

# Ecodiseño como estrategia de sustentabilidad en el sistema de producción de barbacoa en el municipio de Capulhuac, Estado de México

Ignacio López Moreno<sup>1</sup>, Omar Miranda Gómez<sup>2</sup>,  
Félix Aguirre Garrido<sup>3</sup>

**Resumen.** Entre los diferentes elementos que caracterizan a la economía circular se encuentra el ecodiseño, entendido como la aplicación de medidas preventivas que ayudan a disminuir el impacto ambiental. El uso de estas innovaciones permite mejorar las cadenas de suministro alimentarias y hacer un uso más eficiente de los recursos. Como caso de estudio, se ha analizado el municipio de Capulhuac, en el Estado de México, que se caracteriza por la producción y venta de barbacoa en el altiplano central. Como parte de este sistema productivo, se han identificado una serie de impactos ambientales derivados de la mala gestión de algunos de sus residuos. En este sentido, el objetivo es proponer una serie de estrategias vinculadas al ecodiseño que permitan reducir los impactos ambientales de este sistema productivo. Mediante revisión documental y trabajo de campo (2023-2025), se propusieron soluciones circulares como el caso de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales, y el vermicompostaje para el aprovechamiento de residuos orgánicos. Se concluye mencionando que el éxito de estas estrategias requiere políticas públicas integradas, financiamiento y capacitación continua que permitan su viabilidad.

**Palabras clave:** Ecodiseño, Capulhuac, Economía circular, Sistema alimentario, Residuos.

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Wageningen. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma.

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Sociales por el Colegio de Jalisco. Correo electrónico: o\_miranda@correo.ler.uam.mx. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma.

<sup>3</sup> Doctor en Ciencias Biológicas y de la Salud por la Universidad Autónoma Metropolitana. Correo electrónico: j.aguirre@correo.ler.uam.mx, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma.

**Abstract.** *Among the different elements that characterize the circular economy is eco-design, understood as the application of preventive measures that help to reduce environmental impact. The use of these innovations makes it possible to improve food supply chains and make more efficient use of resources. As a case study, the municipality of Capulhuac, in the State of Mexico, which is characterized by the production and sale of barbecue in the central highlands, has been analysed. As part of this production system, a series of environmental impacts have been identified because of the poor management of some of its wastes. In this sense, the objective is to propose a series of strategies linked to eco-design to reduce the environmental impacts of this production system. Through documentary review and field work (2023-2025), circular solutions were proposed, such as the case of biofilters for wastewater treatment and vermicomposting for the use of organic waste. We conclude by mentioning that the success of these strategies requires integrated public policies, financing and continuous training to ensure their viability.*

**Keywords:** *Eco-design, Capulhuac, Circular economy, Food system, Waste.*

## INTRODUCCIÓN

La economía circular y el ecodiseño son conceptos estrechamente relacionados y cada vez más demandados en diversos campos. En general, la economía circular y el ecodiseño son enfoques complementarios que tienen el propósito de mejorar la sostenibilidad ambiental y el uso eficiente de los recursos. La economía circular tiene el propósito de transformar los sistemas de producción lineales en sistemas circulares, teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de un producto. El término ecodiseño o también nombrado diseño ecológico, refiere a cualquier forma de diseño que permite reducir el impacto ambiental al estar integrado con el entorno natural (Khan, *et al.*, 2021a). A su vez, implica reinsertar los residuos en el proceso de producción, utilizarlos como materia prima para nuevos productos y minimizar el impacto ambiental (Rodríguez, *et al.*, 2022). Del mismo modo, supone no solo el consumo de energía, sino también otros aspectos ambientales (Barkhausen, *et al.*, 2022).

Para 2021, el 13% de los alimentos producidos a nivel mundial, se perdieron a lo largo de la fase de suministros (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2024, p. XII). A nivel nacional se consumen 1,000 gr. de carne ovina per cápita y se estima que el 90% se destina a la elaboración de barbacoa (Santoyo-Cortés y Martínez-González, 2021). Durante la producción de barbacoa se generan una serie de subproductos que no se aprovechan de forma eficiente, por lo que es necesario idear estrategias para disminuir su desperdicio como la aplicación del ecodiseño tanto de productos como en el desarrollo territorial.

