



HUELLA DE CARBONO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO DEL NORESTE DE MÉXICO

CARBON FOOTPRINT OF ELECTRICITY CONSUMPTION OF A UNIVERSITY CAMPUS IN NORTHEASTERN MEXICO

 CARLOS ANTONIO RÍOS-SALDAÑA^{1,2},  CÉSAR MARTÍNEZ-TOVAR¹,
 ERICKA MALDONADO-PESINA¹,  OSCAR MARIO GALARZA-SOSA¹

¹Tecnológico Nacional de México/IT de Linares, Academia de Industrias Alimentarias, Nuevo León, México. E-mail: antonio.rios@biocorima.org

²BioCórima, A. C., Coahuila, México.

Palabras clave:

Resumen

Objetivos de desarrollo sostenible
Auditoría energética
Huella de carbono
Protocolo GEI
Emisiones de alcance 2

Vivimos en una emergencia climática y los niveles de gases de efecto invernadero siguen aumentando. Por estos motivos, “tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos” y “garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos” son dos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, acordados por Naciones Unidas en 2015. Poco a poco, las universidades han ido incorporando estrategias y acciones de desarrollo sostenible. Este trabajo determina la Huella de Carbono del Instituto Tecnológico de Linares (parte del Tecnológico Nacional de México) utilizando el protocolo GEI: Alcance 2. En primer lugar, se realizó un levantamiento de las 10 edificaciones del instituto, con el fin de calcular el consumo anual y índice de consumo de energía eléctrica (ICEE). La Huella de Carbono total del Instituto Tecnológico de Linares en 2018 fue de 141 tCO₂e (emisiones alcance 2). Combinar la auditoría energética con el cálculo de la huella de carbono nos permite, por un lado, diagnosticar los edificios desde el punto de vista de la eficiencia energética y, por otro lado, implementar un plan de mitigación del cambio climático que nos obligue a cumplir con nuestra responsabilidad social ambiental.

Keywords:

Abstract

Sustainable Development Goals
Energy audit
Carbon footprint
GHG Protocol
Scope 2 emissions

We live in a climate emergency and greenhouse gas levels continue to climb. For these reasons, "take urgent action to combat climate change and its impacts" and "ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all" are two of the 17 Sustainable Development Goals, agreed by the United Nations in 2015. Gradually, universities have been incorporating sustainable development strategies and actions. This work determines the Carbon Footprint of the Linares Technological Institute (part of the National Technological Institute of Mexico) using the GHG protocol: Scope 2. Firstly, was carried out a survey and census of the 10 buildings in the institute, in order to calculate the annual consumption and electric energy consumption index (ICEE). The total Carbon Footprint of the Linares Technological Institute in 2018 was 141 tCO₂e (scope 2 emissions). Combining the energy audit with an Carbon Footprint calculation allows us, on the one hand, to diagnose buildings from the point of view of energy efficiency, and on the other hand, to implement a climate change mitigation plan that obliges us to comply with our environmental social responsibility.

Recibido: 03 de marzo de 2023

Aceptado: 22 de junio de 2023

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Introducción

La evidencia científica indica que vivimos en un estado de emergencia climática que debería obligarnos a realizar acciones para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (Lenton et al., 2019). Este cambio climático, es sólo uno de los cuatro límites planetarios que ya han sido rebasados, junto con el cambio en la integridad de la biosfera, cambio en los sistemas terrestres y cambio en el flujo biogeoquímico (Steffen et al., 2015). En este sentido, para mantener el calentamiento global por debajo de 1.5 °C este siglo, el mundo necesita implementar urgentemente políticas y acciones adicionales para reducir casi a la mitad las emisiones anuales de gases de efecto invernadero en los próximos ocho años, de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2021). En este contexto, en el año 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la que se establecen 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) como un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. El objetivo de desarrollo sostenible número 13 (ODS13) es, precisamente, “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”, mientras que el objetivo número 7 (ODS7) hace referencia a “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna”. Desde entonces, los ODS han estado presentes en políticas, tanto de gobierno como de empresas, ya que forma parte de la responsabilidad social ambiental (García Jerez and Quintana Fuentes, 2012; González Ortiz et al., 2020). Además, los objetivos de desarrollo sostenible constituyen un área de investigación que ha experimentado un crecimiento científico exponencial (Sianes et al., 2022).

