11. Eficiencia energética para el desarrollo regional sustentable: Bioaislamiento en climas tropicales del sureste de México

José Alberto Morales Bolaina*
María Lyssette Mazó Quevedo**
Gloria Ivette Bolio López***

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.428.11

Resumen

Este capítulo analiza la eficiencia energética como estrategia para el desarrollo regional sustentable en los climas tropicales del sureste de México. Desde un enfoque interdisciplinario, se examina la relación entre energía, territorio y bienestar social, integrando dimensiones ambientales, sociales, económicas y políticas. Se enfatiza el uso de energías renovables y tecnologías pasivas de aislamiento térmico elaboradas con materiales de bajo impacto ambiental como alternativas para reducir el consumo eléctrico y las emisiones asociadas a la climatización artificial. Asimismo, se destaca la relevancia del análisis de ciclo de vida para evaluar los impactos ambientales y fortalecer la resiliencia territorial en contextos climáticos complejos.

Palabras clave: *desarrollo regional sustentable, eficiencia energética, aislamiento térmico sustentable, energías renovables, climas tropicales*

* Ingeniero Ambiental. Profesor de Asignatura de la Universidad Popular de la Chontalpa. Tabasco, México. jose.bolaina@upch.mx. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-0460-5631
** Doctora en Turismo. Profesora de Tiempo Completo de la Universidad Popular de la Chontalpa. Tabasco, México. mlmazo.quevedo@upch.mx. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9174-3704
*** Doctora en Ciencias en Materiales Poliméricos. Profesor Titular "A" de Tiempo Completo de la Universidad Popular de la Chontalpa. Tabasco, México. gloria.bolio@upch.mx. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0894-2583

Introducción

El desarrollo regional sustentable implica la articulación equilibrada entre el crecimiento económico, la equidad social y la conservación ambiental en un territorio determinado. En México, esta visión cobra especial relevancia en las regiones tropicales del sureste, como Tabasco, Campeche, Chiapas y Quintana Roo, donde las condiciones climáticas extremas, la desigual distribución de recursos y la alta vulnerabilidad ambiental demandan estrategias innovadoras de gestión energética y adaptación al cambio climático.

El consumo de energía en edificaciones representa uno de los principales desafíos para alcanzar la sustentabilidad territorial. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023), los sectores: residencial y de servicios, consumen más de 30% de la energía global, gran parte de la cual se destina a climatización artificial. En las regiones tropicales de México, el incremento de las temperaturas y la humedad genera una fuerte dependencia de sistemas de enfriamiento, lo que eleva los costos económicos y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Ante esta problemática, el uso de energías renovables, como la solar, eólica y biomasa, junto con el desarrollo de tecnologías pasivas de aislamiento térmico, se presenta como una alternativa viable para reducir la demanda energética y mejorar las condiciones de habitabilidad. Estas acciones contribuyen directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7: Energía asequible y no contaminante; ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles; y ODS 13: Acción por el clima), promoviendo modelos locales de producción y consumo basados en eficiencia, innovación y respeto ambiental. El presente trabajo se analiza la relación entre la planificación energética y el desarrollo territorial sustentable, considerando la incorporación de tecnologías limpias y materiales de bajo impacto ambiental en la infraestructura regional.

Antecedentes

El desarrollo regional sustentable en México ha evolucionado a partir de la necesidad de equilibrar los procesos económicos, sociales y ambientales dentro de los territorios. A lo largo de las últimas décadas, los modelos de

crecimiento se han basado en la explotación intensiva de los recursos naturales, lo que ha derivado en desigualdades espaciales, deterioro ambiental y vulnerabilidad climática, especialmente en regiones tropicales con alta densidad poblacional y limitada infraestructura energética

Durante el siglo XX, el concepto de desarrollo se entendía casi exclusivamente en términos de crecimiento económico; sin embargo, a partir de la Conferencia de Estocolmo en 1972 y la Cumbre de Río en 1992, surgió el paradigma del desarrollo sustentable, centrado en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de las generaciones futuras (ONU, 2015a). Este cambio de paradigma dio origen a políticas y estrategias que promueven la integración de las dimensiones ambiental, social y económica en los procesos de planificación regional

En este contexto, las energías renovables han adquirido un papel fundamental como herramientas de transformación regional. Tecnologías como la energía solar, eólica, hidráulica y de biomasa ofrecen alternativas viables para la generación descentralizada de energía, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y fortaleciendo la seguridad energética local. La adopción de estas fuentes contribuye, además, a la disminución de emisiones de GEI y al cumplimiento de los compromisos internacionales establecidos en el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, ratificados por México.

Por otro lado, el cambio climático ha intensificado las condiciones de calor y humedad en el sureste del país, incrementando la demanda energética destinada a climatización. De acuerdo con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, 2024), los hogares en zonas tropicales pueden triplicar su consumo eléctrico durante el verano, principalmente por el uso de sistemas de aire acondicionado. Esto evidencia la necesidad de soluciones pasivas, como los sistemas de aislamiento térmico, que optimicen el uso de energía sin comprometer el confort térmico.

En este sentido, realizar un análisis académico sobre el aislamiento térmico en climas tropicales cobra relevancia dentro de la formación de posgrado en energía y desarrollo sustentable, ya que permite vincular la teoría del desarrollo regional con la aplicación práctica de tecnologías limpias y materiales alternativos. La ejecución de un proyecto de bioaislante térmico a base de residuos reciclados y briofitas representa un ejemplo concreto de innovación tecnológica sustentable: combina el aprovechamiento de dese-

chos de la región con el uso de organismos vegetales de bajo mantenimiento para mejorar la eficiencia energética de las edificaciones. Este tipo de iniciativas no solo promueven la economía circular, sino que refuerzan las capacidades locales de adaptación climática y contribuyen a la autonomía energética de los territorios tropicales.

