



Research Paper

El sector industrial de San Luis Potosí, México y su vulnerabilidad al Cambio Climático

María Teresa Gutiérrez Escajeda^{1*}, María de los Ángeles Gil Antonio²,
Andrea Karime Sánchez Olivas³

^{1,3} Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, campus Tecnológico de Delicias

² Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Tecnológica Latinoamericana en Línea
Autor de correspondencia

RESUMEN: Los efectos que el fenómeno del cambio climático tiene o tendrá sobre las industrias es un tema poco explorado en los países en desarrollo; mientras que, este mismo es más recurrente en los países desarrollados, aunque los avances se han dirigido en el tópico de estrategias de mitigación de las empresas ante el cambio climático. En México, el análisis realizado por Sánchez y Martínez (1999) representa el punto de origen sobre el tema de la vulnerabilidad en el sector productivo en este país. Dicho estudio es el marco principal considerado para el presente artículo, cuyo objetivo es identificar el grado de la vulnerabilidad para cada uno de los subsectores industriales en el estado de San Luis Potosí. Se describen los indicadores económicos con los que cada subsector participa en la economía de San Luis Potosí, así como el nivel de vulnerabilidad de cada uno de éstos frente al cambio climático.

PALABRAS CLAVE: Vulnerabilidad, Cambio climático, Indicadores

Received 04 Dec., 2022; Revised 14 Dec., 2022; Accepted 16 Dec., 2022 © The author(s) 2022.
Published with open access at www.questjournals.org

I. INTRODUCCIÓN

Normalmente, tanto la lógica como la experiencia han indicado que las amenazas del sector industrial están dictadas por los cambios o giros económicos que se experimentan, ya sea a escala nacional o internacional; y que, en un determinado momento, dichos cambios impactarán en forma perjudicial en el bienestar de este sector. Sin embargo, existen otros factores que pueden inducir a una situación de riesgo para este sector; uno de ellos es el cambio climático, el cual es un tema que a su vez padece, en la mayoría de los casos, de una óptica limitada de la gente, dirigida a sesgar este fenómeno como un asunto ambiental, cuando realmente éste tiene efectos significativos también en las sociedades y sus actividades económicas. Por otra parte, el enfoque que prevalece se enfoca en señalar los efectos de las industrias sobre el cambio climático; sobre todo, por el uso y quema de los combustibles fósiles que ésta requiere dentro de sus procesos productivos, emitiendo con ello gases de efecto invernadero (GEI).

[1] realizó un análisis general sobre los impactos de la actividad industrial en el cambio climático, proyectando a esta actividad como una de las principales fuentes de emisión de GEI; concluye además que este mismo sector puede adoptar medidas estructurales y no estructurales para mitigar sus efectos en el cambio climático. Por su parte, [2] realizaron un análisis en el que presentan los puntos a favor del sector industrial, como proveedor de bienes que la sociedad requiere para disfrutar de bienestar satisfaciendo necesidades que contribuyen en la calidad de vida de las personas; sin embargo, por otra parte, los autores reconocen la participación de la industria con relación a su contribución en el calentamiento global.

Desde otra perspectiva, el cambio climático plantea grandes desafíos para las empresas, independientemente de su giro empresarial, debido a que, dentro de su cadena de valor, éstas se relacionan a su vez con un conjunto de empresas que les proveen de insumos o aquéllas que adquieren sus productos. Por esta razón, la evaluación de los riesgos asociados al cambio climático es una tarea compleja para cualquier empresa; además, el riesgo depende también de factores asociados con la ubicación geográfica de cada una de las empresas que integran la cadena de valor [3]. Por esto, las empresas deben integrar en sus análisis de riesgos las normativas relativas al cambio climático, ya que éstas afectan, entre otras cosas, a los precios y la disponibilidad de la energía, generando un efecto dominó en toda su cadena de valor [4].