Asimismo, las Instituciones de Educación Superior también han declarado su compromiso con los ODS (Lozano et al., 2013). Por ejemplo, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) incluye la sustentabilidad como parte de su misión. Sin embargo, aunque el consumo energético es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero, sólo 12 de los 254 campus del TecNM cuentan con un certificado del Sistema de Gestión de Energía (May-Salazar et al., 2019). Por ello, es necesario reforzar las medidas de ahorro de energía, lo que supone la aplicación de estudios y auditorías que, con sólidas bases técnicas, analicen, midan y evalúen los principales consumos de energía, ofreciendo una posibilidad de mejora, modernización y ahorro, con lo que se puede llegar a una mayor eficiencia energética (Morales et al., 2016) y, por lo tanto, una reducción de la huella de carbono. Por huella de carbono se entiende que es una medida de la cantidad total, exclusiva, de emisiones de dióxido de carbono que es causada directa o indirectamente por una actividad o acumulada durante las etapas de vida de un producto

(Wiedmann and Minx, 2008). Este trabajo tiene como objetivo evaluar el consumo eléctrico en aire acondicionado e iluminación, así como la huella de carbono resultante de este consumo, en el Instituto Tecnológico de Linares.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se utilizó como caso de estudio el Instituto Tecnológico de Linares (ITL), un campus del Tecnológico Nacional de México (TecNM). El TecNM es la institución de educación superior tecnológica más grande de nuestro país, está constituido por 254 campus. El TecNM atiende a una población escolar de más de 600 mil estudiantes en todo el territorio nacional, en el ciclo escolar 2018-2019 el TecNM registró una matrícula de 602,511 de licenciatura; de acuerdo con datos del Tecnológico Nacional de México (TecNM, 2020). Por su parte, el ITL se fundó en 1977 y desde entonces ha ido actualizando su oferta educativa en función de las demandas regionales. Actualmente, atiende a casi 700 estudiantes, matriculados en cinco carreras a nivel licenciatura (Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Sistemas Computacionales, e Ingeniería en Industrias Alimentarias). Actualmente cuenta con 11 edificaciones, aunque la más reciente es posterior a la realización de este estudio (Figura 1).

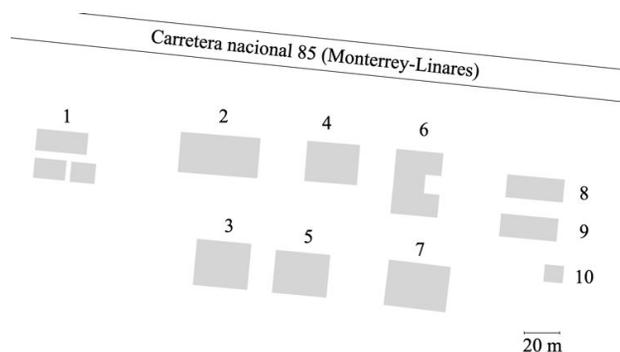


Figura 1. Croquis general del Instituto Tecnológico de Linares: 1 Taller de electromecánica; 2 Escolares; 3 Dirección; 4 Biblioteca; 5 Laboratorio de cómputo; 6 Edificio H; 7 Industrial; 8 Edificio G; 9 Edificio C; 10 Cafetería

Figure 1. General sketch of the Technological Institute of Linares: 1 Electromechanical workshop; 2 Schoolchildren; 3 Address; 4 Library; 5 Computer lab; 6 Building H; 7 Industry; 8 Building G; 9 Building C; 10 Cafeteria

El ITL se ubica en el municipio de Linares y atiende a la población estudiantil de la región citrícola de Nuevo León. Linares es el municipio de mayor importancia en el estado de Nuevo León, después del área metropolitana de