A nivel regional, estados como Tabasco y Campeche han iniciado programas de promoción de eficiencia energética y construcción sustentable, con el propósito de integrar criterios bioclimáticos en las edificaciones. Estas acciones se enmarcan en la política nacional de transición energética y en los objetivos del Plan Estatal de Desarrollo 2024-2030, orientados a fortalecer la resiliencia territorial y reducir la vulnerabilidad ambiental.

Justificación

El estudio sobre energías renovables y aislamiento térmico en climas tropicales resulta fundamental para promover la eficiencia energética y reducir los impactos ambientales derivados del uso excesivo de sistemas de climatización artificial. En regiones del sureste mexicano, donde las altas temperaturas y la humedad influyen directamente en la calidad de vida y el gasto energético, es prioritario implementar soluciones basadas en recursos locales y principios de sostenibilidad.

Analizar el potencial del aislamiento térmico como estrategia de desarrollo regional sustentable permite vincular la investigación académica con la innovación tecnológica y la gestión ambiental. Este enfoque contribuye a fortalecer la autonomía energética de las comunidades, a reducir emisiones contaminantes y a fomentar una cultura de aprovechamiento responsable de los recursos naturales, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la transición energética nacional.

Objetivo

Analizar, desde una perspectiva territorial y ambiental, el papel de las energías renovables y las estrategias de aislamiento térmico en climas tropicales

del sureste de México, valorando su potencial para reducir el consumo energético y las emisiones asociadas. Asimismo, reconocer la importancia del análisis de ciclo de vida como herramienta para evaluar los impactos y beneficios ambientales de estas tecnologías dentro del marco del desarrollo regional sustentable.

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo–analítico con apoyo de información cuantitativa secundaria, orientado a analizar la eficiencia energética como estrategia para el desarrollo regional sustentable en climas tropicales del sureste de México, con énfasis en el uso de tecnologías pasivas de bioaislamiento térmico. Se adoptó un diseño no experimental, descriptivo y transversal, al examinar fenómenos existentes sin manipulación directa de variables (Hernández-Sampieri et ál., 2018).

El área de estudio comprendió los estados de Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, seleccionados por sus condiciones de clima cálido-húmedo, alta demanda energética para climatización y vulnerabilidad socioambiental. La delimitación territorial permitió integrar el análisis energético con variables sociales, económicas y ambientales propias del desarrollo regional sustentable (SEMARNAT, 2023).

La metodología se estructuró en tres etapas. En la primera, se realizó una revisión documental sistemática de literatura científica, informes técnicos y marcos normativos relacionados con eficiencia energética, aislamiento térmico, energías renovables y sostenibilidad territorial. Las fuentes incluyeron organismos internacionales y dependencias gubernamentales, priorizando información actualizada y de acceso abierto (IEA, 2023; ONU, 2015-b).

En la segunda etapa, se efectuó un análisis territorial y socioenergético mediante el uso de indicadores climáticos, demográficos y energéticos obtenidos de fuentes oficiales como INEGI y CONEVAL. Estos datos permitieron caracterizar patrones de consumo energético, condiciones de habitabilidad y pobreza energética en la región (INEGI, 2020; CONEVAL, 2022).

Finalmente, se evaluó el potencial del bioaislamiento térmico como tecnología pasiva, considerando materiales elaborados con residuos plásticos

y agroindustriales y su contribución a la eficiencia energética. Se incorporó el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como herramienta conceptual para identificar beneficios ambientales, reducción de emisiones y aportes a la economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2019; UNEP, 2020). La información fue analizada mediante técnicas de análisis de contenido y triangulación de fuentes, fortaleciendo la validez del estudio y su alineación con los enfoques de desarrollo regional sustentable (OCDE, 2019).

Resultados obtenidos

Características del territorio

El sureste de México constituye una región estratégica para el desarrollo nacional debido a su diversidad ecológica, sus recursos energéticos y su papel histórico en la configuración económica del país. Esta región, conformada por los estados de Tabasco, Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán, presenta condiciones de clima cálido-húmedo tropical, con temperaturas promedio superiores a los 26 °C y precipitaciones anuales que rebasan los 2,000 mm (SEMARNAT, 2023). Su relieve predominantemente plano, sumado a la abundancia de ríos, lagunas y humedales, le confiere un alto valor ambiental, pero también una vulnerabilidad significativa ante inundaciones y eventos hidrometeorológicos extremos.

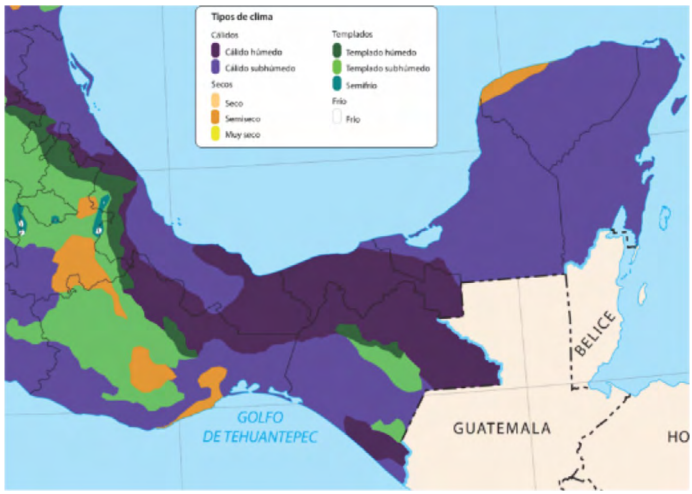
En términos energéticos, la región combina una dependencia histórica de fuentes fósiles con un alto potencial para la transición hacia energías renovables. La radiación solar promedio diaria oscila entre 5 y 5.5 kWh/m², lo que convierte al sureste en un territorio idóneo para el aprovechamiento de tecnologías fotovoltaicas y térmicas. Asimismo, los residuos agrícolas y forestales, junto con la biomasa disponible, representan fuentes complementarias para la generación de energía limpia (CONUEE, 2024). Estos recursos permiten promover modelos de desarrollo regional sustentable basados en la autosuficiencia y en la descentralización energética.