*Corresponding Author: María Teresa Gutiérrez Escajeda

Aunado a lo anterior, los efectos que el fenómeno del cambio climático tiene o tendrá sobre las industrias es otro tema poco explorado en los países en desarrollo; mientras que este mismo es más recurrente en los países desarrollados, aunque los avances se han dirigido en el tópico de estrategias de mitigación de las empresas ante el cambio climático [5] y [6]. Como muestra de la carente atención que el sector industrial ha tenido con respecto a su vulnerabilidad ante el cambio climático, en las mismas páginas oficiales de información en diferentes países, el tema mismo de la vulnerabilidad solo es dirigido a sectores como el agrícola, forestal, pesca y al recurso hídrico, principalmente [7] y [8]; dejando desatendido, en la gran mayoría de los casos, al sector industrial.

En México también han sido escasos los estudios que sobre este aspecto se han realizado; sin embargo, el análisis realizado por [9] representa un interesante trabajo que es el punto de origen sobre el tema de la vulnerabilidad en el sector productivo en este país. Dicho estudio es el marco principal y de inicio considerado para el presente análisis.

Objetivo del estudio

Identificar el grado de la vulnerabilidad para cada uno de los subsectores industriales identificados en el estado mexicano de San Luis Potosí e identificar los indicadores económicos con los que cada subsector participa en la economía del mismo estado, para conocer de forma general el impacto que la vulnerabilidad podría ocasionar en este sector económico.

II. METODOLOGÍA

La metodología utilizada [10] parte de la definición de los factores que influyen en la vulnerabilidad de la industria, así como su nivel de incidencia. Un diagnóstico es el segundo paso en la metodología, el cual se basa tanto en un escenario base, como en uno hipotético bajo cambio climático, el cual se realizó con la aplicación de los modelos GFDL-R30 y CCC. La clasificación propuesta por el estudio en cuestión, presenta los siguientes grupos, asociados a distintos factores:

- a) Industrias que dependen de recursos naturales sensibles al clima.
En este grupo convergen los sectores: agropecuarios, forestales, marinos, agua y energía; cuyas industrias afectadas pueden ser: la alimentaria, la de bebidas y tabaco, la de celulosa y papel, la industria de la madera y la de energéticos renovables.
- b) Industrias cuyo proceso es directamente sensible al clima
Los sectores que aquí se agrupan son: generación de electricidad (termoeléctrica e hidroeléctrica), extracción de petróleo y gas, industria siderometalúrgica, alimentaria y textil.
- c) Industrias cuya localización es vulnerable ante el cambio climático
Esto es, las que se encuentran ubicadas en costas o riberas de ríos susceptibles a inundaciones. Aquí se agrupan los sectores: industria petrolera, petroquímica y química, siderúrgica, pesquera, centrales eléctricas, y algunos ingenios azucareros.
- d) Industrias cuyos mercados son susceptibles al cambio climático global.
Este grupo hace referencia a los sectores: producción de energía e industria del aire acondicionado, vestido y bebidas.

Grados de sensibilidad climática para los sectores industriales de San Luis Potosí

Una vez definidos los factores inductores sobre la vulnerabilidad en la industria, se definieron, de forma a priori, también los grados de sensibilidad climática para cada uno de los subsectores industriales. Los factores que se tomaron en cuenta para cada subsector fueron: la contribución al PIB, dependencia de recursos naturales sensibles al clima, consumo de agua, consumo de energía, entre otros.

Considerando los resultados obtenidos por el estudio base, se sustrajo la información correspondiente a los grados de sensibilidad de los diferentes sectores industriales (Tabla 1), resaltando los existentes en el estado mexicano objeto de estudio, San Luis Potosí. Cabe señalar que la capital de este estado es la que concentra la mayor actividad industrial y que, en las últimas dos décadas ha mostrado un incremento en la cantidad de empresas que se han instalado en esa región, producto de la significativa inversión extranjera directa dirigida en el sector industrial manufacturero.

