

# Evaluación de la Huella de Carbono de las Microempresas en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.

Jesús Jovani Gómez Vega<sup>1</sup>

Metzly Desiree Flores Gutiérrez<sup>1</sup>

Elsa Castillo Carrillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de San Luis Potosí

Av. Tecnológico S/N, Col. UPA, Soledad de Graciano Sánchez, México, C.P. 78376 TeL: (444)

818 21 36

[elsa.cc@slp.tecnm.mx](mailto:elsa.cc@slp.tecnm.mx)

## Resumen

En este artículo se presenta una estimación del consumo eléctrico de las microempresas establecidas en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez; la evaluación de su Huella de Carbono y Daños a la Salud Humana utilizando el modelo EcoInvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization; y los beneficios que generaría el uso de electricidad producida a partir de energía fotovoltaica. Se encontró que el consumo de electricidad en las microempresas establecidas en la ZM-SLP-SGC oscila entre 199.34 y 278.79 millones de kw/h; las emisiones de CO<sub>2</sub> de las microempresas en la ZM-SLP-SGS oscilan entre 146 778 y 205 283 toneladas por año; y la sustitución de energía eléctrica convencional por paneles fotovoltaicos representaría una reducción de 92.4% en emisiones de CO<sub>2</sub> y 90% en Disability Adjusted Life Year (DALY).

**Palabras clave** — Impacto ambiental, huella de carbono, consumo energético, microempresa, zona metropolitana, energía renovable, alternativas de mitigación.

## **Abstract**

This article presents an estimate of the electricity consumption of the micro-enterprises established in the Metropolitan Zone of San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez; the evaluation of its Carbon Footprint and Damage to Human Health using the EcoInvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization model; and the benefits that would be generated by the use of electricity produced from photovoltaic energy. It was found that the electricity consumption in the microenterprises established in the ZM-SLP-SGC ranges between 199.34 and 278.79 million kw / h; CO<sub>2</sub> emissions from micro-enterprises in the ZM-SLP-SGS range between 146 778 and 205 283 tons per year; and the replacement of conventional electrical energy by photovoltaic panels would represent a reduction of 92.4% in CO<sub>2</sub> emissions and 90% in Disability Adjusted Life Year (DALY).

**Keywords** — Environmental impact, carbon footprint, energy consumption, microenterprise, metropolitan area, renewable energy, mitigation alternatives.

## **I. Introducción**

La Huella de Carbono (HdC) es un concepto que se utiliza para estimar la forma en que las actividades humanas inciden sobre el clima del planeta al medir la cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociados a la producción y consumo humano. Los gases de efecto invernadero fueron definidos en el Protocolo de Kioto en 1997, y son los componentes que se acumulan en la parte media de la atmósfera de la Tierra y que al absorber parte de la radiación solar contribuyen al calentamiento global.

Aunque no todos GEI son resultado de la actividad humana, el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) se asocia con gran parte de nuestros procesos industriales, entre los que se encuentra la producción de energía eléctrica.

El objetivo de la investigación fue estimar los patrones de consumo de energía eléctrica en microempresas en la zona metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, estimar su impacto en términos de HdC, y evaluar los

beneficios de utilizar energía renovable en términos de reducción de CO<sub>2</sub> y daños a la salud humana .

Las preguntas de investigación son:

1. ¿Qué cantidad de electricidad consumen las microempresas instaladas en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez?
2. Con base en la electricidad consumida ¿Qué cantidad de CO<sub>2</sub> se libera a la atmósfera?
3. ¿Cuál es el beneficio potencial de sustituir la generación convencional de electricidad por energía renovable en términos HdC (emisiones de CO<sub>2</sub>) y daños a la salud humana?

## II. Marco Teórico

El clima se define como “el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinada o en el planeta entero, durante un período de tiempo relativamente largo” (Benavides y León, 2007: 1). Existen factores conocidos como *forzantes* los cuáles ocasionan variaciones en el clima, y son clasificados como internos (actividad volcánica, circulación del oceano, composición de la atmósfera) y externos (variaciones orbitales y solares).

La composición atmosférica es el factor donde las actividades humanas ejercen un mayor grado de influencia, y esto se da especialmente a través de los GEI de origen antropogénico, entre los que destacan el CO<sub>2</sub>, así como los clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) (Benavides y Leon, 2007: 22).