Capulhuac se ha caracterizado por contar con población que se dedica a la elaboración de barbacoa desde finales de los 1950. Este sistema productivo ha dinamizado una cadena de producción y

consumo, además de otras actividades económicas que se desprenden de cada fase de producción y que buscan utilizar los residuos bajo otros fines. En este sentido, se ha planteado el objetivo de proponer una serie de estrategias vinculadas a la noción de ecodiseño que permitan reducir los impactos ambientales de este sistema productivo.

Este documento se integra de la siguiente manera. En primer lugar, se realiza una aclaración metodológica. En segundo término, se expone la relación entre el ecodiseño, la economía circular y el desarrollo sustentable. Después, se hace referencia a la importancia del ecodiseño en la propuesta de políticas públicas. Posteriormente, se expone el contexto ambiental de la producción de barbacoa en Capulhuac. Seguido de ello, se proponen una serie de estrategias de gestión de residuos fundamentadas en la noción de ecodiseño. Finalmente, se generan una serie de conclusiones derivadas del proceso de análisis.

## **Nota metodológica**

El estudio adoptó un enfoque metodológico mixto que combinó la revisión sistemática de literatura especializada con trabajo de campo etnográfico. En la fase documental, se analizaron fuentes académicas con especial énfasis en estudios recientes sobre ecodiseño aplicado a sistemas agroalimentarios, así como documentos normativos como la Estrategia Nacional de Economía Circular (SEMARNAT, 2024). Este análisis permitió identificar mejores prácticas internacionales adaptables al contexto local.

La investigación de campo se desarrolló entre 2023 y 2025 mediante técnicas complementarias: observación participante en el municipio de Capulhuac, donde se documentaron los flujos de residuos mediante diarios de campo; entrevistas semiestructuradas a actores clave (productores, introductores de ganado y funcionarios municipales). El diseño de las propuestas incorporó criterios de viabilidad técnica, económica y social. Esta triangulación metodológica, permitió desarrollar soluciones contextualizadas.

## **Desarrollo sostenible, economía circular y ecodiseño**

En 2015 con la creación de la Agenda 2030 del desarrollo sostenible se presentó una ruta de acción para cumplir los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), este instrumento es una herramienta de planificación y seguimiento con la intención de promover el equilibrio del desarrollo en las diversas regiones del mundo (Cepal, 2019). En este sentido, la economía circular se posiciona como una alternativa para atender algunas metas propuestas por los ODS. Este modelo puede contribuir al cumplimiento de algunos objetivos, como lo son el caso del hambre cero (ODS 2) y de la producción y el consumo responsa-

bles (ODS 12); entre las metas planteadas está la reducción a la mitad de las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro (ONU, 2024).

Aunque la economía circular tiene la potencialidad de incentivar el desarrollo sostenible, esta podría ser contraproducente porque podría contribuir a la degradación sustentable al enfocarse solamente en la eficiencia de los recursos sin considerar el tema de la degradación (Oliveira *et al.*, 2021 citado en Timm, *et al.*, 2023).

En contraste, los principios del ecodiseño se pueden aplicar a la producción de alimentos en toda la cadena de valor para aumentar la sostenibilidad y abordar los desafíos que plantean los sistemas agroalimentarios actuales (Silva, *et al.*, 2023). La implementación de estrategias de diseño ecológico, como el abastecimiento sostenible, el uso optimizado de los recursos y la optimización al final de la vida útil, puede reducir significativamente el impacto ambiental de la producción de alimentos y contribuir al cambio dietético (Saiga, 2023).

La relación de la economía circular con el ecodiseño ha sido abordada para atender problemáticas como el uso de envases y embalajes que permitan el traslado de productos (Huerta, 2020). En el contexto internacional, algunos países han adoptado medidas de ecodiseño para la industria cárnica; principalmente en el uso de empaques (aligerar los envases, mejoras en los materiales o eliminación de algunos elementos nocivos) (MEAT 2030, 2022). En México, se han realizado estudios donde analizan los avances de la aplicación de la economía circular en el sector ganadero en el sureste de México; donde algunas estrategias asociadas con el ecodiseño son la integración de sistemas silvopastoriles intensivos, la valoración de los subproductos y el diseño de cadenas de valor circulares (Villavicencio, *et al.*, 2023).

## **El ecodiseño como una estrategia de política pública**

El ecodiseño puede ser aplicado bajo diversas perspectivas, desde el ámbito de la planeación urbana hasta el desarrollo de productos. Para nuestro objetivo, se harán uso de ambas perspectivas para proponer estrategias de mejora del territorio bajo una perspectiva de economía circular.

