

Horizonte sanitario

ISSN (en línea): 2007-7459

Huella ecológica: un análisis por nivel educativo

Ecological footprint through academic training

Artículo Original DOI: 10.19136/hs.a24.1.5933

Lesset del Consuelo Ramos Ramírez ¹ 

Raquel Enedina Medina Carrillo ² 

José Raúl Tapia Varela ³ 

Karla Hilsen García Aragón ⁴ 

Correspondencia: Karla Hilsen García Aragón. Dirección postal: Universidad Autónoma de Tlaxcala. Calle Ciencias de la Salud Sur 11, Barrio de Guardia. C.P. 90750 Zacatelco. Tlaxcala. México.

Correo electrónico: karla.hilsen@gmail.com



Licencia CC-BY-NC-ND



¹ Doctora en Ciencias Ambientales, Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas, Posgrado en Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México.

² Maestra en Ciencias Agrícolas, Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México.

³ Doctor en Ciencias Naturales y Biopsicosociales, Secretaría de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México.

⁴ Doctora en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Zacatelco. Tlaxcala. México.



Resumen

Objetivo: Evaluar y comparar la huella ecológica (HE) en diferentes niveles educativos durante los años 2022 y 2023.

Materiales y métodos: Este trabajo de investigación tuvo un enfoque cualitativo, donde se tomó el instrumento de evaluación de Ibarra-Cisneros y Monroy-Ata (2014), el cual está diseñado para la cultura mexicana.

Resultados: Los resultados arrojaron que el mayor componente de la HE es el transporte en ambos años y el de menor contribución el sector forestal. La HE calculada para el total de encuestados mostró que en el año 2022 con 2.41 hectáreas globales (hag) fue significativamente mayor que para 2023 con 1.99 hag. La HE con respecto al nivel educativo, para ambos años, fue mayor para los estudiantes de bachillerato y docentes. Los resultados de todos los niveles educativos se encuentran arriba de la biocapacidad del planeta (1.51 hag) para ese periodo.

Conclusiones: Que el nivel educativo no está necesariamente asociado al tamaño de la HE, como sí podría estarlo el nivel adquisitivo. Los sectores transporte y energía fueron los que más contribuyeron con el impacto ambiental, ya que su dependencia casi exclusiva con los combustibles fósiles impacta directamente en la generación de gases de efecto invernadero (GEI).

Palabras Claves: Capacidad de carga; impacto ambiental; educación ambiental

Abstract

Objective: Evaluate and compare the ecological footprint (EF) in different stages of academic training, during the years 2022 and 2023.

Materials and methods: This research work had a qualitative approach, where the evaluation instrument of Ibarra-Cisneros and Monroy-Ata (2014) was taken, which is designed for Mexican culture.

Results: The largest component of the EF is transportation in both years and the lowest contribution is the forestry sector. The EF calculated for the total number of respondents showed that in 2022 with 2.41 gha was significantly higher than for 2023 with 1.99 gha. The EF with respect to educational level, for both years, was higher for high school students and teachers, but not for undergraduate students. However, the results of all educational levels are above the biocapacity of the planet (1.51 gha) for that period.

Conclusions: The purchasing power is related to HE and not necessarily the educational level. The transportation and energy sectors contributed the most to the environmental impact, since their almost exclusive dependence on fossil fuels directly impacts the generation of GHG

Keywords: Carrying capacity; environmental impact; environmental education

• Fecha de recibido: 30 de enero de 2024 • Fecha de aceptado: 24 de junio de 2025
• Fecha de publicación: 01 de julio de 2025

Introducción

El cálculo de la huella ecológica se podría considerar como una herramienta de análisis y autoanálisis en materia de sostenibilidad, ya que permite la evaluación del impacto ambiental¹ como consecuencia de las actividades antropogénicas y el efecto de los residuos generados. Los resultados de la huella ecológica se pueden reportar en hectáreas globales (hag)². La huella ecológica evalúa diferentes rubros como son el uso del agua (huella hídrica), transporte (el cual se relaciona con la emisión de GEI), alimentos, energía, recursos forestales e infraestructura³. En la actualidad diversas organizaciones académicas, gubernamentales y no gubernamentales usan esta herramienta para medir el impacto de los hábitos de consumo de la población, promover el desarrollo sustentable, fomentar el vivir dentro de los límites de capacidad de los ecosistemas, entre otras aplicaciones.

En México, la huella ecológica per cápita es de 2.67 hag, la cual se encuentra por arriba del estimado para Latinoamérica (2.46 hag). Ésta ha aumentado casi un 190% en los últimos 50 años en México, posicionándolo en el lugar 49 de los países con mayor déficit ecológico⁴. Por otro lado, a lo largo de las diferentes etapas escolares, la formación académica no está exenta de este análisis, por su constante compromiso en la formación de seres humanos en concordancia con los ODS.

El concepto de educación ambiental surgió en 1972, a raíz de la primera conferencia mundial sobre desarrollo humano, convocada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y celebrada en Estocolmo, Suecia, se destacó la relevancia sobre atender 26 principios que advertían las consecuencias de la acción antropogénica sobre los ecosistemas⁵. De estos principios, el 19 menciona que: “Es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigidas tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos y que preste la debida atención al sector de la población menos privilegiado, para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos de las empresas y de las colectividades inspiradas en el sentido de responsabilidad en cuanto a la protección y mejoramiento del medio en toda su dimensión humana. Es también esencial que los medios de comunicación de masas eviten contribuir al deterioro del medio ambiente y difundan, por el contrario, información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo, a fin de que el hombre pueda desarrollarse en todos sus aspectos”⁵.

En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)⁶ define la educación ambiental, como el “proceso que forma al individuo para desempeñar un papel crítico en la sociedad, con objeto de establecer una relación armónica con la naturaleza, brindándole elementos que le permitan analizar la problemática ambiental a fin de alcanzar mejores condiciones de vida.