Desde la perspectiva socioeconómica, el desarrollo regional del sureste refleja una distribución desigual del ingreso y de los servicios públicos, con zonas urbanas en expansión (como Villahermosa, Mérida o Cancún) que

contrastan con comunidades rurales donde prevalecen rezagos en infraestructura y acceso a la energía (CONEVAL, 2022). Este fenómeno, conocido como macrocefalia urbana, se relaciona con la concentración de población y de actividades económicas en unos pocos polos de desarrollo, dejando amplias áreas rurales marginadas del progreso.

En el ámbito ambiental, el cambio climático constituye un desafío estructural para la región. Como se muestra en la figura 11.1, las variaciones de temperatura, el aumento del nivel del mar y la pérdida de ecosistemas naturales inciden directamente en la seguridad energética, alimentaria y territorial (IPCC, 2023). En este escenario, las energías renovables y las tecnologías pasivas de aislamiento térmico emergen como alternativas que no solo reducen el consumo energético, sino que fortalecen la resiliencia climática local.

Figura 11.1. *Mapa del sureste de México con características climáticas*



Nota. La imagen muestra la distribución de los tipos de clima en México, destacando la predominancia de climas cálidos húmedos y cálidos subhúmedos en el sureste del país, particularmente en estados como Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Estas regiones se caracterizan por altas temperaturas durante gran parte del año y elevados niveles de precipitación, lo que favorece una intensa ganancia térmica en las edificaciones. Tomada de la Nueva Escuela Mexicana, de ¡Mira lo que me encontré viajando por la región Sureste de México! (SEP, 2023).

El análisis de estas condiciones territoriales evidencia que el sureste mexicano reúne los elementos idóneos para desarrollar e implementar es-

trategias integrales de sustentabilidad. En particular, la aplicación de sistemas de aislamiento térmico elaborados con materiales sostenibles y evaluados mediante análisis de ciclo de vida puede contribuir al fortalecimiento del desarrollo regional sustentable, articulando innovación tecnológica, planificación territorial y aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Dimensión ambiental

La región sureste de México posee una de las mayores riquezas naturales del país. Su territorio combina selvas, manglares, humedales y llanuras costeras con una amplia disponibilidad de agua superficial y subterránea. Este entorno ha favorecido una alta productividad biológica, pero también una creciente vulnerabilidad frente a fenómenos naturales intensificados por el cambio climático (SEMARNAT, 2023).

El clima cálido-húmedo dominante genera temperaturas promedio anuales superiores a los 26 °C y altos niveles de humedad relativa, condiciones que inciden directamente en el consumo energético de viviendas y edificaciones. Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, el cambio climático ha modificado los patrones térmicos y de precipitación, provocando una mayor frecuencia de olas de calor e inundaciones (IPCC, 2021). Esta situación demanda soluciones que integren mitigación y adaptación, particularmente mediante el uso de energías renovables y materiales de aislamiento que reduzcan la necesidad de climatización artificial.

En términos ecológicos, el territorio alberga ecosistemas de gran valor ambiental, como las selvas perennifolias y los manglares costeros, que actúan como sumideros naturales de carbono y reguladores térmicos. Sin embargo, la deforestación, la contaminación hídrica y la expansión urbana han deteriorado su capacidad de resiliencia (CONABIO, 2020). Frente a ello, la implementación de estrategias de eficiencia energética y tecnologías limpias puede contribuir al cumplimiento de los compromisos asumidos por México en la Agenda 2030 y en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

La incorporación de sistemas de aislamiento térmico sustentable representa una oportunidad ambiental clave para la región. Al emplear materia-

les de bajo impacto, reciclables y con menor huella de carbono a lo largo de su ciclo de vida, se promueve la reducción de emisiones y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales. Así, el equilibrio entre energía, ambiente y territorio se convierte en un eje fundamental para alcanzar un desarrollo regional verdaderamente sustentable. Estas condiciones ambientales, además de moldear la estructura ecológica del territorio, inciden profundamente en la organización social y cultural de las comunidades del sureste mexicano.

Dimensión sociocultural

El sureste de México se distingue por su amplia diversidad cultural y social, resultado de una larga historia de interacción entre pueblos originarios, comunidades rurales y centros urbanos en constante expansión. En la región habita un alto porcentaje de población indígena, integrada principalmente por los pueblos ch'ol, tzeltal, tzotzil, maya y zoque, cuyas prácticas agrícolas, conocimientos tradicionales sobre el manejo de los recursos naturales y formas comunitarias de organización representan un patrimonio socioambiental invaluable (INEGI, 2020). De acuerdo con el Censo 2020, en estados como Chiapas y Yucatán, entre el 28 y 52% de la población se autoadscribe como indígena, lo que refuerza la importancia sociocultural del territorio.

A pesar de esta riqueza cultural, la región presenta rezagos estructurales en indicadores clave de bienestar. Según CONEVAL (2022), los estados del sureste registran algunos de los niveles más altos de pobreza en el país: Chiapas: 72.2%, Guerrero: 60.4%, Oaxaca: 58.4%, Tabasco: 50.7%, Campeche: 46.2%. Mientras que la pobreza extrema sigue siendo significativamente superior al promedio nacional. Estas cifras se acompañan de brechas en acceso a servicios básicos como agua potable, saneamiento, electricidad de calidad, movilidad y conectividad digital. Asimismo, la carencia por acceso a la alimentación alcanza entre 22 y 35% en los estados de la región (CONEVAL, 2022).

El territorio también refleja marcadas desigualdades espaciales. Ciudades como Mérida, Cancún o Villahermosa concentran infraestructura, ser-

vicios y la mayor parte de la actividad económica, mientras que zonas rurales presentan altos índices de marginación, rezagos educativos y pobreza energética. Esta concentración de población y recursos, identificada por CONEVAL como parte de procesos de macrocefalia urbana, incrementa la vulnerabilidad social y limita el acceso equitativo al bienestar (CONEVAL, 2022).