Monterrey (una de las tres áreas metropolitanas más grandes de México), y es considerado un punto de desarrollo de la región citrícola (Padilla y Sotelo, 2014). La región citrícola de Nuevo León, se localiza en la zona central de este estado (entre Coahuila y Tamaulipas), al sureste de Monterrey y su área metropolitana, y está formada por los municipios de Allende, Cadereyta, General Terán, Hualahuises, Linares y Montemorelos (López-López *et al.*, 2014). En las últimas décadas, la región citrícola ha diversificado sus actividades económicas a otras industrias como la industria alimentaria (conservación de frutas y verduras, elaboración de cereales para desayuno, producción de dulces), fabricación de muebles de madera, maquiladoras de partes de automóviles, refinación de petróleo, por mencionar las más significativas (García de León Loza, 2014). De acuerdo con la clasificación de Köppen (García, 1998), el clima predominante es muy seco semicálido (BWhw). Los meses de abril a septiembre son los más cálidos con una temperatura máxima promedio diaria de más de 32 °C, siendo agosto el mes más cálido, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y mínima de 23 °C. La temporada fresca dura poco más de dos meses (de finales de noviembre a principios de febrero) y es enero el mes más frío del año, con una temperatura mínima promedio de 10 °C y máxima de 23 °C (Weather Spark, sin fecha).

Auditoría energética

Las auditorías energéticas consisten en evaluar los principales equipos consumidores de energía, como una herramienta de diagnóstico para alcanzar una mayor eficiencia energética. Las auditorías energéticas se realizan en siete etapas: gestión de autorización, revisión de diagnósticos previos, análisis de facturación, levantamiento, medición de parámetros eléctricos, indicadores de energía y planteamiento de medidas correctivas (Morales *et al.*, 2016). Para la realización de este trabajo, sólo se realizó una de las siete etapas mencionadas antes, el “levantamiento”; es decir, se diseñó un formato en el que se registraron los parámetros eléctricos (potencia, voltaje y corriente) y de uso (horas diarias y días a la semana de uso) de dos categorías: iluminación y aire acondicionado. Esto es equiparable a lo que Morillón *et al.* (2015) definen como una auditoría de “nivel uno o básica”, que consiste en una inspección visual de los equipos consumidores de energía, sin hacer mediciones, por lo que tiene la ventaja de identificar, de forma general, la posibilidad de ahorro energético a un bajo costo. Se evaluaron sólo estas dos categorías (iluminación y aire acondicionado) porque son las que consumen el mayor porcentaje de la energía (Morales *et al.*, 2016). Con esta información se calcularon la demanda instalada, el consumo diario y el consumo semanal (consumo diario por cinco días a la semana). Este levantamiento se realizó para todos los edificios del ITL, durante la primavera del 2018 (entre el 15

de marzo y el 15 de abril). Para comparar el consumo edificio energético de cada del ITL, se utilizó el consumo de energía eléctrica por metro cuadrado de construcción como índice de consumo de energía eléctrica (ICEE). Para calcularlo se utilizó la siguiente fórmula:

$$ICEE = \frac{\text{Consumo anual}(kWh)}{\text{Área construida}(m^2)}$$

El consumo anual se calculó multiplicando los datos de consumo semanal por las 43 semanas del año escolar (excluyendo las semanas de vacaciones y receso de clases, de acuerdo con el calendario del Tecnológico Nacional de México 2018-2019). El área construida se obtuvo, tanto de los planos arquitectónicos como midiendo los edificios in situ.

Huella de carbono

Aunque existen muchos métodos para calcular la huella de carbono, las metodologías reconocidas a nivel internacional están basadas en los principios de relevancia, integridad, consistencia, exactitud y transparencia, de acuerdo con el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO, 2020). Para calcular la huella de carbono se siguió el Protocolo de Gases Efecto Invernadero del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD) (WBCSD and WRI, 2004), que clasifica las emisiones en tres “alcances”: El Alcance 1 son las emisiones directas que ocurren de fuentes que son propiedad o están controladas por la organización, el Alcance 2 representa las emisiones indirectas de la generación de electricidad, calor o vapor comprados por la organización y el alcance 3 son todas las demás emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero que se producen a partir de fuentes que no son propiedad ni están controladas por la organización (incluye diferentes tipos de transporte, viajes de trabajo, etc.). En este trabajo, se calculó la huella de carbono generada por el consumo eléctrico del ITL, es decir, el alcance 2, de la siguiente manera:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Consumo anual}(MWh) \\ \times \text{Factor de emisión eléctrica}$$

Se utilizó el factor de emisión eléctrico del Sistema Eléctrico Nacional para el cálculo de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad, correspondiente al año 2021, publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2021): 0.423 tCO₂e/MWh.