Los GEI se consideran relevantes en el fenómeno del calentamiento global debido a que se acumulan en la parte media de la atmósfera, atrapan la radiación solar que es devuelta por la tierra, y producen un incremento en la temperatura del planeta (Espíndola y Valderrama, 2012).

La huella de carbono se define como “la cantidad de emisión de gases relevantes para el cambio climático asociada a las actividades de producción, o consumo de los seres humanos (Schneider y Samaniego, 2009). Según el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (World Resources Institute, 2004) la huella de carbono individual de una persona, organización o ámbito productivo se conforma por la suma de dos partes:

- La huella primaria, que es la cantidad de emisiones directas de CO<sub>2</sub>, a partir de la quema de combustibles fósiles, incluyendo el consumo de energía y transporte, sobre los cuales tenemos control directo.
- La huella secundaria, que estima la cantidad de emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> de todo el ciclo de vida de los productos que consumimos —aquellos asociados con la manufactura y eventual descarte.

### **Zonas metropolitanas, microempresas y consumo energético**

Una zona metropolitana se forma cuando una ciudad “rebaso su límite territorial político- administrativo para conformar un área urbana ubicada en dos o más municipios” (Sobrino, 2003). La formación de zonas metropolitanas es un proceso socio-espacial cuya dinámica incide y a su vez recibe influencia de fenómenos económicos y sociales tales como la división social y espacial del trabajo, la integración de las regiones al flujo de valor económico local y global, las cadenas de proveeduría y la globalización o especialización selectiva de las economías locales (Bernardes y Castillo, 2007).

Por su contribución en la generación de GEI, las zonas metropolitanas han sido caracterizadas por su densidad residencial y uso de suelo (Dávila-Bugarín, 2016); movilidad urbana, transporte de mercancías y políticas para gestionar la emisión de GEI (Crespo-García et al., 2010). Sin embargo, han sido pocas estudiadas por la contribución de sus unidades económicas a la emisión de GEI.

Al ser vista como una concentración de empresas (la mayoría de ellas de tamaño micro y pequeño, que consumen electricidad, agua, gasolina, y generan residuos

de diferentes tipos), una zona metropolitana debería ser analizada desde una perspectiva socio-energética (Pillet y Odum, 1987), lo que nos lleva a proponer una gestión de la energía y los residuos a partir de la identificación de flujos locales y regionales y aprovechar ventajas de localización y concentración. (Acselrad, 1999).

En este sentido, cabe apuntar que la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez (ZM-SLP-SGS) cuenta con una población de 1.24 millones de habitantes (INEGI, 2020) y 53 mil microempresas (INEGI, 2021). Sin embargo, la mayor parte de la electricidad que se consume en la ZM-SLP-SGS se produce en la central termoeléctrica de Villa de Reyes, la cuál funciona a base de combustóleo, y por tanto, es una importante fuente de GEI. Este municipio cuenta con una población de 52 mil habitantes, pero en él se producen más emisiones de CO<sub>2</sub> que la capital del estado (29% contra 20% con respecto al total estatal, de acuerdo con Medellín et al., 2006). Esto sin mencionar que el proceso de generación de electricidad a través de un ciclo térmico de vapor ha contribuido a la sobreexplotación de su acuífero. En otras palabras, gran parte de los costos ambientales y de salud del consumo energético en la ZM-SLP-SGS son transferidos a otro municipio.

Esto nos da una idea la importancia de la gestión socio-energética que permita aprovechar las ventajas locales, sin comprometer los recursos no renovables y especialmente la salud de las comunidades ajenas a los polos de desarrollo. Como ejemplo, el municipio de San Luis Potosí registra una radiación solar de 5.9 kwh/m<sup>2</sup>, considerada como muy alta, lo que representa un potencial inmejorable para la generación de electricidad mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos (Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía-ESMAP, 2015)

Por lo que toca a las microempresas y su contribución al calentamiento global, la investigación se ha enfocado a caracterizar su impacto ambiental comparando los ámbitos rural y urbano (Priyadarshani et al., 2016); los cambios que produce la educación para el uso de las tecnologías verdes (Rajandran, 2013); y el papel que juegan los modelos diseñados para incentivar las prácticas sustentables, como

es el caso del Mecanismo de Desarrollo Limpio de las Naciones Unidas (CDM por sus siglas en inglés), a través del cuál las empresas que adoptan tecnologías verdes pueden obtener beneficios económicos a través de los certificados de reducción de emisiones o bonos de carbono (Mils y Jacobson, 2011).