La humanidad hasta el 2024 ha transgredido seis de los nueve límites planetarios, estos son: ciclos biogeoquímicos (ciclo del fósforo y ciclo del nitrógeno), uso del agua dulce, cambio del uso del suelo, pérdida de biodiversidad, cambio climático y la contaminación química⁸. Es posible que esa transgresión se deba a la suma de diversos factores como son la falta de políticas públicas comprometidas

con el ambiente, el incumplimiento de la legislación en materia ambiental, el uso indiscriminado de recursos naturales, el cambio del uso del suelo, el crecimiento poblacional que contribuye a la afectación de los ecosistemas y el buen funcionamiento de los mismos, aunado a todos los problemas que se mencionaron previamente.

Los nueve límites planetarios fueron propuestos por primera vez en el 2009 en el Centro de Resiliencia Estocolmo⁸, liderado por el ex director del centro, Johann Rockström y un grupo de 28 científicos de renombre internacional. Cada límite establece los rangos de afectación, así como los umbrales de operación segura para la humanidad, basados en evidencia científica. Los nueve límites planetarios son: 1. Agotamiento del ozono estratosférico, 2. Acidificación del océano, 3. Cambio climático, 4. Interferencia con los ciclos globales del fósforo y el nitrógeno, 5. Tasa de pérdida de la biodiversidad, 6. Uso mundial del agua dulce, 7. Cambio del uso del suelo, 8. Carga por aerosoles y 9. Contaminación química. De sobrepasarse, pondrían en riesgo la habitabilidad de la Tierra.

Rockström y colaboradores⁷ estimaron la evolución cuantitativa de las variables de control para siete de los nueve límites planetarios desde la época preindustrial hasta el presente. En la figura 1, se presentan estos límites planetarios donde la zona uno representa un funcionamiento seguro del límite; la zona dos se caracteriza por ser una zona de incertidumbre y de riesgo medio y la zona tres indica una zona incierta y de alto riesgo. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) considera los límites planetarios para evaluar el estado medioambiental de la Tierra⁸.

Tabla 1. Estimación de la evolución cuantitativa de límites planetarios.



Fuente: Imagen tomada de Stockholm Resilience Centre. Planetary boundaries. Stockholm University, 2024.

La HE se utiliza como un indicador para conocer el grado de impacto que genera un individuo o cierta población sobre el ambiente. En otras palabras, es una herramienta que calcula el espacio terrestre y marino que se necesita para producir los recursos y servicios ecosistémicos que las poblaciones consumen, así como el espacio para absorber los residuos que se generarán. Este concepto fue acuñado por William Rees y Mathis Wackernagel en la década de los 90 el cual se define como “la superficie de tierra productiva o ecosistema acuático necesario para mantener el consumo de recursos y energía, así como para absorber los residuos producidos por una determinada población humana o economía, considerando la tecnología existente, independientemente de en qué parte del planeta está situada esa superficie”⁹. Para llevar a cabo el cálculo de HE es necesario estimar la superficie biológica productiva considerando su utilización en tierras de cultivo, zonas urbanas, pesqueras y de pastoreo, bosques y depósitos naturales que absorben y almacenan dióxido de carbono¹⁰. La HE en la actualidad se aplica a diferentes escalas y existen también programas de cómputo¹¹, aplicaciones y organizaciones que de manera digital y gratuita proporcionan el cálculo de la misma.

En la Cumbre del Tierra, realizada en 1992 en Río de Janeiro, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo¹² se aprobó por más de 178 países la Agenda 21 en donde destaca el artículo 36 el cual plantea un enfoque educativo con miras hacia el desarrollo sostenible, adquirir actitudes a favor del medio ambiente, pretende la formación de ciudadanos con valores, habilidades y actitudes que permitan una convivencia armónica entre los seres humanos, su cultura y su medio ambiente¹³. Veinticuatro años después, en el 2016, entraron en vigor los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus 169 metas de la Agenda 2030, aprobadas por los dirigentes mundiales pertenecientes a las Naciones Unidas¹⁴. Sin embargo, sin el compromiso de la población, sector privado, gubernamental, entre otros, y sin los recursos necesarios para cumplir los ODS y las metas, es complicado lograr un cambio en el mundo¹⁵. El análisis de la HE, se alinea directamente con varios ODS, especialmente aquellos relacionados con el consumo, la producción y el impacto ambiental, tales como ODS 7: Energía asequible y no contaminante; ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, ODS 12: Producción y consumo responsables, ODS 13: Acción por el clima y ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres¹⁴.

Las agendas ambientales promueven la aplicación de herramientas que funcionen como indicadores que fomenten el respeto y protección de los ecosistemas naturales dentro de estándares de vida sostenible. Entre los actores principales que promueven la concientización ambiental destacan las instituciones de educación superior, que se dedican no solo a la generación y aplicación del conocimiento básico, científico y tecnológico, sino adicionalmente en reconocer su capital natural, así como sobre la incidencia sobre el uso razonado de los servicios ecosistémicos para el cumplimiento cabal de sus funciones sustantivas¹⁶.

El entorno escolar es un espacio de formación de hábitos que pueden durar toda la vida e influye en la elección de los alimentos por parte de los estudiantes y docentes. Por ejemplo, el acceso a alimentos saludables que tan deseables y convenientes se ofertan en las escuelas¹⁷. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar y comparar la huella ecológica en diferentes etapas de la formación académica, durante los años 2022 y 2023.