El ecodiseño dentro del urbanismo ha sido aplicado bajo diferentes propósitos, como la construcción de corredores viales (Amir, *et al.*, 2022), para la planeación de barrios sostenibles (Farreny, *et al.*, 2011), construcción de vertederos de residuos sólidos (Díez, 2019), fomentar la climatización mediante la captación de lluvias (Guerra-Ayala, *et al.*, 2022).

La aplicación del ecodiseño para el desarrollo territorial (tanto en el entorno urbano como en el rural) debe considerar los siguientes elementos clave: 1) manejar la complejidad de los territorios; 2) hacer que la población y el crecimiento económico sean sostenibles; 3) considerar un proceso de diseño interdisciplinario; 4) contemplar la participación ciudadana; 5) respetar tanto el contexto natural como el construido; 6) emplear diversos métodos de diseño (Barnett y Beasley, 2015). Para el caso de estudio,

al ser un municipio que transita entre modos y formas de vida urbanas y rurales, es necesario considerar el conjunto de elementos para la promoción de estrategias que incentiven la economía circular.

A su vez, el desarrollo de productos con base en la noción de ecodiseño, deben considerar los siguientes aspectos. 1) diseño fácil de ensamblar y desensamblar; 2) de fácil mantenimiento; 3) creado para que se pueda reparar; 4) que se pueda re-manufacturar para mejorar; 5) que se pueda reciclar o compostar; 6) que su diseño sea sustentable en el tiempo y 7) que considere principios de economía compartida (Van Doorselaer, 2022).

En este sentido, las políticas públicas desempeñan un papel crucial en la promoción del ecodiseño como estrategia para la sostenibilidad de los sistemas alimentarios. Además, la integración de la economía a través de regulaciones, mecanismos de precios, impuestos y sistemas comerciales sólidos puede establecer un marco de producción y consumo sostenible (Khan, *et al.*, 2021b).

En el contexto nacional y del Estado de México, se han comenzado a debatir sobre algunos mecanismos de economía circular que comiencen a integrar elementos asociados con el ecodiseño (SEMARNAT, 2024). De manera concreta, existe una propuesta de ley de economía circular en el Estado de México que al momento de la escritura de este documento estaba siendo debatida. Esta iniciativa está tomando como referencia la Ley General de Economía Circular aprobada el 28 de febrero de 2023 por el Gobierno de la Ciudad de México, cuyos tres principales instrumentos de política pública son: (1) Evaluación de Circularidad, (2) Distintivo de Circularidad y (3) Programa de Economía Circular de la Ciudad de México.

En este sentido, entendemos que las políticas públicas y gubernamentales pueden fortalecer la salud de los ecosistemas mediante la adopción de modelos ecológicos sostenibles basados en el suelo, que garantizan una mayor productividad y rentabilidad al tiempo que garanticen un desarrollo sostenible global (Raj, *et al.*, 2021). Al integrar los principios del ecodiseño en las cadenas alimentarias, se pueden optimizar el uso de recursos, minimizar el desperdicio y mejorar los ciclos de vida de los productos.

## El contexto ambiental en la producción de barbacoa en Capulhuac

Capulhuac es un municipio ubicado en el Estado de México, que albergaba en 2020 a 36,921 habitantes; siendo 48.15% del sexo masculino y 51.85% del sexo femenino (INEGI 2020). Este municipio, a su vez, forma parte de la Zona Metropolitana de Tianguistenco, una de las tres del Estado de México. La población de este municipio se dedica principalmente a la elaboración y venta de barbacoa.

Se ha observado que esta actividad económica afecta el entorno natural que rodea al municipio. Aunque existen diversos residuos que se generan a lo largo de esta cadena alimentaria afectando el entorno, se reconocen dos principales: la sangre y el contenido ruminal. Respecto a la sangre, en promedio cada borrego produce entre 0.75 y 1 litro (Veall, 1993) y semanalmente se estima que sacrifican entre 10

y 15 mil borregos (López, 2022), lo que se traduce entre 10 y 15 mil litros de sangre aproximadamente que son derramados al drenaje. Las descargas de aguas residuales son vertidas primordialmente en el Río Xalatlaco (Ayuntamiento de Capulhuac, 2022), siendo los jueves y viernes los días donde mayor cantidad de desechos de este tipo son generados debido a que son los días destinados para el sacrificio de ovinos.