### **Daños a la salud humana y su evaluación**

Además de la generación de GEI, el consumo de electricidad basada en combustibles fósiles produce otras externalidades que también es posible evaluar. Los impactos sobre la salud son considerados efectos relevantes en un ciclo de combustibles, pues significan el 95 por ciento de los costos externos calculados. Por lo general, se intenta cuantificar las dimensiones mortalidad, morbilidad y accidentes. El Disability Adjusted Life Year (DALY) es una de las medidas más utilizadas para valorar el efecto que ocasiona la quema de combustibles en la salud humana. “La valoración del elemento mortalidad se basa en el willingness to pay (WTP), que significa la cantidad que una persona estaría dispuesta a pagar por correr riesgo de muerte”. (Saez, Cabal y Varela, 1999).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, un DALY equivale a un año de vida “saludable” perdido. La suma de los DALY en una población, también llamada ‘carga de la enfermedad’, corresponde a una medida de la diferencia entre el estado de salud actual y una situación de salud ideal, donde toda la población vive hasta una edad avanzada, libre de enfermedad y discapacidad (World Health Organization, 2015).

La forma de cálculo de un DALY es:  $DALY = YLL + YLD$

Donde YLL corresponde al número de muertes multiplicado por la esperanza de vida estándar a la edad en que se produce la muerte; mientras que YLD corresponde al número de casos registrados por periodo multiplicado por la duración media de la enfermedad y un factor de ponderación que refleja su gravedad en una escala de 0 (salud perfecta) a 1 (muerte). (World Health Organization, 2015, citado por Segura et al., 2017).

### **III. Metodología**

Se realizó una investigación de tipo cuantitativo, alcance descriptivo y diseño transversal no experimental. Las unidades de estudio son las microempresas establecidas en ZM-SLP-SGS, donde según el Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE), funcionan actualmente 53 016 empresas con 10 o menos trabajadores (INEGI, 2021). Como instrumento para la recolección de información se utilizó un cuestionario, el cual se aplicó utilizando la plataforma Microsoft Forms a una muestra de 113 microempresas. Este tamaño de muestra nos permite trabajar con un margen de error de 8% y un nivel de confianza de 91%.

La muestra se analizó mediante estadística descriptiva, y para ello, se utilizó el software XLSTAT 2016.

Para el análisis de información y la determinación de la huella de carbono y otros impactos ambientales de las microempresas, se utilizó el software ReCiPe: Estimation of Emission Factors for different fuels for electricity generation in Mexico using EcoInvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization (Sánchez, 2015), desarrollado por la Universidad de Harvard.

### **IV. Resultados**

En primer término, se caracterizó la muestra considerando las variables *sectorial que pertenece la empresa, pago bimestral por concepto de electricidad, y consumo en Kw/h por bimestre*. Los resultados se muestran en las tablas 1 y 2.

**Tabla 1. Caracterización de la muestra**

Sector	Frecuencia	
	Frecuencia por categoría	rel. por categoría (%)
Agrícola	6.000	5.357
Comercial	54.000	48.214
Industrial	17.000	15.179
Servicios	35.000	31.250
<b>En promedio ¿cuánto paga bimestralmente por consumo eléctrico?</b>		
De 1001 a 2000 pesos	32.000	28.319
De 2001 a 3000 pesos	12.000	10.619
De 3001 a 4000 pesos	12.000	10.619
De 4001 a 5000 pesos	9.000	7.965
Entre 5001 y 10000 pesos	4.000	3.540
Mas de 10000 pesos	8.000	7.080
Menos de 1000 pesos	36.000	31.858
<b>Consumo en Kw/h por bimestre</b>		
De 239 a 479 kw/h	32.000	28.319
De 718 a 957 kw/h	12.000	10.619
De 957 a 1196 kw/h	12.000	10.619
De 1196 a 1435 kw/h	9.000	7.965
De 1435 a 2871 kw/h	4.000	3.540
Más de 2871 kw/h	8.000	7.080
Menos de 239 kw/h	36.000	31.858

Fuente: Elaboración propia utilizando XLSTAT 2016.