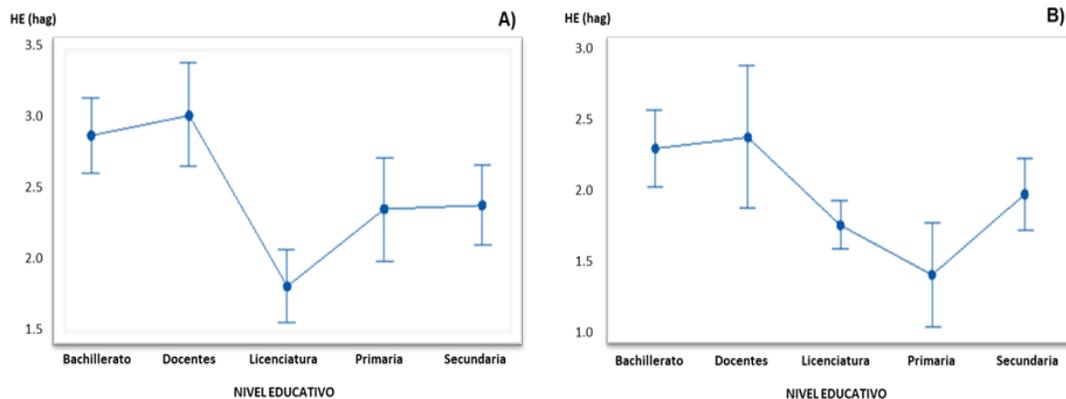
Materiales y Métodos

Este trabajo fue de tipo transversal y observacional, dado que se aplicó un instrumento validado y diseñado por Ibarra-Cisneros y Monroy-Ata³, el cual considera el estilo de vida y los patrones de consumo de la población mexicana. El instrumento se aplicó al inicio de los ciclos escolares 2022-2023 y 2023-2024, como actividad integradora en la unidad de aprendizaje de Ciencia Ambiental y Desarrollo Sustentable del programa académico de Químico Farmacobiólogo de la Universidad Autónoma de Nayarit. Los estudiantes organizados en equipos de trabajo, seleccionaron un grado académico de escuelas públicas urbanas en la ciudad de Tepic, de educación básica y media superior donde les fue autorizada la aplicación del instrumento por las autoridades del centro educativo; mientras que en el caso de educación superior se aplicó a estudiantes de quinto y séptimo semestre del programa Académico de Químico Farmacobiólogo y a docentes del área de la salud. Para los dos periodos se logró aplicar a un total de 282 estudiantes y de 25 docentes ($N = 307$). El instrumento consta de las secciones alimentos, transporte, energía, forestal e infraestructura (esta última con una puntuación constante de 6400 puntos). Los resultados fueron capturados en una hoja de cálculo Excel (Microsoft® 365) y se realizó tratamiento de estadística descriptiva a los datos para mostrar la composición de la HE. La comparación interanual por nivel educativo se realizó mediante una prueba *t* de dos medias para muestras independientes. La comparación de la huella ecológica (expresada en hag) entre niveles escolares se hizo con una prueba de ANOVA para los dos años de estudio.

Resultados

La huella ecológica de 2022 mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre niveles educativos; los estudiantes de secundaria, bachillerato y los docentes tuvieron la mayor huella ecológica (2.37 – 2.96 hag), mientras que para los alumnos de licenciatura fue más baja con 1.83 hag (Figura 3A). En el 2023 la huella ecológica mostró más similitudes entre las categorías formadas que diferencias entre ellas. Se encontraron valores entre 1.57 y 2.41 hag (Figura 3B).

Figura 3. Huella ecológica por nivel educativo en el año 2022 (A) y 2023 (B)



Fuente: Elaboración propia

La comparación interanual por nivel educativo mostró diferencia significativa sólo en los niveles de primaria y licenciatura, con una baja para el 2023 en ambos casos. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Huella ecológica por nivel educativo para los años 2022 y 2023

Nivel educativo	Huella ecológica (hag)		Valor <i>p</i>
	2022	2023	
Primaria	2.34 ^a	1.57 ^b	< 0.01
Secundaria	2.37 ^a	2.06 ^a	0.12
Bachillerato	2.83 ^a	2.33 ^b	<0.01
Licenciatura	1.83 ^a	1.89 ^a	0.71
Docentes	2.94 ^a	2.41 ^b	0.02

Nota: Letras diferentes (a, b) en el mismo renglón indican diferencia significativa, según la prueba de dos medias para muestras independientes, *t* de Student.

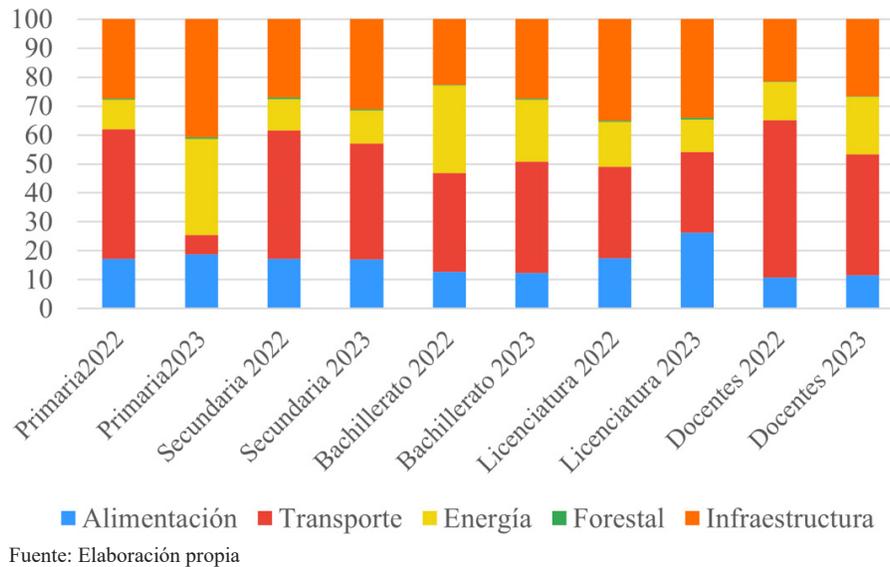
En 2022 el mayor componente de la huella ecológica en todos los niveles educativos encuestados fue el transporte, seguido de la infraestructura, tercera posición fue para la sección de energía, seguida de la alimentación y finalmente el sector forestal. A excepción de los estudiantes de licenciatura donde ocurrió a la inversa; mientras que el sector forestal fue el de menor impacto en todos los grupos participantes. También para 2023, el componente mayoritario fue el transporte con mayor incidencia en docentes, alumnos de secundaria y bachillerato, mientras que para los de primaria y licenciatura lo fue la infraestructura (Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 2. Componentes de la huella ecológica por nivel educativo para los años 2022 y 2023

