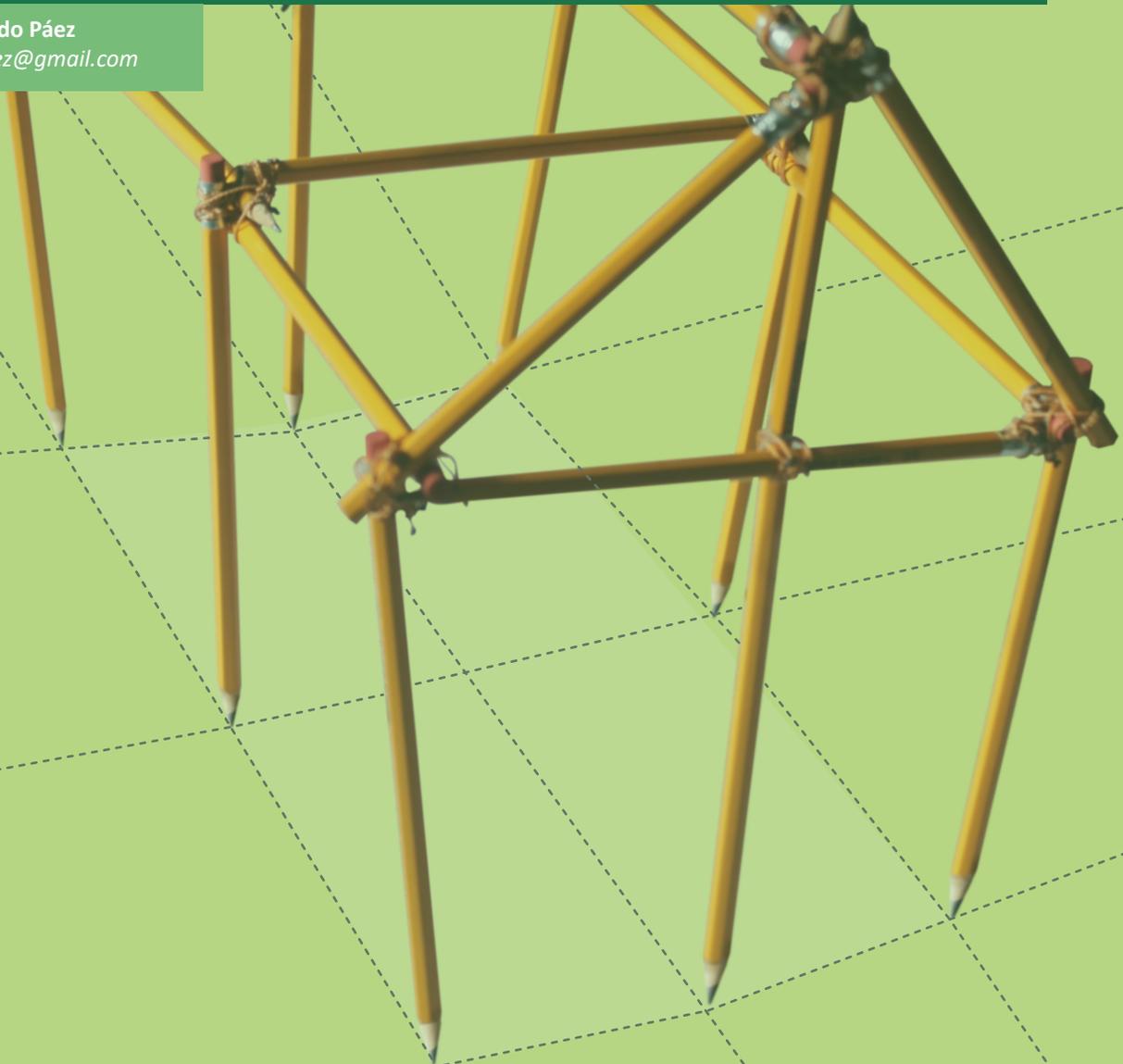


TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y USO DEL SUELO: CRÍTICA A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (MÉXICO)

*Energy transition and land use: Criticism of the National Territorial
Planning Strategy (Mexico)*

Armando Páez
aaopaez@gmail.com



Resumen

Se revisa la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT) para identificar si considera la dispersión energética que significa el uso de las energías limpias y renovables, las cuales destaca, especialmente la energía eólica y la energía solar, para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por Naciones Unidas. La ENOT no sólo no toma en cuenta la dispersión que implica la transición energética, tampoco plantea correctamente el potencial y limitaciones energéticas de cada Sistema Urbano Rural. Con el fin de definir una política adecuada a los desafíos que ya se presentan, se proponen las nociones: reservas territoriales energéticas, energía regionalmente disponible, región energética del asentamiento y capacidad energética del territorio. La producción de energía debe integrarse a la planificación territorial.

Palabras clave: Transición energética, Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial, ODS, planificación territorial.

Abstract

The National Territorial Planning Strategy (ENOT) is reviewed to identify if it considers the energy dispersion that means the use of clean and renewable energies, especially wind energy and solar energy, to meet the Sustainable Development Goals defined by the United Nations. The ENOT not only does not consider the dispersion that the energy transition implies, nor does it correctly consider the energy potential and limitations of each Rural Urban System. In order to define an adequate policy to the challenges that are already presented, the notions are proposed: territorial energy reserves, regionally available energy, energy region of the settlement and energy capacity of the territory. Energy production must be integrated into territorial planning.