**Tabla 2. Porcentaje de microempresas en la muestra de acuerdo al sector económico y nivel de consumo eléctrico**

	Agrícola	Industrial	Comercial	Servicios
Menos de 239 kw/h	33.3	17.6	38.2	28.6
De 239 a 479 kw/h	0	5.9	34.5	34.3
De 718 a 957 kw/h	33.3	11.8	10.9	5.7
De 957 a 1196 kw/h	33.3	11.8	7.3	11.4
De 1196 a 1435 kw/h	0	23.5	5.5	5.7
De 1435 a 2871 kw/h	0	5.9	1.8	5.7
Más de 2871 kw/h	0	23.5	1.8	8.6

Fuente: Elaboración propia.

Los microempresarios mencionan como principales factores de consumo eléctrico el uso de equipos de refrigeración (23%); equipo industrial como prensas, compresoras, cortadoras y bombas (14.15%); computadoras (13.26%); iluminación (11.5%); y climatización (6.19%).

Al extrapolar los datos a la población de microempresas que funcionan en San Luis Potosí, estratificándolas de acuerdo a su categoría de consumo, se obtuvo la tabla 2, en la que se pueden apreciar tres escenarios. En el primero de ellos, la estimación de consumo anualizado se da como función del límite inferior de cada categoría; en el segundo, se toma como referencia el valor promedio y en el tercero, el límite superior de cada categoría, con base en la siguiente ecuación:

$$CE = \sum_{i=1}^n L * kN * b$$

Donde:

CE= Consumo eléctrico estimado

L=Límite de la puntuación donde se encuentra el centil (inferior, medio, superior)

k= porcentaje de casos del centil

N=Tamaño de la población

b= Número de bimestres considerados para el cálculo anual (6)

**Tabla 3. Escenarios de consumo eléctrico en las microempresas de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez**

Categoría de consumo	Frecuencia relativa por categoría (%)	Escenario de consumo anual ajustado al límite inferior (Kw/h)	Escenario de consumo	
			anual ajustado al valor promedio de la categoría (Kw/h)	Escenario de consumo anual ajustado al límite superior de la categoría (Kw/h)
De 239 a 479 kw/h	28.319	21529187.68	32293781.52	43148455.65
De 718 a 957 kw/h	10.619	24254116.25	28290838.94	32327561.63
De 957 a 1196 kw/h	10.619	32327561.63	36364284.32	40401007.01
De 1196 a 1435 kw/h	7.965	30283248.15	33309040.92	36334833.7
De 1435 a 2871 kw/h	3.540	16158150.8	17503725.03	32327561.63
Más de 2871 kw/h	7.080	64655123.26	67346271.72	70037420.18
Menos de 239 kw/h	31.858	10134031.86	22244199.93	24220336.14
<b>Estimación de consumo anual de las microempresas en la ZM de SLP-SGS</b>		<b>199341419.6</b>	<b>237352142.4</b>	<b>278797175.9</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como puede apreciarse, los escenarios de consumo anualizado oscilan entre 199.34 y 278.79 millones de Kw/h por año. Esta variación puede responder a factores tales como el clima o el incremento o disminución de las actividades económicas. También se detectó que pueden existir discrepancias con los registros de la Comisión Federal de Electricidad, debido a que una parte de las microempresas no cuentan con la tarifa Pequeña Demanda Baja Tensión (PDBT), pues se encuentran registrados como usuarios residenciales.

Posteriormente, se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como los daños a la salud humana medidos en Disability Adjusted Life Year (DALY) para los tres escenarios. Para ello se utilizó el software ReCiPe: Estimation of Emission Factors for different fuels for electricity generation in Mexico using EcolInvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization (Sánchez, 2015).