	2022				
	Primaria	Secundaria	Bachillerato	Licenciatura	Docentes
Alimentación	4020 ^{bc}	4806 ^{bc}	3592 ^c	3197 ^b	3184 ^c
Transporte	10849 ^a	10498 ^a	9643 ^a	5782 ^a	16098 ^a
Energía	2356 ^{cd}	2565 ^c	8574 ^{ab}	2823 ^b	3920 ^c
Forestal	125 ^d	114 ^d	84 ^d	85 ^c	39 ^d
Infraestructura	6400 ^b	6400 ^b	6400 ^b	6400 ^a	6400 ^b
	2023				
	Primaria	Secundaria	Bachillerato	Licenciatura	Docentes
Alimentación	3113 ^c	3508 ^b	2928 ^c	4923 ^b	2762 ^{bc}
Transporte	1111 ^d	8237 ^a	8212 ^a	5224 ^{ab}	10068 ^a
Energía	5042 ^b	2343 ^b	3459 ^c	2106 ^c	4793 ^b
Forestal	105 ^d	98 ^c	84 ^d	90 ^d	46 ^c
Infraestructura	6400 ^a	6400 ^a	6400 ^b	6400 ^a	6400 ^{ab}

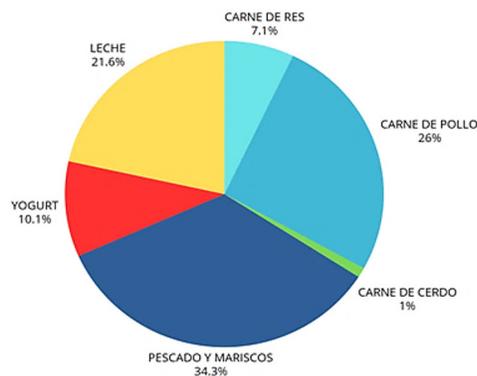
Nota: Letras diferentes (a-d) en una columna, por año, indican diferencia significativa ($p < 0.05$) según la comparación de Tukey.

Figura 2. Composición porcentual de la huella ecológica por nivel educativo para los años 2022 y 2023



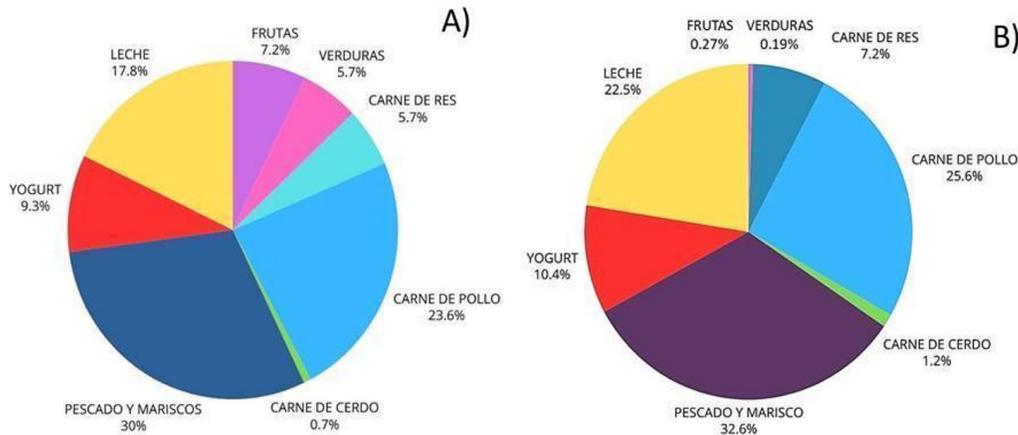
El componente alimentación de la HE, posicionó al consumo de pescados y mariscos en primer lugar con un 34 % para ambos años en todos los niveles educativos incluyendo docentes. Seguido por el consumo de carne de pollo con un 27 % para el 2022 y 24 % para el 2023, en tercer lugar, la ingesta de leche con un 20 % y 23 % para el año 2022 y 2023 respectivamente. En la figura 4, se presenta de manera total para estudiantes y docentes para ambos años, el consumo de proteína de origen animal, donde las carnes blancas fueron las de mayor consumo en un 60.3%.

Figura 4. Consumo de proteína de origen animal para todos los niveles educativos incluyendo docentes (2022 - 2023)



En la figura 5, se presenta el porcentaje alimenticio para los dos años de estudio, en el cual la disminución de alimentos de origen vegetal (frutas y verduras) fue considerable. El consumo de frutas pasó de 7.2 % a 0.27 % y el de verduras de 5.7 % a 0.19 %. Esto es un dato alarmante dado que podría reflejar la malnutrición que sufre la mayoría de la población mexicana actualmente.

Figura 5. Porcentaje alimenticio año 2022 A) y 2023 B) para todos los niveles educativos incluyendo docentes



Fuente: Elaboración propia

Discusión

Componente transporte

La HE que se genera en el área del transporte se relaciona con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por el uso de combustibles fósiles, esto es importante porque las actividades que más han repercutido en el crecimiento de la huella ecológica mundial son la quema de combustibles fósiles, la agricultura y la ganadería¹⁸.