En el ámbito educativo, la región sureste ha ampliado su cobertura universitaria durante las últimas décadas, particularmente en áreas ambiental, energética y tecnológica. Instituciones como la Universidad Popular de la Chontalpa y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco han contribuido a la formación profesional de perfiles orientados a la sostenibilidad. Aun así, persisten desafíos importantes: los indicadores de logro educativo muestran que la escolaridad promedio en estados como Chiapas (7.8 años) y Tabasco (9.2 años) sigue por debajo de la media nacional (INEGI, 2020). En este contexto, fortalecer la educación ambiental y energética se convierte en una necesidad estratégica para consolidar una ciudadanía informada y capaz de participar en la construcción de territorios sostenibles (UNESCO, 2020).

La transición hacia modelos energéticos sostenibles también implica transformaciones socioculturales. La adopción de prácticas de eficiencia energética, materiales sustentables y tecnologías renovables requiere sensibilización social, apropiación comunitaria y procesos participativos de toma de decisiones. Tal como señala ONU-Hábitat, "el desarrollo sostenible solo puede lograrse con la intervención activa de la sociedad en la planeación y gestión de su propio territorio" (ONU-Hábitat, 2016, p. 12). En este sentido, la educación, la equidad social y la participación comunitaria se convierten en pilares de la transformación regional hacia la sustentabilidad.

Dimensión económica

La economía del sureste mexicano presenta un perfil dual: por un lado, una sólida base de recursos naturales y energéticos; por otro, altos índices de desigualdad y dependencia de actividades primarias. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, el crecimiento regional se ha

concentrado históricamente en pocas zonas urbanas e industriales, generando un proceso de "acumulación progresiva de capital en unos cuantos sitios y en unas cuantas manos" (CEPAL, 2020, p. 27). Este fenómeno ha limitado la distribución equitativa de la riqueza y el acceso a infraestructura energética moderna en comunidades rurales.

La Población Económicamente Activa (PEA) de la región se concentra en los sectores agrícola, petrolero, pesquero y de servicios. En los últimos años, el impulso a las energías renovables ha comenzado a diversificar las oportunidades laborales en campos como la instalación de sistemas fotovoltaicos, el manejo de residuos y la eficiencia energética. No obstante, la transición hacia un modelo energético sostenible requiere políticas públicas que promuevan incentivos fiscales, financiamiento verde y capacitación técnica especializada (IEA, 2023).

El aprovechamiento sustentable de los recursos energéticos, solar, eólico y de biomasa, puede convertirse en un motor de desarrollo económico local, al reducir la dependencia de combustibles fósiles e impulsar microempresas orientadas a la innovación ambiental. La Agencia Internacional de Energías Renovables sostiene que la promoción de energías limpias "no solo beneficia al clima, sino que genera empleo, mejora la salud y fortalece la seguridad energética" (IRENA, 2022, p. 15). De esta manera, la economía regional puede orientarse hacia un modelo circular que articule productividad, inclusión y sustentabilidad.

La incorporación de materiales de aislamiento térmico sustentable en la construcción representa un sector emergente dentro de la economía verde regional. Su implementación contribuye a reducir los costos energéticos de los hogares y a dinamizar cadenas productivas locales basadas en la reutilización de residuos y la innovación tecnológica. Este tipo de prácticas refleja la posibilidad real de vincular crecimiento económico con responsabilidad ambiental, eje esencial del desarrollo regional sustentable.

Dimensión política

El desarrollo regional sustentable requiere una estructura política capaz de coordinar los intereses locales, estatales y nacionales bajo un marco de go-

bernanza ambiental y energética. En el sureste mexicano, los gobiernos de Tabasco, Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán han incorporado políticas orientadas a la transición energética, la gestión territorial y la adaptación al cambio climático, en coherencia con los compromisos internacionales asumidos por México mediante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Acuerdo de París y la Agenda 2030 (LGCC, 2018; ONU, 2015b).

La región opera bajo el sistema federal mexicano, donde los municipios constituyen la base de la organización territorial. Sin embargo, persisten desafíos en la articulación entre los tres niveles de gobierno, especialmente en materia de planeación ambiental, ordenamiento ecológico, resiliencia climática y desarrollo urbano. La Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano enfatiza que la planeación regional debe entenderse como una herramienta de coordinación espacial que permita anticipar y orientar los procesos de cambio, garantizando un uso racional de los recursos naturales y una distribución equitativa de infraestructura y servicios (SEDATU, 2020).

A nivel energético, la región presenta características diferenciadas que influyen en la construcción de políticas estatales. Chiapas, por ejemplo, es responsable de una parte significativa de la generación hidroeléctrica nacional, lo que ha impulsado políticas estatales centradas en la gestión hídrica, la electrificación rural y la diversificación productiva. Campeche, históricamente dependiente de la extracción petrolera, ha incorporado recientemente estrategias de transición energética, economía circular y reconversión industrial como parte de su agenda post-petróleo. En Yucatán, el crecimiento urbano y turístico ha presionado la infraestructura eléctrica, fomentando el desarrollo de parques solares, programas de eficiencia energética y ordenamientos territoriales con enfoque de resiliencia climática. Quintana Roo, por su parte, articula su política energética con la protección del patrimonio natural y la infraestructura turística, impulsando proyectos fotovoltaicos para hoteles, comunidades aisladas y equipamiento público, además de estrategias de mitigación relacionadas con el manejo costero.

Las políticas nacionales en transición energética se rigen por la Ley de Transición Energética, la Ley General de Cambio Climático y la Ley de la

Industria Eléctrica, que obligan a diversificar la matriz energética, reducir emisiones y fomentar el uso de fuentes renovables. Estas disposiciones se vinculan con el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030, que promueve la eficiencia energética y la soberanía energética del país. A nivel estatal, los planes de desarrollo de Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo incorporan líneas de acción orientadas al uso racional de recursos, la promoción de energías renovables, el manejo integral de residuos y la adaptación al cambio climático (Gobierno del Estado de Tabasco, 2024).