La ecuación para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de consumir electricidad producida a partir de combustóleo es:

$$GHG_1 = (E * 0.736) / 1000$$

Donde:

GHG= Gases de efecto invernadero (Tons CO<sub>2</sub> eq)

E= Electricidad consumida

La ecuación para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de consumir electricidad producida con un sistema fotovoltaíco techo plano multicristal 3Kwp es:

$$GHG_2 = (E * 0.055) / 1000$$

**Tabla 4. Estimación de Emisiones de CO2 y Daños a la Salud Humana con base en el consumo eléctrico de las microempresas en la ZM de SLP-SGS**

	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	GHG Emissions (Tons CO2eq), Huella de Carbono	HH(DALYs)	GHG Emissions (Tons CO2eq), Huella de Carbono	HH(DALYs)	GHG Emissions (Tons CO2eq), Huella de Carbono	HH(DALYs)
<b>Mezcla Mexicana Bajo Voltaje (Generación residencial, PYMEs y comercio pequeño)</b>	607.94	146778.4	723.87	174766.4	850.264	205283
<b>Fotovoltaica Techo Plano Multicristal 3KWp Mex</b>	58.193	11085.42	69.29	13199.21	81.3889	15503.97
<b>Beneficios del Proyecto</b>	549.75	135693	654.58	161567.1	768.875	189779.1
<b>% of change</b>	-0.904	-0.92448	-0.9043	-0.92448	-0.9043	-0.92448

Fuente: Elaboración propia utilizando Ecolnvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization. Harvard T.H. Chan School of Public Health, Boston MA.

La tabla 3 nos muestra los datos correspondientes a emisiones de CO<sub>2</sub> y DALY con electricidad convencional (Mezcla Mexicana Bajo Voltaje-Generación Residencial, PYMEs y comercio pequeño); y con energía solar (Fotovoltaica Techo Plano Multicristal 3KWp Mex). Como puede apreciarse, en el escenario intermedio, el consumo energético de las microempresas usando electricidad convencional en la ZM de San Luis Potosí-SGS equivale a generar 174 766 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, es decir, un promedio de 3.29 toneladas de CO<sub>2</sub> por microempresa al año; de forma que si la población de microempresas adoptara tecnologías de energía limpia, como es el caso de la energía fotovoltaica, la emisión de CO<sub>2</sub> caería hasta 13 199 toneladas/año, es decir 0.24 toneladas por

microempresa. Cabe señalar que las emisiones no llegan a cero porque la fabricación y transporte de paneles solares también genera GEI.

## V. Conclusiones

La mayoría de las microempresas en la zona metropolitana de San Luis Potosí, hacen uso de la energía convencional, desconociendo el daño que esta genera al medio ambiente y a la salud de las personas. Actualmente existen diferentes alternativas de energía renovable que son igual de efectivas que la energía convencional, teniendo la capacidad de sustituirla sin ningún tipo de problema. En este proyecto, se realizó una investigación y un análisis, para responder a las preguntas

*¿Qué cantidad de electricidad consumen las microempresas instaladas en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez?*

Con base en la información recabada se estima que el consumo de electricidad en las microempresas establecidas en la ZM-SLP-SGC oscila entre 199.34 y 278.79 millones de kw/h.

*Con base en la electricidad consumida ¿Qué cantidad de CO<sub>2</sub> se libera a la atmósfera?*

Utilizando EcoInvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization, se estimó que las emisiones de CO<sub>2</sub> de las microempresas en la ZM-SLP-SGS oscilan entre 146.7 mil y 205.2 mil toneladas por año. Por otra parte, los daños a la salud humana medidos en Disability Adjusted Life Year (DALY) oscilan entre 607 y 850, según el escenario de consumo.

*¿Cuál es el beneficio potencial de sustituir la generación convencional de electricidad por energía renovable en términos HdC (de emisiones de CO<sub>2</sub>) y daños a la salud humana?*

La sustitución de energía eléctrica convencional por paneles fotovoltaicos representaría una reducción de 92.4% en emisiones de CO<sub>2</sub> y 90% en Disability Adjusted Life Year (DALY).

Posteriores investigaciones pueden profundizar en la exploración de modelos técnicos y financieros que faciliten el acceso de las microempresas a la energía renovable estudiando alternativas tecnológicas apropiadas, relación costo-beneficio de implementación, alternativas de financiamiento e incentivos que proporciona el mercado energético nacional e internacional.