Entre los usos que se les puede dar a este subproducto está la elaboración de platillos y la elaboración de suplementos alimenticios a partir de la elaboración de harina de sangre (Pelcastre *et al.*, 2018). Existen diversas formas de elaborar este producto; mediante procesos más tecnificados hasta procedimientos más artesanales (Cienfuentes, 2007).

Por otro lado, el contenido ruminal es otro subproducto del ovino que no es aprovechado de manera eficiente. Este residuo puede ser empleado de diferentes maneras, 1) como composta para la producción agrícola (Bohórquez-Sandoval, *et al.*, 2020), 2); como biomasa para la generación de combustible (Weimer, 2015) y como fuente de alimentación complementaria para el ganado (Elfaki y Abdelatti, 2016). En promedio el contenido ruminal es de 4 kilogramos por ovino, lo que representa una gran generación de residuos considerando la cantidad de borregos que se sacrifican a la semana. Por tal razón, la cantidad de desechos generada a nivel municipal es un problema público debido al inadecuado manejo de estos residuos. Para ambos casos de aprovechamiento de los residuos, se requiere de fomentar estrategias acordes al contexto territorial y social.

## **Propuestas de ecodiseño para mejorar las condiciones ambientales en el sistema producto barbacoa de Capulhuac**

A continuación, se proponen dos estrategias que ayudarían a mejorar las condiciones ambientales del municipio de Capulhuac como resultado del sistema producto barbacoa. En primer lugar, se propone la implementación de biofiltros como una alternativa que permite el tratamiento de las aguas residuales (Garzón-Zúñiga, *et al.*, 2012 y WSP, 2006), en algunos casos estas tecnologías es una alternativa viable porque genera bajos costos de inversión (Hernández, *et al.*, 2014).

La filtración es un proceso usado para el tratamiento de agua y aguas residuales. En este segundo tratamiento, el proceso de filtración busca producir efluentes de alta calidad para que pueda reutilizarse para varios fines (Chaudhary, *et al.*, 2003). Se ha planteado esta estrategia como una alternativa viable debido a los costos de implementación, los cuales rondan los 4,000 pesos y permiten filtrar en promedio 100 litros por día.

La segunda propuesta consiste en la aplicación de vermicomposteros que coadyuven a la degradación de materia orgánica, como es el caso del contenido ruminal y de los residuos vegetales. El proceso

de compostaje acompañado con el uso de lombriz roja californiana permite degradar la materia orgánica en un promedio de tres meses.

La tabla 1 sintetiza tres estrategias de ecodiseño para gestionar los residuos de la barbacoa en Capulhuac, integrando soluciones técnicas, actores responsables y mecanismos de financiamiento. Cada propuesta parte de diagnósticos locales y experiencias latinoamericanas exitosas, articulando economía circular con políticas públicas y participación comunitaria para garantizar su sostenibilidad.

**Tabla 1.** Propuesta de Ecodiseño para el sistema productivo de barbacoa en Capulhuac

Estrategia	Descripción	Responsables	Fuente de Financiamiento	Impacto Esperado
<b>Biofiltros para tratamiento de aguas residuales</b>	Sistemas de filtrado con materiales locales (tezontle, carbón activado) para tratar aguas contaminadas con sangre	Ayuntamiento de Capulhuac  Cooperativas de productores	Fondos municipales	Reducción de la contaminación de agua
<b>Vermicompostaje de contenido ruminal</b>	Uso de lombriz roja californiana para transformar residuos orgánicos en compost agrícola	Ayuntamiento de Capulhuac  Productores locales	Ayuntamiento de Capulhuac  SECAMPO	Aprovechamiento de residuos ruminales
<b>Harina de sangre para alimentación animal o fertilizante</b>	Secado artesanal de sangre para producir suplemento proteico o biofertilizante	Sector pecuario  Matanceros	SECAMPO	Valorización de la sangre generada

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

En resumen, el ecodiseño se integra como eje transversal en esta propuesta, aplicando principios de economía circular para transformar los residuos de la producción de barbacoa en recursos valiosos. Desde el diseño de los biofiltros hasta los procesos de vermicompostaje, cada solución incorpora criterios de eficiencia ambiental, viabilidad económica y adaptación al contexto local, minimizando el impacto desde la fase conceptual.