Del total de encuestados para los dos años (2022 y 2023), se obtuvo que el 57 % no poseen automóvil propio en casa y que el 43 % sí cuentan con uno propio; en particular, el 88 % de los docentes cuenta con coche propio. Es importante mencionar que esto podría estar relacionado con el nivel adquisitivo y a las características de la ciudad. Por una parte, los docentes a diferencia de los estudiantes tienen un poder adquisitivo mayor, lo que se refleja en que poseer auto particular y por otro lado el resultado de que el 43 % de los encuestados cuenten con automóvil podría deberse a que Tepic, es una ciudad con una superficie de 5,420.68 ha¹⁹, la cual no se considera una ciudad grande en México, el servicio de transporte público de la ciudad de Tepic depende exclusivamente de los combustibles fósiles. La situación de la movilidad urbana es un tema de importancia ambiental incluida en la agenda 2030 en la mayoría de los países. Científicos del observatorio de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) reportaron datos de 2023 para emisiones de combustibles fósiles, las cuales aumentaron un 1.1 % en comparación con los niveles de 2022, elevando las emisiones fósiles a 36.800

millones de toneladas métricas de dióxido de carbono²⁰. Los sistemas de transporte dominados por los automóviles motivan estilos de vida sedentarios y generan entre el 14 y el 25% de los GEI²¹. Si bien el transporte público es una alternativa económica y de fácil acceso, a diferencia del automóvil particular, en Tepic, Nayarit el parque vehicular del servicio público utiliza procesos de combustión interna, a través de derivados del petróleo, los cuales emiten GEI, lo que hace que, esta forma de movilidad no sea amigable con el ambiente contribuyendo al aumento de la HE y al cambio climático global²².

En México, la SEMARNAT en el 2017¹⁸, reportó que las actividades que más repercuten en el crecimiento de la HE a nivel mundial son el uso de combustibles fósiles, seguido por la agricultura y la ganadería¹⁸. En México el sector transporte es altamente dependiente de los combustibles fósiles, por lo que la inversión en migrar hacia una movilidad que utilice tecnologías más limpias, urbanización sostenible y programas que fomenten la movilidad ecológica tanto en centros de estudios como en la población en general, podrían llevar a una disminución de la huella ecológica en el país.

Componente energía

En la sección de energía se incluyen rubros como el uso de electrodomésticos, cuya eficiencia se relaciona con las emisiones de GEI. El sector residencial ocupa el tercer puesto de mayor consumo de energía en el mundo y se estima que para el 2035 la demanda de electricidad aumentará en un 24 % considerando el crecimiento poblacional, el incremento económico, así como el desarrollo tecnológico e industrial de los países emergentes²³. En México el 80 % del suministro energético total se obtiene de los combustibles fósiles²⁴; en 2019 el petróleo contribuyó un 45.20 %, seguido del gas natural con 37.84 %, uso del carbón 6.44 %, biocombustibles 5.02 %, fuentes de energía eólica y solar 2.75 %, energía nuclear 1.62 %, fuentes hidroeléctricas 1.13 % y en el 2020, los combustibles fósiles representaron el 64.50 % de la capacidad instalada de México y el 72.15 % de la generación eléctrica. Se generó electricidad adicional con las energías hidroeléctrica 8.59 %, eólica 6.31 %, solar 4.33 %, de biomasa 3.49 %, nuclear 3.48 %, y geotérmica 1.46 %²⁵.

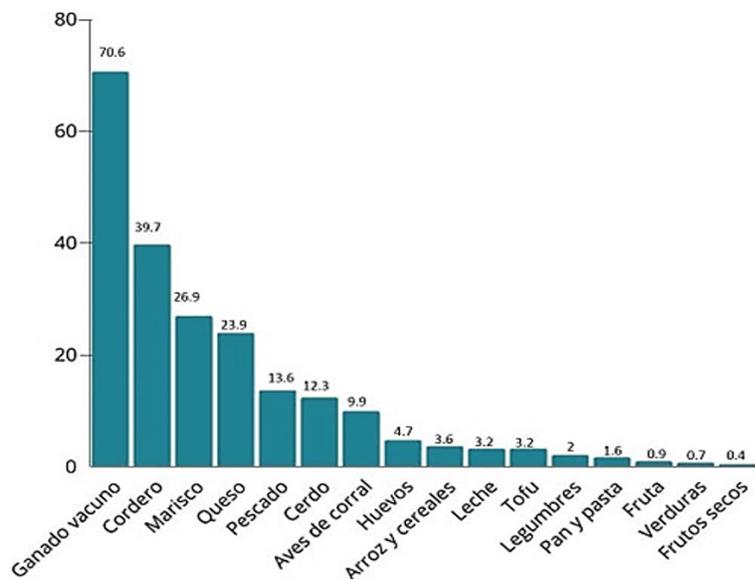
Componente alimentación

En el informe de resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) de Medio Camino²⁶ en México, reportó que las dietas de los escolares son ricas en alimentos que aumentan los riesgos de obesidad o enfermedades crónicas. Del total de encuestados, el 22.6 % consume verduras de manera regular, 81.5 % consume regularmente bebidas azucaradas no lácteas, 61.9 % botanas, dulces y postres y 53.4 % cereales dulces. Para el 2022, la ENSANUT²⁷ reportó que prevalece en adultos y adolescentes el alto consumo de bebidas azucaradas y en preescolares; mientras que en mujeres existen deficiencias de hierro y micronutrientes. En la actualidad, las dietas están caracterizadas por contener un alto contenido de grasas, carnes, carbohidratos y sal; aunado a los cambios negativos en el estilo de vida del hombre, se ha estimado que representan el 60 % de la pérdida de biodiversidad en las tierras para cultivo, de aproximadamente un 70 % de uso de agua dulce y alrededor de un 19 a 29 % de las emisiones de gas efecto invernadero antropogénico²⁸. Esta investigación coincide en que la población