Resultados y discusión

Se contaron un total de 1,729 luminarias, repartidas en todos los edificios del ITL (no se incluyeron las luminarias

exteriores), representando una potencia instalada de 50.4 kW. En lo que respecta a los aires acondicionados, el ITL cuenta con 64 equipos de diferentes capacidades, sumando una potencia instalada de 304.1 kW (Tabla 1).

Por otra parte, los edificios con el índice de consumo de energía eléctrica más elevado son el laboratorio de cómputo, la cafetería y la biblioteca, mientras que los más bajos corresponden al Edificios G y C (Tabla 2). El consumo de electricidad por luminarias y aire acondicionado del ITL, representa una huella de carbono de 141 tCO₂e al año (Tabla 2).

Los resultados de este estudio indican que la huella de carbono procedente del consumo eléctrico en iluminación y aire acondicionado del ITL es de 141 tCO₂e al año. Es importante usar con precaución este valor, puesto que un inventario completo del consumo eléctrico, que incluya

todos los aparatos de laboratorios y talleres, podría incrementar el consumo (y por lo tanto la huella de carbono) hasta en un 50% (Morales *et al.*, 2016); es decir, evaluar completamente el alcance 2. Aunque en la mayoría de las universidades el alcance 2 es el que aporta la mayor contribución a las emisiones de CO₂ (Prasad *et al.*, 2022), no siempre es así, por ejemplo, en la Universidad Autónoma Metropolitana, México, el alcance 2 representa el 24% de las emisiones de CO₂ (Mendoza-Flores *et al.*, 2019), en la Universidad De Montfort, Reino Unido, el 15% (Ozawa-Meida *et al.*, 2013), en la Universidad Politécnica de Madrid, España, el 32% (Álvarez *et al.*, 2014), en la Universidad de Talca, Chile, el 16% (Vásquez *et al.*, 2015), etcétera. Si este fuera el caso del ITL, su huella de carbono podría ser mucho mayor, ya que además de completar el alcance 2, todavía es necesario estimar la huella de carbono

Tabla 1. Consumo de energía diario y potencia instalada para las diferentes categorías del Instituto Tecnológico de Linares

Table 1. Daily energy consumption and installed power for the different categories of the Technological Institute of Linares

Categoría	Consumo diario (kWh)	Consumo semanal (kWh)	Potencia instalada (kW)
Aire acondicionado	1,265.7	6,328.7	304.1
Iluminación	289.5	1,447.7	50.3

Tabla 2. Superficie construida, consumo anual, índice de consumo de energía eléctrica (ICEE) y huella de carbono del Instituto Tecnológico de Linares.

Table 2. Built area, annual consumption, electric energy consumption index (ICEE) and carbon footprint of the Technological Institute of Linares