La dimensión política del desarrollo regional también involucra la participación de actores sociales, empresariales, científicos y comunitarios en la toma de decisiones.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos sostiene que la sostenibilidad no puede lograrse únicamente desde el poder público, sino mediante una gobernanza participativa que integre la voz de la ciudadanía, la ciencia y el sector productivo (OCDE, 2015). En este sentido, la investigación sobre energías renovables y aislamiento térmico en climas tropicales del sureste se inserta en un marco de corresponsabilidad interinstitucional, orientado a construir territorios más resilientes, equitativos y ambientalmente sanos.

La tabla 11.1 presenta un panorama comparativo de los principales indicadores sociodemográficos y de bienestar de Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Los datos permiten identificar contrastes significativos entre los estados y evidencian los retos estructurales que enfrenta la región en materia social, económica y territorial.

Chiapas destaca por concentrar la mayor población y el porcentaje más alto de pueblos indígenas, lo que fortalece su diversidad cultural, pero también se vincula con mayores niveles de pobreza y rezagos en servicios básicos. Yucatán y Quintana Roo muestran mejores condiciones de infraestructura, educación y electrificación, reflejando su dinamismo urbano y turístico. Sin embargo, persisten brechas importantes en acceso a salud y distribución equitativa de servicios.

En términos de pobreza, la región presenta los niveles más altos del país, especialmente en Chiapas y Tabasco, donde más de la mitad de la población vive en situación de pobreza. Esto se relaciona con limitaciones de infraestructura, baja escolaridad promedio y carencias en servicios básicos. La

población económicamente activa muestra variaciones asociadas a las estructuras productivas estatales: mientras Quintana Roo y Yucatán dependen del turismo y los servicios, Tabasco y Campeche mantienen una relación histórica con actividades extractivas e industriales.

En conjunto, los datos reflejan que el desarrollo regional sustentable en el sureste requiere estrategias diferenciadas, considerando la diversidad cultural del territorio, los contrastes urbanos–rurales y las desigualdades persistentes en acceso a salud, educación y oportunidades económicas (véase tabla 11.1).

Tabla 11.1. *Indicadores sociodemográficos y de bienestar en los estados del sureste de México.*

Indicador	*Tabasco*	*Chiapas*	*Campeche*	*Yucatán*	*Quintana Roo*	*Fuente*
Población total (2020)	2,402,598	5,543,828	928,363	2,320,898	1,857,985	INEGI, 2020
% Población indígena (auto adscripción)	24.1 %	65.4 %	14.7 %	37.3 %	16.8 %	INEGI, 2020
Viviendas habitadas	650,833	1,482,840	287,286	662,726	592,648	INEGI, 2020
% Viviendas con agua entubada	89.4 %	76.5 %	82.1 %	93.2 %	96.4 %	INEGI, 2020
% Viviendas con drenaje	87.9 %	71.0 %	78.5 %	92.1 %	94.6 %	INEGI, 2020
% Viviendas con electricidad	99.1 %	94.4 %	98.2 %	99.2 %	99.3 %	INEGI, 2020
Pobreza total (2022)	50.7 %	72.2 %	46.2 %	39.3 %	38.0 %	CONEVAL, 2022
Pobreza extrema (2022)	13.1 %	29.0 %	10.7 %	7.3 %	5.1 %	CONEVAL, 2022
Carencia por acceso a servicios de salud (2022)	38.5 %	47.0 %	44.1 %	32.1 %	28.2 %	CONEVAL, 2022
Escolaridad promedio (años)	9.2	7.8	9.3	9.7	9.9	INEGI, 2020
Población Económicamente Activa (PEA)	1.07 millones	2.26 millones	0.41 millones	1.14 millones	0.93 millones	INEGI, ENOE 2022
% PEA ocupada	94.4 %	96.0 %	95.3 %	96.5 %	96.1 %	INEGI, ENOE 2022

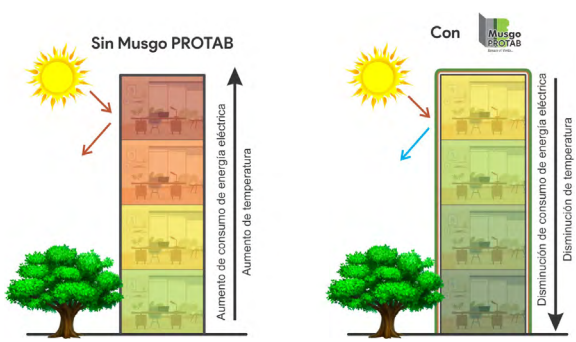
Nota: Esta tabla presenta un análisis comparativo de los principales indicadores sociodemográficos y de bienestar en los estados del sureste de México: Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Los datos permiten identificar contrastes significativos en términos de población, acceso a servicios básicos, condiciones de vivienda, educación, pobreza y participación económica.

Implicaciones prácticas y contribuciones al desarrollo regional sustentable

El desarrollo de tecnologías de aislamiento térmico sustentable tiene implicaciones directas en la eficiencia energética, la mitigación del cambio climático y la mejora de las condiciones de vida en regiones tropicales. En el sureste de México, donde las temperaturas elevadas y la humedad constante demandan un alto consumo eléctrico para climatización, la incorporación de materiales con propiedades aislantes puede reducir significativamente la demanda energética en los sectores doméstico y comercial.

Desde la perspectiva del desarrollo regional sustentable, la aplicación de estas tecnologías favorece tres dimensiones clave: ambiental, social y económica. En el plano ambiental, los sistemas bioaislantes elaborados con residuos plásticos y agroindustriales permiten valorizar desechos locales, disminuir la contaminación y reducir la huella de carbono asociada a los materiales convencionales de construcción (UNEP, 2020). Además, al integrar briofitas como componente activo, se promueve la retención de humedad, la captura de CO_2 y la mejora de la calidad del aire en los entornos urbanos, como se aprecia en la figura 11.2.