presentó un bajo consumo en verduras y frutas; alto en alimentos de origen animal. Si bien el consumo de carne de res no fue el más alto, tanto éste como el de pescado, mariscos y lácteos, se posicionan dentro de los cinco alimentos con mayor impacto ambiental por las emisiones de GEI que se generan en su producción, con base en lo reportado por la ONU²⁹ (Figura 6). El elevado consumo de proteína de origen acuícola sobre carnes rojas, se podría deber a la ubicación geográfica de Nayarit, dado que colinda con el Océano Pacífico y el acceso a cuerpos de agua brindan una dieta basada de mayormente en pescados y mariscos, seguido de carne de pollo. La huella ecológica respecto a la alimentación, es menor que si fuese por consumo prioritario de carnes rojas, dado que se sabe que la carne de aves, y pescados en conjunto son responsables de alrededor del 17% de GEI, aproximadamente el 53% menos que la carne de res²⁹. El tipo de alimentación en Nayarit podría tener un impacto positivo en la salud dado que dietas basadas en un consumo mayoritario de vegetales y pescado, contribuyen en prevención de diversas enfermedades crónico degenerativas³⁰.

Figura 6. Kilogramos de emisiones de gases de efecto invernadero por cada 100 gramos de alimentos



Fuente: Adaptado parcialmente de Naciones Unidas, 2022

La humanidad en la actualidad requiere de practicar dietas saludables basadas en sistemas alimentarios sostenibles por el creciente aumento mundial de la población, ya que existen condiciones extremas como nutrición deficiente en ciertas poblaciones o alimentación con excesos calóricos entre otras³¹. Llevar una alimentación saludable a lo largo de la vida ayuda a prevenir la malnutrición en todas sus formas, incluyendo diversas enfermedades no transmisibles y otros trastornos. Sin embargo, la globalización, tendencias en redes sociales, el aumento en la oferta y consumo de comida rápida, la gran variedad de alimentos procesados, la rápida urbanización y el estilo de vida han dado lugar a un cambio en los hábitos alimentarios. Actualmente, las personas consumen más alimentos hipercalóricos con exceso de grasas saturadas y alimentos con exceso de sal; por otra parte,

muchas personas no comen suficientes frutas, verduras y fibra dietética, como por ejemplo cereales integrales³². La desnutrición, la obesidad y otros riesgos alimenticios para las enfermedades no transmisibles (ENT) es de las causas más importantes que contribuyen a enfermedades y muertes prematuras en todo el mundo²¹. Una alimentación equilibrada y saludable estará determinada por el entorno (contexto cultural, zona geográfica, alimentos disponibles y sus hábitos alimentarios) y además de las características de cada persona como son: edad, sexo, hábitos de vida y grado de actividad física^{33,34}.

Huella ecológica por nivel educativo

Se reporta que la huella ecológica de niños entre 5 y 6 años (menores a los de esta investigación) está influenciada por el comportamiento de los padres, explicación que podría extenderse hasta al nivel básico de educación ya que en esta edad el consumo se relaciona con los bienes y servicios proveídos por los padres de familia³⁵. En el 2016 en la Universidad de Barcelona se realizó una investigación con profesores en formación, en la cual encontraron que el grupo que se volvió consciente de sus hábitos de consumo fue el que redujo su huella ecológica³⁶. Sin embargo, al igual que los padres de familia, los docentes tienen mayor poder adquisitivo a diferencia de la mayoría de los estudiantes. En estudio realizado por Somalo y Agudo³⁷ observaron que el poder adquisitivo sí se relaciona con el tamaño de la HE, en los años donde se presentó una menor economía la HE fue menor y viceversa.

En el presente estudio, la huella ecológica calculada para el total de encuestados mostró que en el año 2022 con 2.41 hag fue significativamente mayor ($p < 0.05$) que para 2023 con 1.99 hag. En el 2014, se aplicó por primera vez este instrumento de evaluación en estudiantes y el resultado de esa HE estaba dentro de los límites de sustentabilidad global (< 1.61 hag), además de que no hubo diferencias significativas debidas al nivel de estudios, edad o sexo de la muestra³.

La base de datos Footprint Network reporta que en México la HE per cápita fue de 2.5 hag, valor más alto que el encontrado en esta investigación. La disminución de la huella en nuestro país, durante los dos años estudiados coincide con la tendencia global en la que la huella pasó de 2.59 a 2.58 hag (2021-2022); sin embargo, la biocapacidad del planeta también disminuyó en este mismo periodo (1.52 a 1.51 hag). Por lo que todos los resultados para todos los niveles educativos en los dos años se encuentran por encima de la biocapacidad del planeta. Este estudio refleja la ineffectividad de las soluciones propuestas, tanto en instituciones educativas, a nivel local como globales para frenar la crisis ambiental. Prueba de ello es que con base en la Global Footprint Network³⁸ reportó que el 1 de agosto de 2024, el planeta entró en déficit ecológico, y eso significa que los ecosistemas dejaron de ser productivos durante lo que quedó del año. Apostar por la educación ambiental en los diferentes niveles educativos es un punto importante, el impacto de la docencia como base de la investigación en el marco de la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) visualiza tres aspectos: la docencia, la investigación y la extensión; ya que está dirigida a brindarle a cada estudiante las herramientas e instrumentos para que pueda desarrollar plenamente sus potencialidades como persona y profesional, por ejemplo: la construcción de nuevos paradigmas, el avance de la ciencia y la productividad social con total responsabilidad para minimizar y revertir los problemas ambientales ocasionados, así como contribuir con la solución de problemas de la sociedad³⁹.