SECTORES INDUSTRIALES	GRADOS DE SENSIBILIDAD
INDUSTRIA PESADA	ALTA
Petroquímica	MUY ALTA
Química	ALTA

Siderúrgica	ALTA
Metalúrgica	ALTA
Minera	MEDIA ALTA
Maquinaria y equipo	MEDIA ALTA
Materiales de construcción	MEDIA ALTA
Metalmecánica	MEDIA
INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN	MEDIA ALTA
Papel y celulosa	ALTA
Textil, cuero y vestido	MEDIA ALTA
Alimentaria	MEDIA ALTA
Azucarera	MEDIA ALTA
Empacadoras de hortalizas	MEDIA ALTA
Empacadoras de frutas	MEDIA ALTA
Pesquera	MEDIA ALTA
Bebidas	MEDIA
Producción de alimentos balanceados	MEDIA BAJA
Empacadora de granos	BAJA
Maderera	BAJA

Tabla 1. Grados de sensibilidad climática para los sectores industriales. Extraído de Sánchez y Martínez (1999).

Descripción de los niveles de vulnerabilidad de San Luis Potosí según salidas de los modelos CCC y GFDL-R30

Finalmente, las salidas de los modelos utilizados por Sánchez y Martínez muestran los grados de vulnerabilidad, los cuales están determinados por los cambios de temperatura y precipitación en cada región de la República Mexicana, apreciándose diferencias en los niveles arrojados por cada modelo.

Considerando la salida del modelo CCC (Figura 1), la vulnerabilidad en la capital de San Luis Potosí se tipifica entre Muy alta y Alta, mientras que en la zona de la huasteca es Alta, y en una parte del Altiplano, esta es Media baja.

Por otro lado, en los resultados del modelo GFDL-R30 (Figura 2), la vulnerabilidad tanto para la huasteca como para la capital se unifica, siendo esta Media baja, mientras que, en el Altiplano, la misma es considerada como Media Alta. Como puede apreciarse, este modelo propone cambios en las variables climatológicas menos severos que en el modelo anterior, razón por la cual los niveles de vulnerabilidad son de igual forma de menor nivel.

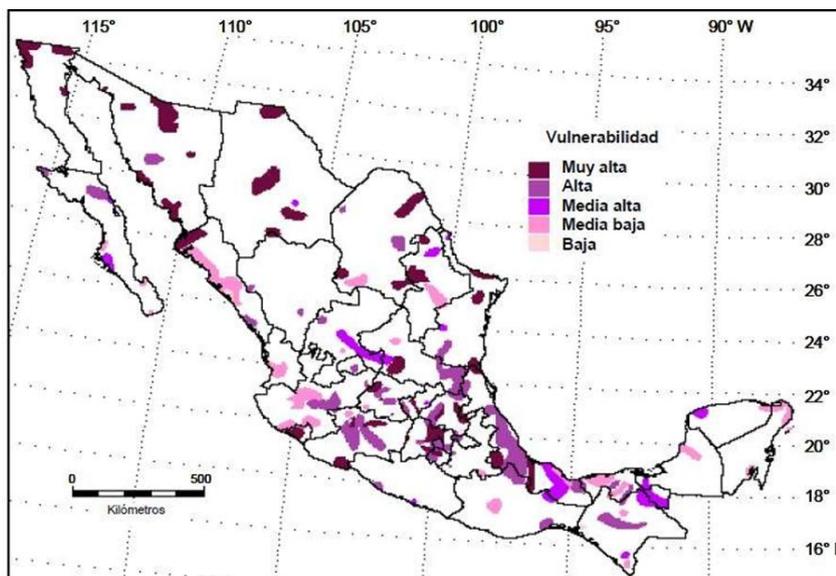


Figura 1. Vulnerabilidad en el sector industrial al cambio climático. Modelo CCC (Sánchez y Martínez, 1999).

Dinámica de la industria manufacturera en San Luis Potosí y su vulnerabilidad al cambio climático

Uno de los sectores productivos de mayor importancia en el estado de San Luis Potosí es la industria manufacturera por su gran participación promedio del 26.26% en el Producto Interno bruto del estado, colocándose por ello como el mayor contribuyente de todos los sectores productivos del estado; seguido por los sectores de Comercio y Servicios Inmobiliarios, con una contribución del 14.40% y 12.27%, respectivamente [11]. Otro dato de gran importancia que vale la pena destacar son los 107,892 empleos que este sector económico genera a nivel estatal; y que, sin duda es un factor que debe ser considerado al momento de ponderar la vulnerabilidad que el sector puede tener como efecto del cambio climático [12].