Figura 11.2. *Comparativa de usar un bioaislante*



Nota. La imagen compara el comportamiento térmico de una edificación sin y con Musgo PROTAB como sistema de bioaislamiento en muros exteriores. En el escenario sin Musgo PROTAB, la radiación solar incide directamente sobre la envolvente del edificio, provocando una mayor ganancia de calor hacia el interior. Este fenómeno se traduce en un aumento progresivo de la temperatura interna, especialmente en los niveles superiores, lo que incrementa la demanda de sistemas de climatización artificial y, en consecuencia, el consumo de energía eléctrica.

En el aspecto social, la adopción de soluciones energéticas basadas en recursos locales fortalece la participación comunitaria y la apropiación tecnológica. Como establece la ONU, la energía no solo es un bien económico, sino también un instrumento de inclusión y equidad social (ONU, 2015b). Promover tecnologías limpias accesibles fomenta la creación de capacidades locales, impulsa la educación ambiental y mejora la calidad de vida de las comunidades rurales y urbanas del trópico mexicano.

En el ámbito económico, la producción y uso de materiales de aislamiento sustentable puede generar nuevas cadenas de valor regional, vinculadas con la economía circular, el reciclaje y la innovación industrial. Estas iniciativas contribuyen a diversificar la economía del sureste, tradicionalmente dependiente de la extracción petrolera, y a alinear la actividad productiva con los principios de la transición energética (SENER, 2022).

El análisis de ciclo de vida (ACV) de los materiales aislantes representa una herramienta esencial para medir su impacto ambiental integral, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Esta evaluación permite determinar la eficiencia energética real del material y su contribución al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7, 11 y 13), que promueven la energía asequible y no contaminante, las comunidades sostenibles y la acción climática.

En síntesis, el desarrollo y análisis de tecnologías de aislamiento térmico sustentable en climas tropicales del sureste de México constituye una estrategia integradora entre ciencia, territorio y sostenibilidad. Su implementación práctica fortalecería la autonomía energética regional y consolidaría un modelo de desarrollo que armoniza innovación tecnológica con justicia ambiental y social.

Tendencias en innovación, desarrollo y consumo internacional y nacional de la energía

En el escenario internacional, la transición energética ha adquirido una relevancia estratégica ante la urgencia de mitigar los efectos del cambio climático y reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Los países industrializados y emergentes han orientado sus políticas hacia el uso de

energías renovables, la eficiencia energética y la innovación tecnológica en los sectores de construcción, transporte e industria. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, la energía se ha convertido en un eje transversal del desarrollo sostenible, capaz de determinar la viabilidad económica y ambiental de las naciones (IEA, 2023).

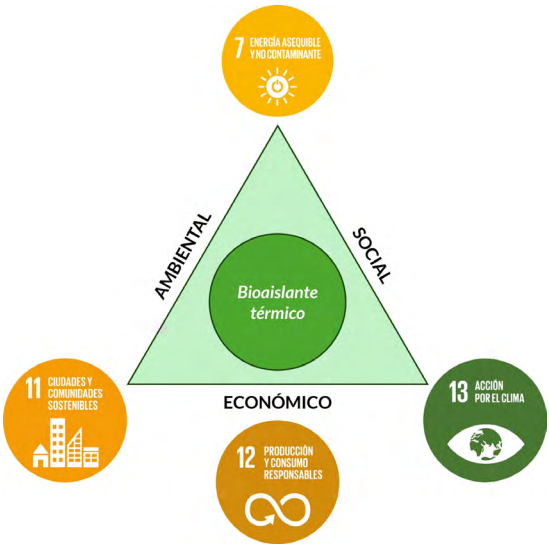
A nivel global, el crecimiento del consumo energético continúa siendo impulsado por el aumento poblacional, la urbanización y el desarrollo tecnológico. Sin embargo, este incremento ha venido acompañado de un cambio estructural en la matriz energética: en 2023, más del 30 % de la electricidad mundial se generó a partir de fuentes renovables, destacando la energía solar y eólica (IEA, 2023). Estas tendencias reflejan una transformación profunda en la forma de producir y consumir energía, impulsada por políticas de descarbonización y por la creciente competitividad económica de las tecnologías limpias.

En México, la política energética ha evolucionado hacia un modelo más diversificado y sostenible, promovido por la Ley de Transición Energética y la Ley General de Cambio Climático. La Ley de Transición Energética subraya que estas reformas buscan garantizar el acceso equitativo a la energía y fomentar la participación de actores locales en la producción y uso de energías renovables (LTE, 2015). El país posee un alto potencial para la generación de energía solar, eólica y de biomasa, especialmente en el sureste, donde la radiación solar y los residuos agroindustriales constituyen recursos de gran valor estratégico.

En este contexto, las innovaciones vinculadas a la construcción sustentable y a la gestión térmica pasiva han cobrado relevancia. El desarrollo de materiales aislantes de bajo impacto ambiental, como los bioaislantes elaborados con residuos reciclados y componentes naturales, responde a las tendencias globales de eficiencia energética y economía circular. Estos avances permiten reducir la carga térmica de los edificios, optimizar el uso de energías renovables y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero durante su ciclo de vida.

La incorporación de estas tecnologías en el contexto nacional no solo mejora el desempeño energético de las edificaciones, sino que también impulsa la generación de empleos verdes, la innovación regional y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7, 9 y 13), figura 11.3.

Figura 11.3. *Alineación del prototipo con el desarrollo sustentable*



Nota. La imagen representa cómo los bioaislantes térmicos integran las dimensiones ambiental, social y económica del desarrollo sustentable, al reducir el consumo energético y las emisiones (ODS 7 y 13), mejorar el confort y la calidad de vida en las viviendas (ODS 11) y promover la economía circular mediante el uso responsable de materiales y recursos (ODS 12).

