerdos estatales, nacionales e internacionales, es decidir en qué mundo queremos vivir o que mundo vamos a heredar a futuras generaciones. Por lo anterior, es importante que los nuevos gobiernos den seguimiento a las estrategias que se mencionan en los Programas Estatales de Acción Ante el Cambio Climático de cada estado y verificar que se cumplan.

BIBLIOGRAFÍA.

- Agencia de Noticias Independiente (31 Mayo 2010). En Apaxco, miles de mexiquenses corren grave peligro por la contaminación ambiental generada por la empresa Ecoltec. TV noticias. Recuperado de: <https://tvnoticias.wordpress.com/2010/05/31/en-apaxco-miles-de-mexiquenses-corren-grave-peligro-por-la-contaminacion-ambiental-generada-por-la-empresa-ecoltec/>.
- Anastasi, C., Hudson, R. y Simpson, V.J. 1990. Effects of future fossil fuel use on CO₂ levels in the atmosphere. *Energy Policy* 18 (10), 936-944. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(90\)90128-Q](https://doi.org/10.1016/0301-4215(90)90128-Q).
- Carrasco G. B. V. y Vargas J. J. T. 2015. Basura cero como alternativa a la incineración de residuos en cementeras. Movimiento Pro Salud, Apaxco, México. *Ecología Política* 102-105.
- Cleveland, C. J. y Morris, C. 2014. Climate Change, Handbook of Energy. Ed Cutler J. Cleveland, Christopher Morris, pg 805 -820. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417013-1.00045-5>.
- De León, J. A. y Hernández, García J. 2018. <https://ipen.org/sites/default/files/documents/CEDAAT%20final%20report.pdf> (Recuperado el 30 de octubre de 2018).
- Delgado, G. C. (2011). 24. *Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*, 30(2), 5-20. doi: http://dx.doi.org/10.5209/rev_NOMA.2011.v30.n2.36554.
- Department of the Environment and Energy, Australian Government. 2019. <http://www.environment.gov.au/climate-change/climate-science-data/climate-science/greenhouse-effect>. Fecha de consulta: 18/febrero/2019.
- Ferreira-Rolon, A., Ramírez-Romero G. y Ramírez-Vives F. 2014. Aumento de la actividad metanogénica en lodos granulares, precipitando calcio en el nejayote mediante el burbujeo de CO₂. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13:2,517-525.
- García-Escalante, J. S., García-Reynoso, J. A., Jazcilevich-Diamant, A. y Ruiz-Suárez L.G. 2014. The influence of the Tula, Hidalgo complex on the air quality of the Mexico City Metropolitan Area. *Atmósfera*, 27:2, 215-225. [https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(14\)71111-7](https://doi.org/10.1016/S0187-6236(14)71111-7).
- Gessa, A. y Sancha, M. del P. (2016). Alternativas de reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en la producción de cemento. Propuesta de un modelo de evaluación. *Innovar*, 26(60), 51-66. doi: 10.15446/innovar.v26n60.55532.
- Gómez, T. (5 Febrero 2010). Un paisaje gris que enferma. El universal. Recuperado de: <http://archivo.eluniversal.com.mx/nacion/175434.html>
- Johansen, V., Jepsen, O. L., Christensen, N. H., Gamborg Hansen, J. C. 1978. Ternary diffusion in cement clinker at 1500°C. *Cement and Concrete Research*, 8:3,301-309. [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(78\)90099-6](https://doi.org/10.1016/0008-8846(78)90099-6).