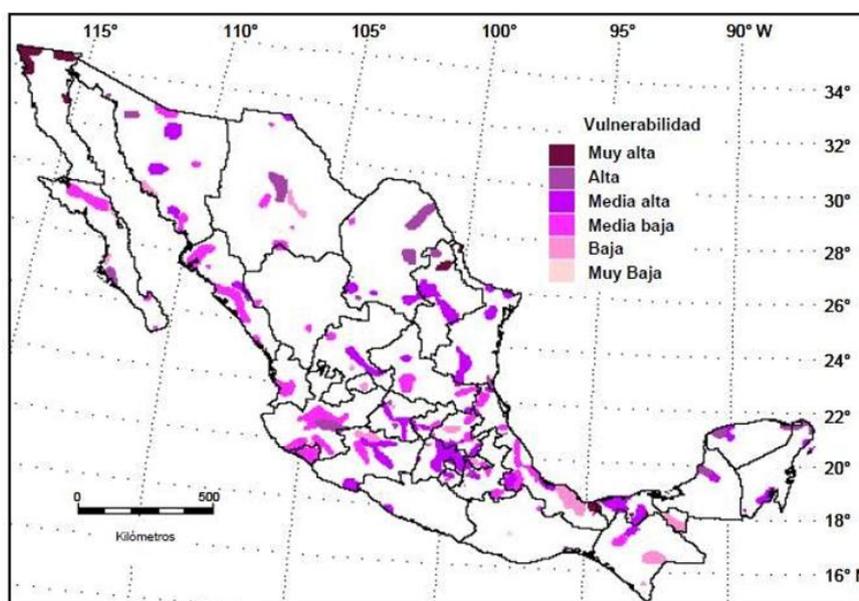


Figura 2. Vulnerabilidad en el sector industrial al cambio climático. Modelo GFDL-R30 (Sánchez y Martínez, 1999).

Contemplando exclusivamente al sector de la Industria manufacturera, se puede diferenciar y considerar la importancia de la participación de los distintos subsectores o ramas industriales que lo componen. Conocer la contribución de cada una de ellas dentro del mismo PIB manufacturero (Figura 4), el número de empleos que cada una de estas genera, los productos que ofrecen, así como las materias primas que requieren para el desarrollo de sus procesos productivos, son factores importantes a considerar, ya que estos pueden influir al momento de analizar las posibles consecuencias que la vulnerabilidad de cada una de estas ramas industriales podría generar.