Conclusiones

La huella ecológica de los estudiantes de todos los niveles educativos y los docentes, para ambos años, superó la biocapacidad del planeta. Los sectores transporte y energía fueron los que más contribuyeron con el impacto ambiental, ya que su dependencia casi exclusiva con los combustibles fósiles impacta directamente en la generación de GEI. La alimentación, aunque con predominancia en el consumo de pescados y mariscos, los cuales tienen menor contribución negativa al ambiente que las otras proteínas de origen animal, fue el tercer factor sobre la huella ecológica. El nivel educativo diferenció el tamaño de la huella ecológica sólo en 2022, cuando los estudiantes de secundaria y bachillerato, y los docentes encuestados mostraron impactar más al planeta con sus hábitos, que los alumnos de primaria y licenciatura. El nivel adquisitivo, como en el caso de los docentes, se relaciona directamente con la HE.

Conflicto de interés

Los autores declararon no tener conflicto de interés.

Consideraciones éticas

El estudio se apegó a los principios éticos estipulados en la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud de México. En el capítulo I y artículos 6, 13, 14, 16, 17, 21 y 36, así como el consentimiento informado que fue entregado y firmado por los participantes, además de que no se recabaron datos personales.

Uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que no han utilizado ninguna aplicación, software, páginas web de inteligencia artificial generativa en la redacción del manuscrito, en el diseño de tablas y figuras, ni en el análisis e interpretación de los datos.

Contribución de los autores

Conceptualización y diseño, L.C.R.R., R.E.M.C.; Curación de datos, R.E.M.C., L.C.R.R., J.R.T.V.; Análisis formal de datos, R.E.M.C.; Adquisición de fondos, L.C.R.R.; Investigación, L.C.R.R.; Metodología, L.C.R.R., R.E.M.C.; Administración de proyecto, L.C.R.R.; Interpretación de datos, R.E.M.C., L.C.R.R., Software, K.H.G.A; Supervisión, K.H.G.A; Validación J.R.T.V., K.H.G.A.; Redacción, R.E.M.C., L.C.R.R., J.R.T.V., K.H.G.A; Revisión, R.E.M.C., L.C.R.R., J.R.T.V., K.H.G.A; Edición del manuscrito, R.E.M.C., L.C.R.R., J.R.T.V., K.H.G.A.

Financiamiento

La realización de esta investigación fue financiada con recursos propios.

Referencias

1. Gwehenberger G, Narodoslowsky M. The ecological impact of the sugar sector: aspects of the change of a key industrial sector in Europe. *Comput Aided Chem Eng* [Internet] 2007 [mayo 2024];24:1029-34. Disponible en: [https://doi:10.1016/S1570-7946\(07\)80196-9](https://doi:10.1016/S1570-7946(07)80196-9)
2. Ahmed Z, Wang Z. Investigating the impact of human capital on the ecological footprint in India: An empirical analysis. *Environ Sci* [Internet] 2019 [Mayo 2024];26 (26): 26782-26796. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36039-6>
3. Ibarra Cisneros JM, Monroy Ata A. Cuestionario para calcular la huella ecológica de estudiantes universitarios mexicanos y su aplicación en el Campus Zaragoza de la Universidad Nacional. *Rev Especializada en Cienc Quim Biol* [Internet] 2014 [Julio 2024];17(2):147-54. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2014000200005&lng=es&tlng=es
4. Montes de Oca GL. El impacto humano en el planeta: La última generación para evitar el día cero. *Vida Científica*. 2024;12(23):8-12. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/377195443_El_impacto_del_humano_en_el_planeta#fullTextFileContent
5. Organización de las Naciones Unidas. ONU: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano; 5 a 16 de junio 1972, Estocolmo [Septiembre 2024]. Disponible en: <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>
6. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT: Compendio de estadísticas ambientales; 2015[Septiembre 2024]. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2015/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServleta7ab.html#:~:text=La%20educaci%C3%B3n%20ambiental%20constituye%20un,problem%C3%A1tica%20ambiental%20actual%20y%20conocer
7. Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin FS, Lambin E, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, De Wit CA, Hughes T, Van der Leeuw S, Rodhe H, Sörlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Fal M, Foley J. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecol Soc* [Internet] 2009[Julio 2024];14(2):32. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
8. Stockholm Resilience Centre. Planetary boundaries [Internet]. Stockholm University, 2024 [Julio 2024]. Disponible en: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>
9. Wackernagel M, Rees WE. Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth [Internet]. Philadelphia: New Society Publishers; 1996 [Julio 2024]. Disponible en: https://www.tboake.com/2013/EF_Reading_Assignment_1of2.pdf



10. Peinado G, Mora A, Ganem J, Ferrari B. Footprints of the contradiction between development and environment: an analysis of socioeconomic metabolism in South America through its ecological and water footprints. *Rev CESLA*. 2020;25:103-22. Disponible en: <https://doi:10.36551/2081-1160.2020.25.103-122>
11. Reinosa VM, Cancino FJ, Ordoñez SCY, Ramírez DL, Pozo BJ. Huella ecológica como indicador de sostenibilidad: perspectiva en Cuba. *Ecovida*. 2021;11(1). Disponible en: <https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/217/html>
12. Naciones Unidas. Conferencias: Medio ambiente y desarrollo sostenible. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil, 3 a 14 de junio de 1992 [Internet] 1992 [Septiembre 2024] Disponible en: <https://www.un.org/es/conferences/environment/rio1992>
13. Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. SEMARNAT. Educación ambiental [Internet] 2024 [Julio 2024]. Disponible en: https://sma.edomex.gob.mx/educacion_ambiental
14. Naciones Unidas. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe [Internet] 2018 [junio 2025]
15. Huerta-Estévez A, Severino-Parra CA, León Flor V. Agenda 2030 y educación de calidad en México, avances en el cumplimiento para el 2030. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* [Internet]. [2023 Julio]; 14(27): e518. Disponible en: <https://doi.org/10.23913/ride.v14i27.1567>.
16. Guerra J, Rincón I. Cálculo de la huella ecológica campus de la Universidad Central de Venezuela. *Luna Azul*. 2017;46:3-19. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3217/321759619002/>
17. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. UNICEF. La importancia del entorno escolar en la alimentación de niñas, niños y adolescentes [Internet] 2021 [Julio 2024]. Disponible en: <https://www.unicef.org/mexico/historias/la-importancia-del-entorno-escolar-en-la-alimentaci%C3%B3n-de-ni%C3%B1as-y-adolescentes>
18. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT. Qué es la huella ecológica; [Internet] 2017 [Agosto 2024]. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-la-huella-ecologica>
19. Ruiz DAYD. Crecimiento urbano de la Ciudad de Tepic Nayarit 2005, 2010, 2015; [Internet] 2018 [Agosto 2024]. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2031/1/Crecimiento%20urbano%20de%20la%20Ciudad%20de%20Tepic%20Nayarit%202005%2C2010%2C2015.pdf>

20. Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio. NASA. Emissions from fossil fuels continue to rise; [Internet] 2023 [Septiembre 2024]. Disponible en: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/152519/emissions-from-fossil-fuels-continue-to-rise#:~:text=Scientists%20early%20analysis%20of%202023,metric%20tons%20of%20carbon%20dioxide>
21. Swinburn BA, Kraak VI, Allender S, Atkins VJ, Baker PI, Bogard JR, Brinden H, et al. The global syndemic of obesity, undernutrition, and climate change: the Lancet Commission report. *Lancet* [Internet] 2019 [Julio 2024]; 393(10173):791-846. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673618328228>
22. Serafini GSL. Externalidades de las emisiones del transporte público en Tepic, México: cambio climático y sustentabilidad. [Internet] 2019 [Julio 2024] Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2019000400034
23. Qurat UA, Igbai S, Khan S, Malik Q, Ahmad, Javaid N. LoT operating system based Fuzzy inference system for home energy management system in smart buildings. *Sensors Basel* [Internet] 2018 [Agosto 2024]; 18(9):1-30. Disponible en: <https://doi:10.3390/s18092802>
24. Organización Latinoamericana de Energía. OLADE. Panorama energético de América Latina y el Caribe 2021. [Internet] 2021 [Junio 2024]; Disponible en: <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2021/#>
25. Monitor Global Energy Wiki. Perfil energético: México. [Internet] 2022 [Septiembre 2024]; Disponible en: https://www.gem.wiki/Perfil_energ%C3%A9tico:_M%C3%A9xico
26. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. Instituto Nacional de Salud Pública. ENSANUT. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016 [Internet] 2016 [Agosto 2024]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/209093/ENSANUT.pdf>
27. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2022: un proyecto representativo del Instituto Nacional de Salud Pública. Instituto Nacional de Salud Pública. ENSANUT 2022 [Internet] 2022 [Agosto 2024]. Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/15056/12431>
28. Shamah-Levy T, Gaona-Pineda EB, Mundo-Rosas V, Gómez-Humarán IM, Rodríguez-Ramírez S. Asociación de un índice de dieta saludable y sostenible con sobrepeso y obesidad en adultos mexicanos. *Salud Publica Mex.* 2020;62(6):745-53. Disponible en: <https://doi:10.21149/11829>
29. Los alimentos y el cambio climático: Una dieta más sana por un planeta más saludable. Naciones Unidas. [Internet] 2022 [Junio 2024]; Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/food>

30. Relación entre hábitos nutricionales y enfermedades crónicas. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel [Internet] 2014[Agosto2024];45(1):6-8. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000100001&lng=es.
31. EAT-Lancet. Dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles. Alimentos Planeta Salud [Internet] 2019[Octubre 2024] Disponible en: https://eatforum.org/content/uploads/2019/04/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report_Spanish.pdf
32. Organización Mundial de la Salud. OMS. Alimentación sana [Internet] 2018[Septiembre 2024]; Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
33. Paloviita A. Developing a matrix framework for protein transition towards more sustainable diets. Br Food J [Internet] 2021[Octubre 2024];123(13), 73-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/bfj-09-2020-0816>
34. Verain MC, Bartels J, Dagevos H, Sijtsema SJ, Onwezen MC, Antonides G. Segments of sustainable food consumers: a literature review. Int J Consum Stud [Internet] 2012[Octubre 2024];36(2):123-32. Disponible en: <https://doi:10.1111/j.1470-6431.2011.01082.x>
35. Simsar A. Young children's ecological footprint awareness and environmental attitudes in Turkey. Child Indic Res [Internet] 2021[Octubre 2024];14(4):1-27. Disponible en: <https://doi:10.1007/s12187-021-09810-7>
36. Fernández M, Alférez A, Vidal S, Fernández MY, Albareda S. Methodological approaches to change consumption habits of future teachers in Barcelona, Spain: reducing their personal ecological footprint. J Clean Prod [Internet] 2016[Octubre 2024]; 122:154-63. Disponible en: <https://doi:10.1016/j.jclepro.2016.02.026>
37. Somalo CL, Agudo VJM. Estimación de todas las componentes de la huella ecológica en Zaragoza, para los años 2005, 2006, 2008 y 2016 e interpretación de resultados [Tesis de licenciatura]. España: Universidad de Zaragoza; 2019. Disponible en: <https://zagan.unizar.es/record/85316/files/?ln=es>
38. Global footprint network. Se acerca el Día de la Sobrecapacidad de la Tierra de 2024 [Internet] 2024[Octubre 2024] Disponible en: https://www.footprintnetwork.org/2024/07/21/earth_overshoot_day_2024/
39. Vera GLJ, Gómez SML, Acosta BYC, Perozo PL. La docencia en el marco de la responsabilidad social universitaria. [Internet]. 2012[Octubre 2024];28(68):257-272. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31025437013>