- López, D. A., Cobo, H., Blanco, F.C., Gutierrez, M. A. 2012. Mejora del rendimiento de una cementera mediante el empleo de combustibles alternativos. *M+A. Revista Electrónica@ de Medio Ambiente*, 12:47-61.
- Manahan, S. E. (2011), *Introducción a la Química Ambiental*, México, Reverté UNAM.
- Mendoza, V. M., Garguño, R. y Villanueva, E. E. (2015). México's contribution to global radiative forcing by major anthropogenic greenhouse gases: CO₂, CH₄ and N₂O. *Atmósfera*, 28(3), 219-227. Doi: 0.20937/ATM.2015.28.03.06.
- Mireles, L. P., Manzano, S. L. R Magaña, L. D., Flores, O. P., Reyes, E. A., Vilchis, O. A., Alvarez A. G., García, F. B., Moreno, P. P. S., González, I. R. E., Sánchez, M. J. A., Álvarez, A. G., García, F. B., Moreno, P. P. S., Alcántara, A. A., Rogel, F. I., Pastor, M. J. P., Pardo, H. M. B., Orozco, H. M. E. 2013. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de México. Secretaria del medio Ambiente del estado de México. Recuperado de: http://ieecc.edomex.gob.mx/sites/ieecc.edomex.gob.mx/files/files/PEACC/PEACC_EDOMEX.pdf (3 de marzo del 2019).
- Montelongo-Reyes, M. M., Otazo-Sánchez, E. M., Romo-Gómez, C., Gordillo-Martínez, A. J. y Galindo-Castillo, E. 2015. GHG and black carbon emission inventories from Mezquital Valley: The main energy provider for Mexico Megacity. *Science of the Total Environment*, 527:528 455 - 464. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.03.129.
- NOM -040-ECOL-2002 (18 de diciembre de 2002). Protección ambiental-Fabricación de cemento hidráulico-Niveles máximos permisibles de emisión a atmósfera.
- NOM-085-SEMARNAT-2011, (29 de noviembre de 2011). Contaminación atmosférica-niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
- Organización Mundial de la Salud (2019) Los efectos sobre la salud. Recuperado el 5 de marzo del 2019 https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/.
- OSHA. (Occupational Safety and Health Administration), 2019. Technical Manual (OTM) | Section IV: Chapter 2 - Petroleum Refining Process https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_2.html#3 Consultado el 7 de marzo de 2019.
- Otazo-Sánchez, E. M., N. P. Pavón, J. Bravo-Cadena, M. T. Pulido, S. López-Pérez, R. Razo-Zárate, C. A. González-Ramírez, G. Sánchez-Rojas, C. Y. Martín-Hernández, P. I. Fragoso López, R. Rodríguez-Laguna, E. Galindo-Castillo, M. Vargas-Zenteno, F. Velázquez-Alonso, J. M. Domínguez-Soto, P. E. Cruz-Domínguez, C. C. Maycotte-Morales, N. G. Pérez-Ramírez, H. J. Cortés-Blobaum, G. Herrera-Muñoz, D. Uribe-Gutiérrez. 2013. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo. 1ra Edición. Editorial de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170327/2013_hgo_peacc_parte1.pdf (3 de marzo del 2019).
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2001. Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. UNEP.
- Remuzgo, L. y Sarabia, J. M. (2013). Desigualdad en la distribución mundial de emisiones de CO₂ por sectores: Descomposición y estudio de sensibilidad. *Estudios de economía aplicada*, 31(1), 3-28. Doi: <http://hdl.handle.net/10902/4401>.
- Renné, M. y Thach, L. (2014). The impact of climate change on the global wine industry: Challenges and solutions. *Wine economics and policy*, 3, 81-89. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wep.2014.08.001>.
- Rincón, E. (7 de mayo de 2013). Desalojan a 7 mil personas por explosión en Hidalgo. *Excélsior*. Recuperado de: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/04/07/892675>.
- Sakaunnaporn, C., Piumsomboon, P.I, Chalermssinsuwan, B. 2017. Computational Fluid Dynamics Model of CO₂ Capture in Fluidized Bed Reactors: Operating Parameter Optimization, *Energy Procedia*, 138, 518-523. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.238>.
- SWI swissinfo.ch. Holcim-Apasco transforma desechos en energía (07 de Junio de 2007). Recuperado de: <https://www.swissinfo.ch/spa/holcim-apasco-transforma-desechos-en-energ%C3%ADa/5935630> (Consultada el octubre de 2018).

- Vargas, J. T. y Vilella, M. (2013), Del bordo poniente a CEMEX: el apoyo del MDL a la incineración de residuos en cementeras. Barcelona: GAIA. <http://www.cesta-foe.org.sv/areas-de-trabajo/Pubs/doc%20jorge.pdf> (Consultada 30 de octubre de 2018).
- Yepes, A. (2012). Cambio climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra. *ORINOQUIA*, 16(1); 77-92.
- Yuanbing, Z., Xing, C., Xin T., Changyi, L., Shining, Z., Fang, Y., Wenji, Z., Han, H. 2018. Mechanism of CO2 Emission Reduction by Global Energy Interconnection. *Global Energy Interconnection*, 1:4 409-419. <https://doi.org/10.14171/j.2096-5117.gei.2018.04.001>.

NOTAS

English SummaryGHG Emissions of the industrial corridor Tula-Apaxco