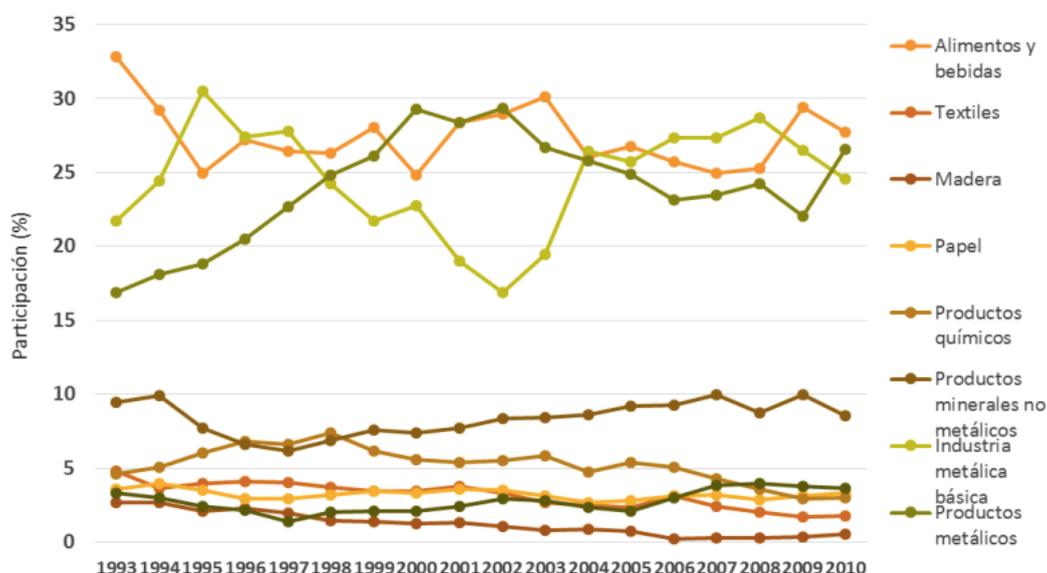


Figura 4. Dinámica de la contribución de los subsectores industriales en el PIB manufacturero de San Luis Potosí. Elaboración propia con datos de INEGI (2001, 2005, 2009, 2012).

III. DESARROLLO Y RESULTADOS

a. Industria alimentaria, de las bebidas y del tabaco. Nivel de vulnerabilidad: **Media Alta**.

Este subsector proporciona empleo a 21,058 personas en sus 2,722 unidades económicas. Dichas unidades se dedican principalmente a la elaboración de productos de panadería y tortillas, así como la elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares.

Como puede apreciarse por su contribución al PIB manufacturero, por el número de empleos que genera, así como el tipo de materias primas que requiere, este subsector es de especial cuidado y atención, ya que como lo indica el estudio de Sánchez y Martínez, uno de los factores importantes a considerar en esta rama es tanto su contribución en la economía, así como el hecho de que las materias primas utilizadas en estos procesos son, en gran medida, sensibles al clima.

Aunque las empresas grandes son menos susceptibles a los cambios, dada su gran infraestructura y su sólida base económica, en ocasiones a pesar de su tamaño, la ubicación de las mismas podría ser un factor inductor de vulnerabilidad. Como muestra de lo anterior, dentro de esta rama existen cuatro ingenios azucareros en el estado, ubicados en la zona de la huasteca, la cual es una región que ha experimentado de una forma más evidente los cambios en su clima local. Este hecho podría generar que el nivel de vulnerabilidad de estas industrias se incremente.

b. Industrias metálicas. Nivel de vulnerabilidad: **Alta**

Sin lugar a dudas, uno de los insumos primordiales en esta rama es el requerimiento de energía, y dada la naturaleza de sus procesos, así como el tipo de los metales de que se trate, las cantidades requeridas del recurso energético son variadas, pero por menores que estas sean, son ya de entrada considerables. El combustible de mayor consumo estatal en este rubro es el gas natural, seguido por el combustóleo y el diesel.

A esta rama, que se encuentra geográficamente centrada en la capital del estado, que genera 8,072 empleos y contribuye con el 27% del PIB manufacturero, se le atribuye una vulnerabilidad Alta, debido a los factores antes mencionados.

Aunque dentro de este subsector se encuentran al menos siete empresas grandes (más de 250 empleados), dedicadas ya sea a la fabricación de varillas de hierro y acero, alambre, planchas de acero o tubos de cobre, esto no mina su grado de vulnerabilidad, ya que independientemente de que sean empresas grandes, los requerimientos energéticos son elevados.

c. Maquinaria y equipo. Nivel de vulnerabilidad: **Media Alta**

Este subsector es el tercer mayor contribuyente del PIB de la industria manufacturera, con una participación del 24%, pero es el que ocupa el primer lugar en número de empleos generados: 22,594, dentro del sector manufacturero. El mayor número de personas ocupadas se encuentran en las ramas de fabricación de partes para vehículos automotores, fabricación de automóviles y camiones y fabricación de otro equipo de

transporte; ubicándose la gran mayoría de estas empresas en la ciudad de San Luis Potosí.