La implementación de biofiltros ejemplifica el ecodiseño al utilizar materiales locales (tezontle y carbón activado) que reducen costos y facilitan el mantenimiento. Esta solución, junto con el vermicompostaje de contenido ruminal, demuestra cómo el diseño ecológico puede cerrar ciclos de materiales, transformando problemas ambientales en oportunidades productivas con beneficios económicos para los campesinos.

En cuanto al componente social del ecodiseño, se asociaría con la capacitación a personas para operar estas tecnologías, asegurando su apropiación y sostenibilidad a largo plazo. Financieramente, la propuesta integra mecanismos circulares: los subproductos (compost, harina de sangre) generarán ingresos que retroalimentarán el sistema. Como política pública, esta propuesta deberá alinearse con la Estrategia Nacional de Economía Circular, demostrando cómo el ecodiseño puede traducirse en acciones concretas para los municipios.

## CONCLUSIONES

El ecodiseño es un concepto respetuoso con el medio ambiente que contribuye a la urgente necesidad de un progreso tangible hacia una economía humana sostenible. Los principios del ecodiseño se pueden aplicar a las cadenas alimentarias para reducir el impacto ambiental de la producción de alimentos y promover la sostenibilidad ambiental.

El ecodiseño puede ayudar a abordar los principales puntos críticos ambientales de las cadenas agroalimentarias de manera eficiente y a reducir la generación de residuos, teniendo en cuenta al mismo tiempo los aspectos sociales y económicos de la sostenibilidad. Las prácticas de ecodiseño pueden contribuir a la preservación de la vida silvestre, a la conservación de los recursos naturales y a la sostenibilidad ecológica en general.

La adopción de modelos de diseño ecológico en los suelos puede garantizar una mayor productividad, rentabilidad y un desarrollo sostenible en general del mundo. El diseño ecológico de diferentes sistemas de uso de la tierra, como la agricultura, la silvicultura, la agrosilvicultura y otras prácticas agrícolas, puede ayudar a minimizar la degradación del suelo y garantizar un suelo sano y de calidad, lo que conduce a la sostenibilidad ambiental.

La adopción del diseño ecológico como estrategia de política pública puede fortalecer la salud de los ecosistemas, promover políticas de gestión sostenible, combatir el cambio climático y garantizar la sostenibilidad ambiental general de las cadenas alimentarias.

Las estrategias de ecodiseño, como la implementación de biofiltros, pueden ayudar a reducir el impacto ambiental del sistema de producción de barbacoas en Capulhuac.

El uso de los principios del ecodiseño en las cadenas alimentarias puede mejorar la sostenibilidad y la eficiencia ambiental. Las prácticas de ecodiseño pueden abordar los puntos ambientales críticos de las cadenas agroalimentarias de manera eficiente, reduciendo la generación de residuos y teniendo en cuenta los aspectos sociales y económicos de la sostenibilidad. El ecodiseño puede contribuir a la preservación de la vida silvestre, a la conservación de los recursos naturales y a la sostenibilidad ecológica en general.

### **AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS**

A la S a de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo para la realización del proyecto “Desperdicio en la cadena de suministro de elaboración de barbacoa. Un análisis de economía circular” como parte de la estancia posdoctoral en modalidad académica de la convocatoria 2022(1).