Marco político y legal internacional, nacional y estatal de la energía

El marco político y legal que sustenta las acciones en materia energética y ambiental en México se encuentra estrechamente vinculado con los compromisos internacionales del país y con el derecho constitucional de toda persona a un medio ambiente sano. De acuerdo con el Artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, y corresponde al Estado garantizar su protección, preservación y restauración. Este fundamento constitucional se ha convertido en el eje rector de las políticas públicas orientadas a la sostenibilidad, la eficiencia energética y el manejo integral de los recursos naturales, guiando la actuación de los tres niveles de gobierno y articulándose con los compromisos nacionales e internacionales en materia ambiental (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, [CPEUM], 2024).

En el plano internacional, México ha suscrito acuerdos clave como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992, el Protocolo de Kioto de 1997 y el Acuerdo de París en 2015, comprometiéndose a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, impulsar la eficiencia energética y fomentar el uso de energías renovables (ONU, 2015a). Estos compromisos se integran en la Agenda 2030 de la ONU, particularmente en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7, 11, 12 y 13), que promueven el acceso equitativo a energía limpia, el consumo responsable y la acción climática global (ONU, 2015b).

A nivel nacional, la Ley General de Cambio Climático, la Ley de Transición Energética y la Ley de la Industria Eléctrica, conforman el marco rector de la política energética sustentable. Estas leyes establecen la obligación del Estado mexicano de diversificar la matriz energética, fomentar la generación distribuida y promover la investigación e innovación en tecnologías limpias. Además, el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030 incorpora como eje transversal la soberanía energética con responsabilidad ambiental, impulsando la eficiencia, la equidad y la sustentabilidad del sector energético.

En el ámbito estatal, los marcos normativos del sureste mexicano muestran una convergencia clara hacia la transición energética, la economía circular y la mitigación del cambio climático. En Tabasco, el Plan Estatal de Desarrollo 2024–2030 promueve el aprovechamiento de recursos locales y la reducción de la huella de carbono, mientras que la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco (LPGIRET) y en su reglamento establecen las bases para el manejo integral y la valorización de residuos plásticos y agroindustriales, favoreciendo su reincorporación en nuevos ciclos productivos (Gobierno del Estado de Tabasco, 2024; LPGIRET, 2022).

En Chiapas, la Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático y la Ley de Protección Ambiental orientan la conservación de ecosistemas, la gestión responsable de residuos y el aprovechamiento sustentable de los recursos, mientras que el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial impulsa el uso racional de la biomasa y las energías limpias en comunidades rurales (Congreso del Estado de Chiapas, 2013; 2015). Por su parte, Campeche ha establecido un marco de transición postpetrolera mediante su Ley de Cambio Climático y la Ley para la Gestión Integral de

los Residuos Sólidos, promoviendo eficiencia energética, reconversión productiva y construcción sostenible (Gobierno del Estado de Campeche, 2018; 2020).

En Yucatán, el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático y la legislación estatal priorizan la energía solar, la eficiencia energética en edificaciones y la resiliencia urbana, especialmente en zonas de rápido crecimiento como Mérida (Gobierno del Estado de Yucatán, 2019). Finalmente, en Quintana Roo, la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y el Programa Estatal de Cambio Climático responden a la presión turística y al alto consumo energético, impulsando soluciones de aislamiento térmico para mejorar la resiliencia en zonas costeras vulnerables (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2019).

De esta manera, la política energética y ambiental en México no solo enmarca las acciones institucionales, sino que abre un campo fértil para la investigación aplicada en tecnologías limpias y desarrollo regional sustentable, como se presenta en la tabla 11.2

Tabla 11.2. *Vinculación del proyecto con marcos legales y políticas energéticas*

Nivel	***Instrumento***	***Enfoque principal***	***Aplicación en el proyecto***	***Fuente***
Internacional	Acuerdo de París	Reducción de GEI y transición energética global	Promueve eficiencia energética y disminución de emisiones asociadas a la climatización	ONU (2015a)
Nacional	Ley de Transición Energética (LTE)	Diversificación de la matriz energética; eficiencia energética	Uso de energía limpia y reducción de demanda energética mediante aislamiento térmico	LTE (2015)
	Ley General de Cambio Climático (LGCC)	Mitigación y adaptación; reducción de emisiones	Contribuye a metas de mitigación al reducir consumo eléctrico por enfriamiento	LGCC (2018)
Estatal – Tabasco	LPGIRET y su Reglamento	Manejo integral y valorización de residuos	Reutilización de plásticos y agroresiduos para elaboración de bioaislante	LPGIRET (2022)
Estatal – Chiapas	Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático	Adaptación territorial; uso sustentable de recursos	Disminución de vulnerabilidad energética y mejora del confort térmico en viviendas rurales	Congreso del Estado de Chiapas (2013)

Estatal – Campeche	Ley de Cambio Climático del Estado de Campeche	Transición energética y reconversión productiva	Impulsa materiales sostenibles y eficiencia térmica en zonas urbanas y agrícolas	Gobierno del Estado de Campeche (2018)
Estatal – Yucatán	Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)	Eficiencia energética y resiliencia urbana	Mejora del desempeño térmico en edificaciones de clima cálido-húmedo	Gobierno del Estado de Yucatán (2019)
Estatal – Quintana Roo	Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Construcción sostenible y eficiencia energética	Reduce consumo eléctrico en zonas turísticas y costeras mediante aislamiento térmico	Gobierno del Estado de Quintana Roo (2019)

Nota. La tabla muestra cómo el proyecto de aislamiento térmico sustentable se articula con el marco regulatorio internacional, nacional y estatal del sureste de México. Evidencia la coherencia entre los compromisos climáticos globales, las leyes nacionales de transición energética y las normativas estatales sobre gestión de residuos y eficiencia energética, lo que fortalece la viabilidad jurídica y la pertinencia territorial del proyecto.