El hecho de que la gran mayoría de estas empresas sea grande y de origen transnacional, podría incidir en la reducción de su grado de vulnerabilidad; sin embargo, varias de estas empresas procuran requerimientos energéticos elevados para los procesos de secado de autopartes; además de requerir materias primas como estructuras de hierro y acero, que como se observó anteriormente, es un subsector de Alta vulnerabilidad.

d. Fabricación de productos a base de minerales no metálicos. Nivel de vulnerabilidad: **Media Alta**

Este subsector cuenta con 564 unidades, aporta 5,807 empleos y genera el 9% del producto interno bruto manufacturero. Como puede apreciarse de estos datos, la gran mayoría de estas empresas es pequeña, siendo la excepción las siguientes grandes empresas: tres instalaciones dedicadas a la fabricación de cemento, dos dedicadas a la fabricación de losetas cerámicas y tres orientadas a la fabricación de vidrio y envases de vidrio.

Por la naturaleza de los procesos requeridos para la fabricación de cada uno de los productos generados en esta rama manufacturera, en los que las materias primas se someten a temperaturas que van desde los 1000 a 1600 grados Celsius [13], los requerimientos energéticos son muy elevados, por lo que se utilizan combustibles tales como combustóleo, que es el más utilizado en la industria del cemento, y el gas natural en la del vidrio y cerámica.

e. Industrias del papel, impresión y conexas. Nivel de vulnerabilidad: **Alta**

Del inventario estatal de gases de efecto invernadero, se identificaron al menos cinco grandes empresas dentro de esta rama, dedicadas principalmente a la producción de papel higiénico para tocador, papel para periódico, papel metalizado y bolsas de papel. Su contribución al PIB manufacturero es del 3.16% y el número de empleos que genera son 5,766.

Como consecuencia tanto de la sensibilidad climática asignada por los modelos a la ciudad de San Luis Potosí, así como por los requerimientos de grandes cantidades de agua para sus procesos, y por la dependencia de materias primas que son sensibles al clima, a este subsector se le asignó una vulnerabilidad Alta.

f. Derivados del petróleo y del carbón, industria química, del plástico y del hule. Nivel de vulnerabilidad: **Alta**

Atendiendo al nivel asignado por los modelos sobre la capital del estado, así como a factores de suma importancia como: el alto consumo tanto de energéticos, así como a la dependencia de materia primas derivadas del petróleo, a este subsector se le atribuyó un nivel de vulnerabilidad Alta.

La contribución que este subsector realiza sobre el PIB manufacturero es del 3.42%, y el número de empleos que genera es de 7,059; ubicándose de manera muy concentrada en la capital del estado.

IV. CONCLUSIONES

Atendiendo solo las variables económicas, es evidente la importancia que el sector manufacturero tiene sobre las actividades económicas que se desarrollan en el estado de San Luis Potosí, debido a su aportación al PIB estatal y al número de empleos generados, este sector ocupa el primer lugar.

Por otra parte, considerando la extracción de los niveles de vulnerabilidad Media Alta asignados a cada uno de los tres subsectores con este nivel, existente en el estado, del estudio de Sánchez y Martínez, valdría la pena analizar más a detalle al subsector de la Industria Alimentaria por varias razones: las materias primas requeridas en los procesos productivos requieren materia primas que son directamente provenientes del sector agrícola, el mismo que a su vez ha sido de los más afectados en el campo mexicano, dados los eventos climatológicos extremos que se han estado presentando. De hecho, ya se han realizado estudios en los que se anticipan incrementos de la vulnerabilidad en la agricultura del maíz [14], el cual es uno de los principales productos de los que depende, en gran medida, la industria alimentaria. Por otra parte, el mismo campo agrícola depende, a su vez, de otro recurso indispensable, el agua; campo en el cual también se han hecho proyecciones acerca de la vulnerabilidad en el consumo de este recurso [15], tipificando una vulnerabilidad Alta para la zona a la cual pertenece San Luis Potosí.

Considerando lo anterior, realmente la vulnerabilidad atribuible al subsector de la Industria Alimentaria debería modificarse por la dependencia de este subsector con respecto a otros sectores o factores que son, sin lugar a dudas, de una vulnerabilidad Alta.