Tipo	Edificios	Aire acondicionado				Iluminación			Totales			
		Área construida	Consumo anual	ICEE	Huella de carbono	Consumo anual	ICEE	Huella de carbono	Consumo anual	ICEE	Huella de carbono	
		(m ²)	(MWh)	(kWh/m ²)	(tCO ₂ e/MWh)	(MWh)	(kWh/m ²)	(tCO ₂ e/MWh)	(MWh)	(kWh/m ²)	(tCO ₂ e/MWh)	
Mixto	Edificio H	995.5	31.6 (85%)	31.7	13.4	5.6 (15%)	5.6	2.4	37.2	37.4	15.7	
	Escolares	1066.3	37.2 (78%)	34.9	15.7	10.7 (22%)	10.1	4.5	47.9	44.9	20.3	
	Taller de electro mecánica	392.5	8.6 (88%)	22.0	3.7	1.1 (12%)	2.9	0.5	9.8	24.9	4.1	
	Industrial	864.0	49.8 (87%)	57.7	21.1	7.3 (13%)	8.5	3.1	57.2	66.2	24.2	
Aulas	Edificio C	988.0	15.8 (87%)	15.9	6.7	2.3 (13%)	2.4	1.0	18.1	18.3	7.6	
	Edificio G	884.0	7.6 (85%)	8.6	3.2	1.4 (15%)	1.6	0.6	9.0	10.1	3.8	
	Centro de cómputo	730.5	54.0 (84%)	73.9	22.8	10.0 (16%)	13.7	4.2	64.0	87.7	27.1	
Otro	Dirección	745.8	27.0 (73%)	36.3	11.4	9.9 (27%)	13.3	4.2	36.9	49.5	15.6	
	Biblioteca	661.0	33.2 (81%)	50.3	14.1	13.5 (29%)	20.5	5.7	46.8	70.7	19.8	
Cafetería	Cafetería	102.8	7.3 (96%)	70.8	3.1	0.3 (4%)	2.7	0.1	7.6	73.5	3.2	
TOTALES								334.4	48.3*	141.4		

de los alcances 1 y 3. Aun así, la huella de carbono del ITL puede considerarse como un consumo medio-alto, puesto que otros campus del TecNM reportan emisiones de carbono menores, incluso siendo instituciones más grandes; por ejemplo, en el año 2017, el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia y el Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca generaron una huella de carbono de 112 y 118 tCO₂e, respectivamente (May-Salazar *et al.*, 2019). Es preciso mencionar que ambos campus, se ubican en lugares, a priori, menos cálidos que el ITL. Esto es importante porque, en las regiones cálidas, un porcentaje elevado del consumo eléctrico se destina al aire acondicionado, representando casi la mitad del consumo total de energía eléctrica (Calixto-Aguirre and Huelsz-Lesbros, 2018).

En este estudio calculamos un ICEE de 48 kWh/m² para el ITL, ubicándolo como un campus de bajo consumo si consideramos la clasificación de Butler (2008). Asimismo, Calixto-Aguirre and Huelsz-Lesbros (2018) proponen una clasificación más ajustada a la realidad de México, ubicando la media nacional en 63 kWh/m² y la media en climas cálidos en 75 kWh/m². Aunque el consumo total del ITL se mantiene por debajo de los valores propuestos por Calixto-Aguirre and Huelsz-Lesbros (2018), es importante mencionar que el Laboratorio de cómputo tiene un consumo superior a 75 kWh/m² (ver Tabla 2). Por lo tanto, las estrategias de reducción del consumo eléctrico deberían iniciar por este edificio, y vigilar la cafetería y la biblioteca, porque son los siguientes edificios con mayor consumo de energía por metro de construcción. Es pertinente mencionar que Calixto-Aguirre and Huelsz-Lesbros (2018) no encontraron diferencias significativas entre los distintos tipos de usos de los edificios, por lo que no se ha tenido en cuenta. De manera general, para lograr la disminución del consumo eléctrico, la recomendación evidente es reducir la carga térmica interna, es decir, reducir el consumo eléctrico de aparatos e iluminación, por ejemplo, utilizar iluminación LED, usar aires acondicionados Inverter, reglamentar el apagado de aparatos, etcétera; pero el más importante es enseñar a la gente a reducir el consumo. Sin embargo, existen otras acciones que pueden emplearse además de las ya mencionadas. Por ejemplo, se ha comprobado que, en las regiones cálidas de México, pintar las paredes externas de blanco puede reducir la necesidad de climatización en más del 25% (Solís-Recéndez, 2010), mientras que el aislamiento térmico con polietileno expandido, en techo y paredes, reduce el consumo en más del 40% (Solís-Recéndez, 2009). Por otra parte, buscar una certificación en gestión de energía puede ser una buena estrategia para que todo el personal reúna esfuerzos para lograr la optimización de la energía eléctrica; en este sentido, May-Salazar *et al.* (2019) reportan una importante reducción de huella de carbono de los campus del Tecnológico Nacional de México con el certificado en la norma ISO 50001.