Desde una perspectiva integral, la implementación de sistemas de aislamiento térmico elaborados con residuos plásticos y agroindustriales genera beneficios ambientales, sociales y económicos para el sureste de México. En el ámbito ambiental, la valorización de residuos contribuye a la reducción de la contaminación, disminuye la presión sobre los ecosistemas y favorece la mitigación de gases de efecto invernadero, en congruencia con los principios de la economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Socialmente, estas tecnologías limpias promueven la inclusión energética y el bienestar comunitario al mejorar el confort térmico de las viviendas y reducir el gasto energético de los hogares, reconociendo a la energía como un bien social asociado a la equidad y la justicia ambiental (ONU, 2015b). Desde el punto de vista económico, el aislamiento térmico sustentable impulsa la creación de cadenas de valor regionales, fomenta empleos verdes y fortalece la competitividad territorial al vincular la innovación productiva con la gestión responsable de los recursos naturales (OCDE, 2019), posicionando a la región como un referente emergente en sostenibilidad energética.

En conjunto, estos escenarios demuestran que el desarrollo e implementación de sistemas de aislamiento térmico sustentable no solo contribuyen a la eficiencia energética y a la mitigación del cambio climático, sino que también impulsan un modelo de desarrollo regional que integra ciencia,

tecnología y justicia ambiental bajo los principios de sostenibilidad y equidad social.

Conclusiones

El análisis del papel de las energías renovables y las tecnologías de aislamiento térmico en climas tropicales del sureste de México permite reconocer la estrecha relación entre energía, territorio y sustentabilidad. El estudio demuestra que los desafíos energéticos de la región no pueden abordarse únicamente desde la perspectiva técnica, sino también desde una visión integral que articule las dimensiones ambiental, social, económica y política del desarrollo regional.

La implementación de aislamientos térmicos sustentables elaborados con residuos plásticos y agroindustriales representa una alternativa viable para reducir el consumo eléctrico, mejorar la eficiencia energética de las edificaciones y fomentar la economía circular. Además, su evaluación mediante análisis de ciclo de vida contribuye a cuantificar los impactos ambientales y a fortalecer la toma de decisiones basada en evidencia científica.

Desde el punto de vista social, este tipo de tecnologías promueven la inclusión energética, al ofrecer soluciones accesibles y adaptadas al contexto climático del trópico mexicano. Económicamente, impulsan la creación de nuevas cadenas productivas locales, generación de empleos verdes y diversificación de la economía regional. Políticamente, su desarrollo se alinea con el marco legal vigente en materia de energía, cambio climático y gestión integral de residuos, así como con el Artículo 4° constitucional, que garantiza el derecho al medio ambiente sano.

En síntesis, el aislamiento térmico sustentable no solo es una innovación tecnológica, sino una estrategia transversal para alcanzar la resiliencia energética, la equidad social y la sustentabilidad ambiental en el sureste de México. Su impulso desde la investigación académica consolida el vínculo entre ciencia, territorio y bienestar, pilares esenciales para el desarrollo regional sustentable.

Futuros estudios podrían centrarse en la cuantificación comparativa del desempeño térmico y económico de materiales sostenibles en edificaciones reales del trópico mexicano.

Referencias

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (CEPAL). (2020). Informe especial: La paradoja del desarrollo desigual en América Latina.

CONEVAL. (2022). Medición de pobreza 2022: Resultados por entidad federativa. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_d e_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Tabasco_2020.pdf

CONABIO. (2020). Capital Natural de México: Diagnóstico de presiones y estado de conservación de los ecosistemas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/

Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas. (2013). Periódico Oficial del Estado. Congreso del Estado de Chiapas.

Ley de Protección Ambiental para el Estado de Chiapas. (2015). Periódico Oficial del Estado. Congreso del Estado de Chiapas.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2024). Programa Anual de Trabajo 2024. [PDF]. https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/infomesdeactividades/PAT_2024.pdf

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, [CPEUM], (DOF. Última reforma 15-10-2025). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change. Ellen MacArthur Foundation.

Gobierno del Estado de Campeche. (2018). Ley de Cambio Climático del Estado de Campeche. Periódico Oficial del Estado.

Gobierno del Estado de Campeche. (2020). Ley para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Campeche. Periódico Oficial del Estado.

Gobierno del Estado de Quintana Roo. (2019). Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo. Periódico Oficial del Estado

Gobierno del Estado de Yucatán. (2019). Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC). Gobierno del Estado de Yucatán.

González, A. (2021). Planeación municipal y desarrollo sustentable. Revista de Estudios Urbanos y Regionales, 47(2), 55–70.

International Energy Agency [IEA]. (2023). World Energy Outlook 2023. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Resultados por municipio: Cárdenas, Tabasco. https://www.inegi.org.mx/app/cpv/2020/resultadosrapidos/

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IRENA. (2022). Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2022. International Renewable Energy Agency.

Ley General de Cambio Climático. (LGCC) (2012). (DOF. Última reforma 01-04-2024). [PDF] https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf

Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco. (LPGIRET). (2022). Periódico Oficial del Estado.

Ley de Transición Energética. (LTE). (2015). Diario Oficial de la Federación.

OCDE. (2015). Open Government: The Global Context and the Way Forward. OECD Publishing.

OCDE. (2019). Regions in Industrial Transition: Policies for People and Places. OECD Publishing.

Organización de las Naciones Unidas. (ONU). (2015a). Acuerdo de París. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Organización de las Naciones Unidas. (ONU). (2015b). Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas.

Organización de las Naciones Unidas. (ONU-Hábitat). (2016). Nueva Agenda Urbana. Organización de las Naciones Unidas.

Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2024-2030. (2025). Gobierno del Estado de Tabasco. [PDF]. https://congresotabasco.gob.mx/wp-content/uploads/2025/01/PLAN-ESTATAL-DE-DESARROLLO-2024-2030.pdf

Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 (PND). (2025). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/981072/PND_2025-2030_v250226_14.pdf

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2020). Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2020–2024.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2023). Informe del Medio Ambiente en México 2023.

Secretaría de Energía (SENER). (2022). Prospectiva del Sector Energético en México 2022–2036.

UNEP. (2020). Global Waste Management Outlook 2020. United Nations Environment Programme.

UNESCO. (2020). Educación para el Desarrollo Sostenible: Hoja de ruta para 2030. Organiz.