Por otra parte, algo que debe resaltarse y ser tomado en cuenta, es el hecho de que algunas empresas se vuelven vulnerables, no tanto por las materias primas a utilizar, ni por su ubicación o por los recursos hídricos requeridos; más bien, se vuelven vulnerables simplemente por el hecho de que los productos que elaboran, son a su vez, un recurso o materia prima necesaria para otro proceso industrial o para alguna actividad económica. Por ejemplo, en la misma ciudad de San Luis Potosí se ubicó a una empresa dedicada a la fabricación de productos de polietileno, y para la cual sus niveles de producción se vieron tan afectados ya que sus ventas durante dos

años consecutivos se redujeron sustancialmente, como consecuencia indirecta de la actividad agrícola de sus clientes, que resultó impactada como consecuencia de eventos climáticos extremos que afectaron las cosechas en ese periodo.

Como puede apreciarse de lo anterior, se requieren estudios para analizar a través de la cadena de valor para cada producto o rama industrial, cuales son realmente los niveles de vulnerabilidad en cada una de las etapas de dicha cadena, ya que si únicamente se considera a un producto como un elemento fraccionado y extraído de una serie de interrelaciones necesarias para su desarrollo, se perderá de vista la gran importancia, así como el efecto, que otros elementos de la cadena productiva pueden contribuir en el nivel de vulnerabilidad de dicho producto o sector.

REFERENCIAS

- [1]. Arévalo, R. O. (2018). La industria y sus efectos en el cambio climático global. *Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias*, 2(2), 595-611.
- [2]. Mgbemene, C. A., Nnaji, C. C. & Nwozor, C. (2016). Industrialization and its backlash: Focus on climate change and its consequences. *J. Environ. Sci. Technol.*, 9: 301-316.
- [3]. Surminski, S., Di Mauro, M., Baglee, A. R., Connell, R. K., Hankinson, J., Haworth, A. R., Ingirige, B. & Proverbs, D. (2018). Assessing climate risks across different businesses and industries: an investigation of methodological challenges at national scale for the UK. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376 (2121). ISSN 1364-503X
- [4]. Hoffman, A. & Woody, J. (2008). *Climate change: what's your business strategy?* Harvard Business Press.
- [5]. Worrel, E., Bernstein, L., Roy, J., Price, L. & Harnisch, J. (2009). Industrial energy efficiency and climate change mitigation. *Energy efficiency*, vol. 2, 109-123.
- [6]. Jajal, P. & Mishra, T. (2018). Potential climate change mitigation of Indian Construction Industry through a shift in energy efficient technology by 2050, *Adv. Geosci.*, 45, 155–162, <https://doi.org/10.5194/adgeo-45-155-2018>.
- [7]. Instituto Nacional de Ecología. “El Cambio Climático en México”. Recuperado en Mayo de 2013, de: http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/vulne_slp.html
- [8]. Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile. “Cambio Climático”. Recuperado en Mayo de 2013, de: <http://www.mma.gob.cl/1304/w3-propertyvalue-162>
- [9]. Sánchez M. T. y Martínez M. “La Vulnerabilidad de la Industria y los Sistemas Energéticos ante el Cambio Global”. Instituto de Geografía. UNAM, 1999.
- [10]. Sánchez M. T. (2004). Evaluación de la Vulnerabilidad en las Zonas Industriales. *Cambio Climático: una visión desde México*. México, D.F.,
- [11]. INEGI. “Censos Económicos 2009. Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos”. México, 2011.
- [12]. INEGI. “Sistemas de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa”. México, 2000,2002,2012.
- [13]. Secretaría de Desarrollo Económico del Estado, SDE-SLP. “Eje 2: Economía competitiva y generadora de empleos. Programas sectoriales”. San Luis Potosí, SLP, 2009.
- [14]. Conde C. et al. (2004). Impactos del Cambio Climático en la Agricultura. *Cambio Climático: una visión desde México*. México, D.F.
- [15]. Mendoza V. M. (2004). Vulnerabilidad en el Recurso Agua de las Zonas Hidrológicas de México ante el Cambio Climático Global. *Cambio Climático: una visión desde México*. México, D.F.