Conclusiones

El Instituto Tecnológico de Linares debe implementar un plan de acción para disminuir su huella de carbono, ya que ésta, a pesar de ser un cálculo parcial, es elevada comparada con la de otros Institutos Tecnológicos. Además, con base en los resultados de este trabajo, se muestra la necesidad de hacer una auditoría energética a mayor profundidad, puesto que existen claras áreas de oportunidad para mejorar el consumo de energía eléctrica.

La implementación de diagnósticos o auditorías energéticas, cuando se basan en procedimientos o métodos que tengan sólidas bases técnicas, representa el primer paso para lograr una mayor eficiencia energética. Asimismo, resulta positivo combinar la auditoría energética con un inventario de gases de efecto invernadero. La primera, nos permite diagnosticar los edificios desde el punto de vista de la eficiencia energética y establecer una lista de acciones para mejorar dicha eficiencia; mientras que la segunda, es la base para desarrollar un plan de mitigación del cambio climático que nos obliga a cumplir con nuestra responsabilidad social ambiental.

Agradecimientos

Este trabajo se basó en dos proyectos realizados por alumnos de la asignatura “Ahorro de energía”, de Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico de Linares. Gracias por su contribución a este proyecto (José Lumbreras Saldaña, Efreml Luna Meza, Jaime Barrientos Villarreal y Ángel David Fernández Villarreal).

Bibliografía

- Álvarez, S., Blanquer, M. y Rubio, A. 2014. Carbon footprint using the Compound Method based on Financial Accounts. The case of the School of Forestry Engineering, Technical University of Madrid. *Journal of Cleaner Production*, 66: 224-232.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.050>
- Butler, D. 2008. Architects of a low-energy future. *Nature*, 452: 520-523.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1038/452520a>
- Calixto-Aguirre, V.I. y Huelsz-Lesbros, G. 2018. Consumo de energía en edificios en México. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 13: 40-47.
- García de León Loza, A. 2014. Participación de los sectores productivos en la economía regional, en: López-López, Á., Pando-Moreno, M. (Eds.), Región Cítrica de Nuevo León. Su Complejidad Territorial En El Marco Global. Universidad Nacional Autónoma de México, México, p. 284.