## **VI. Referencias**

- Acselrad, H. (1999). Sustentabilidad y ciudad. EURE (Santiago), 25(74), 36-46.
- Benavides H. y León, G. (2007). Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático. ideam-meteo/008. Nota Técnica del IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Subdirección de Meteorología. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf> el 3 de agosto de 202.
- Bernardes, A., & Castillo, R. (2007). Dinámicas metropolitanas en la era de la globalización: la promoción inmobiliaria para empresas en la ciudad de São Paulo, Brasil. EURE (Santiago), 33(98), 45-56.
- Crespo-García, L. C., Cortés, A. G., Arroyo, F. J., & López, M. M. M. (2010). Buenas prácticas en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte. Revista Digital del Cedex, (157), 31-41.
- Dávila-Bugarín, Rafael. "Impacto de la densidad residencial y la diversidad de suelos en el consumo de gasolina. Caso: zonas metropolitanas en crecimiento en México". Tesis de maestría. Centro de Investigación y Docencia Económicas, 2016. <http://hdl.handle.net/11651/675>

- Espíndola, C., y Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163-176.
- INEGI (2021). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Información para la actualización e incorporación de unidades económicas al DENUE. Datos a agosto de 2021. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/> el 5 de agosto de 2021.
- INEGI (2020) Panorama Sociodemográfico de México, San Luis Potosí. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825197971.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197971.pdf) el 6 de agosto de 2021.
- Medellín, P., Ávalos, J., Magaña, V. (2006) Programa de Acción ante el Cambio Climático. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Recuperado de <https://slp.gob.mx/segam/Documentos%20compartidos/ESTUDIOS%20PROGRAMAS%20Y%20PROYECTOS/PEACC.pdf> el 6 de agosto de 2021.
- Mills, E., Jacobson, A. From carbon to light: a new framework for estimating greenhouse gas emissions reductions from replacing fuel-based lighting with LED systems. *Energy Efficiency* 4, 523-546 (2011). <https://doi.org/10.1007/s12053-011-9121-y>
- Pillet, G. y Odum H.T. (1987) *Énergie, écologie, économie*, Ginebra, Suiza, Georg Editeur.
- Priyadarshani, P., Singh, B. M., & Mohanty, H. (2016). Measuring Carbon footprint impacts of microfinance: an Empirical Study of deoghar District, jharkhand. *International Journal of Engineering Sciences and Management*, 78.
- Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía-ESMAP (2015). Evaluación rápida del uso de la energía. San Luis Potosí, México. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170903/28\\_\\_San\\_Luis\\_Potos\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170903/28__San_Luis_Potos_.pdf) el 6 de agosto de 2021
- Rajandran, K. V. R. (2013). Green technologies and business practices: a study on rural microenterprises in PURA scheme villages of Thanjavur District, Tamil Nadu, India. *International journal of environment and sustainable development*, 12(2), 197-203.
- Sáez, R., Cabal, H. y Varela, M. (1999). Costes y beneficios externos de la energía. Metodologías, resultados e influencia sobre la competitividad de las energías renovables. Madrid, España, CIEMAT.
- Sánchez, R. (2015). Estimation of Emission Factors for Different Fuels for Electricity Generation in Mexico using EcoInvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization. Boston, Massachusetts. Harvard T.H. Chan School of Public Health.

Schneider, H. y Samaniego, J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Segura, F., Rivera, P., Velázquez, B., (2017). Hacia una valoración del impacto ambiental de los servicios públicos en México. Comparando el uso de electricidad convencional con energías renovables. Alter Enfoques Críticos, Año 8, Núm. 15. Recuperado de <https://static1.squarespace.com/static/552c00efe4b0cdec4ea42d9f/t/59aeefbaa9db0906a3546bd3/1504636858988/ALTER+15-06.pdf> el 2 de agosto de 2021

Sobrino, J. (2003). Zonas metropolitanas de México en 2000: conformación territorial y movilidad de la población ocupada. Estudios demográficos y urbanos, 461-507.

World Health Organization (2015). Metrics: Disability- Adjusted Life Year (DALY) Quantifying the Burden of Disease from mortality and morbidity. Recuperado de [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/metrics\\_daly/en/](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/)

World Resources Institute (2004). The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard. Recuperado de <http://www.ghgprotocol.org>.