A la Universidad Autónoma Metropolitana, por el apoyo en la realización del proyecto de incidencia social, “Fomento de la economía circular en la producción y consumo de barbacoa en el municipio de Capulhuac, Estado de México. Estrategias hacia la sustentabilidad socioterritorial”.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amir, S., Bonifacius, N., y Poerwoningsih, D. (2022). *Eco-design concept of street corridors as a city image forming*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 999(1): <https://doi.org/012018.10.1088/1755-1315/999/1/012018>
- Ayuntamiento de Capulhuac. (2022). *Plan municipal de desarrollo 2022-2024*. Disponible en <https://capulhuac.edomex.gob.mx/sites/capulhuac.edomex.gob.mx/files/files/PDM%202022-2024/PDM.Capulhuac.2022-2024%2011.08.2022%20ok.pdf>, consultado el 23/06/2025.
- Barkhausen, R., Durand, A., y Fick, K. (2022). Review and Analysis of Ecodesign Directive Implementing Measures: Product Regulations Shifting from Energy Efficiency towards a Circular Economy, *Sustainability*, 14(16): 10318. <https://doi.org/10.3390/su141610318>
- Barnett, J., y Beasley, L. (2015). Ecodesign for cities and suburbs, *Island Press*, Washington, DC: [https://link.springer.com/chapter/10.5822/978-1-61091-406-2\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.5822/978-1-61091-406-2_1)
- Bohórquez-Sandoval, L., García-Molano, F., Murillo-Arango, W., Cuervo-Bejarano, J., y Pulido-Soler, N. (2020). Vermicomposting: a transformation alternative for rumen content generated in slaughterhouses, *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(2): 9201-9212. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n2.80104>
- Cepal, N. U. (2019). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe, *CEPAL*, Santiago de Chile. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c41bc64e-b240-4f80-802d-4a60484a02e4/content>
- Chaudhary, D. S., Vigneswaran, S., Ngo, H. H., Shim, W. G., y Moon, H. (2003). *Biofilter in water and wastewater treatment*. Korean Journal of Chemical Engineering, 20: 1054-1065. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02706936>
- Cienfuentes, O., 2007. *Proceso artesanal de producción de harina de sangre de bovino*. Disponible en [https://www.engormix.com/balanceados/miscellaneous/proceso-artesanal-produccion-harina\\_a27375/](https://www.engormix.com/balanceados/miscellaneous/proceso-artesanal-produccion-harina_a27375/), consultado el 22/06/2025.
- Díez, J. M. B. (2019). Consideración del ecodiseño en la redacción de proyectos y obras de construcción de vertederos. *Ejemplo de aplicación en el vertedero de Artigas*. DYNA, 94(6): 599-599. <http://dx.doi.org/10.6036/9361>
- Elfaki, M. O., y Abdelatti, K. A. (2016). Rumen content as animal feed: a review, *Journal of Veterinary Medicine and Animal Production*, 7(2): 80-88
- Farreny Gaya, R., Rieradevall, J., Oliver i Solà, J., Montlleó, M., Escriba, E., y Gabarrell Durany, X. (2011). The ecodesign and planning of sustainable neighbourhoods: the Vallbona case study (Barcelona), *Informes de la Construcción*, 63:115-124. <https://doi.org/10.3989/ic.11.069>
- Garzón-Zúñiga, M. A., Buelna, G., y Moeller-Chávez, G. E. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e

- industrias, *Tecnología y ciencias del agua*, 3(3): 153-161. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n3/v3n3a11.pdf>
- Guerra-Ayala, M. A., Gutiérrez-Paredes, G. J., y Sandoval-Pineda, J. M. (2022). Ecodiseño de suelo radiante utilizando sistemas de captación de aguas lluvias. *IEEE Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN)*: 1-5. <https://doi.org/10.1109/CONESCAPAN56456.2022.9959277>
- Hernández, D. S., Cortés, J. V., y Calderón, E. J. H. (2014). La biofiltración: Una alternativa sustentable para el tratamiento de aguas residuales. *Vidsupra*, 6 (2): 56-60. <https://www.ciidirdurango.ipn.mx/assets/files/ciidirdurango/docs/VIDSUPRA/REVISTAS/VSV6N2.pdf#page=12>
- Huerta, O. (2020). Ecodiseño de envases para una economía circular, *RChD: Creación y Pensamiento*, 5(9): 1–12. <https://doi.org/10.5354/0719-837X.2020.58303>
- INEGI. (2020). *Censo de población y vivienda 2020*. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados>, consultado el 23/06/2025
- Khan, N., Jhariya, M.K., Raj, A., Banerjee, A., Meena, R.S. (2021). Eco-Designing for Sustainability. Jhariya, M.K., Meena, R.S., Banerjee, A. (eds.) *Ecological Intensification of Natural Resources for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4203-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4203-3_16)
- Khan, N. H., Nafees, M., ur Rahman, A., y Saeed, T. (2021). Ecodesigning for ecological sustainability. En Tariq Aftab y Khalid Rehman Hakeem (eds.) *Frontiers in plant-soil interaction*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90943-3.00019-5>
- López, I. (2022). Capulhuac, la meca de la barbacoa, *Universo agroalimentario*, (8): 47-52. <https://tinyurl.com/56znd5zp>
- MEAT2030, (2022). *La industria cárnica se suma al ecodiseño para mejorar la sostenibilidad de sus envases*. Disponible en <https://meat2030.com/la-industria-carnica-se-suma-al-ecodiseño-para-mejorar-la-sostenibilidad-de-sus-envases/>, consultado el 25/06/2025.
- ONU, (2024). *Objetivos del desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>, consultado el 23/06/2024
- Pelcastre, V., Ramírez, S., Cruz, E. A., Hernández, M., Ruíz, A. K., y Vázquez, G. A. (2018). Aprovechamiento de Sangre Ovina para la Elaboración de un Sustituto de Empanizador, *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 5(10): 1-3 <https://doi.org/10.29057/icbi.v5i10.2875>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2024. Informe sobre el índice de desperdicio de alimentos 2024, *PNUMA, Nairobi*. Disponible en <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/45230;jsessionid=FF67DD5B793BC5B8421E9EF136301845>, consultado el 23/06/2025.
- Raj, A., Jhariya, M. K., Khan, N., Banerjee, A., Poonam, Meena, R. S., y Jakhar, S. R. (2021). Eco-Designing for Soil Health and Services. Jhariya, M.K., Banerjee, A., Meena, R.S., Kumar, S.,