- García, E. 1998. Climas (clasificación de Koppen, modificado por García).
- García Jerez, A. y Quintana Fuentes, L.F. 2012. Responsabilidad social ambiental de las universidades colombianas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3: 123.
<https://doi.org/10.22490/21456453.971>
- González Ortiz, D.A., Díaz Castellar, A.A., Sotelo Zarate, M.J. y Martínez Marciales, Á., 2020. Responsabilidad Social Ambiental y Educación Globalizada. *CITECSA*, 12: 35-43.
- Lenton, T.M., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W. y Schellnhuber, H.J. 2019. Climate tipping points - too risky to bet against. *Nature*, 575: 592-595.
<https://doi.org/10.1038/d41586-019-03595-0>
- López-López, Á., Pando-Moreno, M., García De León Loza, A. y Livas Cantú, J.F. 2014. Delimitación territorial, en: López-López, Á., Pando-Moreno, M. (Eds.), Región Citrícola de Nuevo León. Su Complejidad Territorial En El Marco Global. Universidad Nacional Autónoma de México, México, p. 284.
- Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F.J., Huisingh, D. y Lambrechts, W. 2013. Declarations for sustainability in higher education: Becoming better leaders, through addressing the university system. *Journal of Cleaner Production*, 48: 10-19.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.006>
- May-Salazar, L., Lizárraga-Pinzón, L.M., Rodríguez-Vázquez, L. de la L. y Fernández-Rodríguez, E. 2019. Cálculo de la huella carbono en los tecnológicos del Tecnológico Nacional de México, el caso de los Institutos Tecnológicos certificados en el sistema de gestión de energía. *Revista del Centro de Graduados e Investigación*, 34: 135-141.
- Mendoza-Flores, R., Quintero-Ramírez, R. y Ortiz, I. 2019. The carbon footprint of a public university campus in Mexico City. *Carbon Management*, 10: 501-511.
<https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1642042>
- MITECO 2020. Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Ministerio para la Transición Ecológica.
- Morales, M., González, Ó., Sefoó, C.S. y Morillón, D. 2016. Auditoría Energética a Edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Energías Renovables. *Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4: 10.
- Morillón, D., Escobedo, A., y García, I. 2015. Retos y oportunidades para la sustentabilidad energética en edificios de México: Consumo y uso final de energía en edificios residenciales, comerciales y de servicio. Universidad Nacional Autónoma de México. 123 pp.
- Ozawa-Meida, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J. y Fleming, P. 2013. Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. *Journal of Cleaner Production*, 56: 185-198.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.028>
- Padilla y Sotelo, L.S. 2014. El proceso de urbanización, en: López-López, Á., Pando-Moreno, M. (Eds.), Región Citrícola de Nuevo León. Su Complejidad Territorial En El Marco Global. Universidad Nacional Autónoma de México, México, p. 284.
- Prasad, M.K., Reddy, D.R.B. y Jyothi, K. 2022. A Critical Review on Carbon Footprint of Universities. *Specialis Ugdymas*, 1: 3892-3919.
- SERMARNAT 2021. Factor de emisiones 2021.
- Sianes, A., Vega-Muñoz, A., Tirado-Valencia, P. y Ariza-Montes, A. 2022. Impact of the Sustainable Development Goals on the academic research agenda. A scientometric analysis. *PLoS One*, 17: 1-23.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265409>
- Solís-Recéndez, D. 2010. Análisis Térmico de Medidas Bioclimáticas Simples Aplicadas a Vivienda Económica con Alta Carga Térmica ..., en: XXXIV Semana Nacional de La Energía Solar.
- Solís-Recéndez, D. 2009. Análisis térmico en uso de aislamiento y otras medidas bioclimáticas aplicadas a vivienda económica con alta carga térmica interna en 6 ciudades con clima cálido-seco, en: XXXIII Semana Nacional de Energía Solar.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B. y Sörlin, S. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, (1979): 347.
<https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Tecnológico Nacional de México 2020. Programa de Desarrollo Institucional 2019-2024.
- United Nations Environment Programme 2021. Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On - A World of Climate Promises Not Yet Delivered. Nairobi.
- Vásquez, L., Iriarte, A., Almeida, M. y Villalobos, P. 2015. Evaluation of greenhouse gas emissions and proposals for their reduction at a university campus in Chile. *Journal of Cleaner Production*, 108: 924-930.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.073>
- WBCSD y WRI 2004. The greenhouse gas protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard, Greenhouse Gas Protocol. Washington, DC; Conches-Geneva.

Weather Spark s/f. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Linares. Disponible en: <https://es.weather.spark.com/y/6164/Clima-promedio-en-Linares-México-durante-todo-el-año> [Consultado 25-07-2022].

Wiedmann, T. y Minx, J. 2008. A Definition of “Carbon Footprint,” en: Pertsova, C.C. (Ed.), Ecological Economics Research Trends. Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA, pp. 1-11.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores: **Concepción de la idea:** César Martínez Tovar y Carlos Antonio Ríos-Saldaña. **Análisis formal:** Carlos Antonio Ríos-Saldaña y César Martínez Tovar. **Investigación:** César Martínez Tovar. **Metodología:** César Martínez Tovar, Carlos Antonio Ríos-Saldaña, Ericka Maldonado Pesina y Oscar Mario Galarza. **Supervisión:** César Martínez Tovar. **Validación:** Carlos Antonio Ríos-Saldaña, César Martínez Tovar, Ericka Maldonado. Pesina y Oscar Mario Galarza Sosa. **Redacción - revisión y edición:** Carlos Antonio Ríos-Saldaña, César Martínez Tovar, Ericka Maldonado Pesina y Oscar Mario Galarza Sosa.