- Raj, A. (eds). *Sustainable Intensification for Agroecosystem Services and Management*, Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-3207-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-16-3207-5_4)
- Rodríguez Martín, J., López-Errasti, O., y Ruiz de Arbulo López, P. (2022). Analysis of the impact of eco-design on the circular economy: a bibliometric analysis of publications in Spain, *Dyna*, 89(224): 140-147. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n224.102669>
- Saiga, D. (2023). Strategy for sustainable food systems-innovation will enhance potential and ensure sustainability in a compatible manner in the agriculture, forestry, fisheries and food sectors, *Nippon Shokubin Kagaku Kogaku Kaishi*, 70 (6): 255–270. <https://doi.org/10.3136/nskkk.NS-KKK-D-23-00006>
- Santoyo-Cortés, V. H., y Martínez-González, E. G. (2021). Tendencias y Modelos de Negocio en la Ovinocultura Mexicana. *XXI Congreso Internacional de Ovinocultura*. [https://www.researchgate.net/publication/351075692\\_Tendencias\\_y\\_modelos\\_de\\_negocio\\_en\\_la\\_ovinocultura\\_mexicana](https://www.researchgate.net/publication/351075692_Tendencias_y_modelos_de_negocio_en_la_ovinocultura_mexicana), consultado el 25/06/2025
- Semarnat. (2024). *Bases para la Elaboración de un Diagnóstico de la Estrategia Nacional de Economía Circular en México*. [https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2024/BASES\\_ELABORACION\\_DIAGNOSTICO\\_PARA\\_ENEC.pdf](https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2024/BASES_ELABORACION_DIAGNOSTICO_PARA_ENEC.pdf), consultado el 24/06/2025
- Silva, B. Q., Vasconcelos, M. W., y Smetana, S. (2023). Conceptualisation of an Ecodesign Framework for Sustainable Food Product Development across the Supply Chain, *Environments*, 10(4): 59. <https://doi.org/10.3390/environments10040059>
- Timm, J. F. G., Maciel, V. G., y Passuello, A. (2023). Towards Sustainable Construction: A Systematic Review of Circular Economy Strategies and Ecodesign in the Built Environment, *Buildings*, 13(8): 2059. <https://doi.org/10.3390/buildings13082059>
- Van Doorselaer, K. (2022). The role of ecodesign in the circular economy. En Alexandros stefanakis y Ioannis Nikolaou (eds.), *Circular Economy and Sustainability*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819817-9.00018-1>
- Veall, F. (1993). *Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo Food & Agriculture Organization*. <https://www.fao.org/3/t0566s/T0566S05.htm#:~:text=Para%20las%20ovejas%2C%20de%200,los%20cerdos%2C%20de%203%20litros>, consultado el 23/06/2025
- Villavicencio, M., Salazar, M., y Meléndez, J. (2023). Adaptación al cambio climático con enfoque de economía circular para reducir la vulnerabilidad del sector ganadero extensivo en México: estado del arte. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 23(44): 1-26. <http://www.elcoltlax.edu.mx/openj/index.php/ReyDS/article/view/252>
- Weimer, P.J. (2015). Ruminant Fermentations to Produce Liquid and Gaseous Fuels. En Puniya, A., Singh, R., Kamra, D. (eds.), *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution*, Springer, New Delhi. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3\\_18](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3_18)

WSP. (2006). *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades*. WPS. Disponible en <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Proyecto-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-con-Biofiltros.pdf>, consultado el 24/06/2025