Keywords: Energy transition, National Territorial Planning Strategy, SDG, urban planning.

Introducción: Transición energética

Si bien la Ley de Transición Energética (LTE) se publicó en México en diciembre de 2015, la necesidad de diversificar la oferta energética se discutió entre expertos y altos funcionarios del gobierno federal ya a finales de la década de 1960, debido a la declinación de las reservas petroleras nacionales y las limitaciones de las reservas de carbón y el potencial hidroeléctrico (López, 1978; Viqueira, 1987), anticipándose así a la búsqueda internacional de alternativas al petróleo que significó el dramático aumento de sus precios en la década de 1970, sin desconocer el tratamiento que le dio Naciones Unidas algunos años antes, más técnico que político (UNDESA, 1957, 1962).

Teniendo en cuenta los recursos naturales, las condiciones geológicas y el estado de la tecnología, se prestó atención a la energía nuclear y a la geotérmica: la Comisión Federal de Electricidad comenzó a estudiar la instalación de una planta nuclear en 1967 y el campo geotérmico de Cerro Prieto (Baja California) inició su operación en 1973, después de más de tres décadas de investigación y desarrollo (López, 1978).

También había conocimiento sobre el potencial solar y eólico (Viqueira, 1976). De esta manera, en 1978 en el programa Desarrollo, Conservación y Uso de Recursos Naturales para los Asentamientos Humanos, incluido en el Plan de Desarrollo Urbano, se propuso el uso de la radiación solar, el viento y el biogás (Sahop, 1982). Teniendo como marco la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables, celebrada en Nairobi en agosto de 1981, el Gobierno de México recomendó un “pluralismo energético que

permita ir cambiando fuentes y usos de energía paulatinamente”, reconociendo el desafío que representaban las grandes ciudades, por lo que el aprovechamiento de las fuentes renovables se consideró más factible en los asentamientos rurales y como alternativa para mejorar las condiciones de vida en los asentamientos precarios de los centros urbanos (Sahop, 1982, pág. 45). Dicho cambio paulatino es evidente que no ocurrió.

Con el tiempo, no han surgido nuevas alternativas energéticas, peor aún, se perdió la esperanza en la energía de fisión nuclear como la opción del futuro. Lo que ha cambiado es el enfoque de la transición: originalmente se planteó advirtiendo los límites de las reservas petroleras y el impacto económico y vulnerabilidad por la dependencia del hidrocarburo; hoy, con base en lo que plantea la LTE, se siguen criterios de uso óptimo, eficiencia, ambientales y climáticos.

La LTE “tiene por objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos” (LTE, Artículo 1). Al definir a las energías limpias remite a la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) (2014/2021): “Aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan” (LIE, Artículo 3, XXII). Y define a las energías renovables de la siguiente manera:

Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes. (LTE, Artículo 3, XVI)

Así, se consideran energías limpias y renovables: el viento, la radiación solar, el movimiento del agua (específicamente, centrales hidroeléctricas con una capacidad menor o igual a 30 MW), la energía oceánica, el calor de los yacimientos geotérmicos y los bioenergéticos (combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica) (LIE, Artículo 3, XXII; LTE, Artículo 3, XVI). Cabe añadir que la LIE también considera energía limpia a la nuclear y a la que se produzca en centrales de cogeneración y térmicas que controlen sus emisiones —particularmente, las de dióxido de carbono a la atmósfera— y residuos (LIE, Artículo 3, XXII).

Estas definiciones son imprecisas, ya que al concentrarse en las emisiones y residuos descuidan, a pesar de su enfoque ambiental, otros impactos del aprovechamiento de estas fuentes energéticas, como la alteración o destrucción de ecosistemas y el daño a especies y la biodiversidad (EIA, 2020/2021; McDonald et al., 2009; Rehbein et al., 2020; Vega & Ramírez, 2014). Si bien las energías renovables se regeneran naturalmente, continua o periódicamente, no se percibe en general, incluyendo estudios y propuestas con enfoque ecologistaespacial (Droege, 2018; Lin et al., 2018), un requisito necesario para su aprovechamiento: la disponibilidad de suelo. No sólo es un asunto ambiental, sino territorial.

La cuestión energética se ha discutido y planificado siguiendo criterios físicos, ingenieriles (tecnológicos), económicos y ambientales, ha faltado la perspectiva geográfica (Grainger, 2004). Esto se puede demostrar con la visión optimista sobre la transición que se esbozó al concluir el siglo XX, la cual conformó el paradigma actualmente dominante. El destacado físico Fernando Alba, exdirector del Instituto Nacional de Energía Nuclear (hoy Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares), analizó alternativas al uso de los hidrocarburos pensando en el futuro (hacia 2025), donde destacó, junto a la energía nuclear y el carbón, el potencial de la energía solar, ya que está disponible en grandes áreas del planeta “en cantidades inagotables”. Calculó que “Una suma de áreas semiáridas equivalentes a la de un cuadrado de 80 km por lado, serían suficientes para satisfacer todas las necesidades energéticas de México” (Alba, 1997, pág. 153). Este enfoque también lo expuso Naciones Unidas y el Consejo Mundial de Energía: un cuadrado de 750 km por lado hubiese satisfecho la demanda de electricidad del mundo; alrededor del 1 por ciento del área desértica de la Tierra ocupada por plantas termo solares hubiese sido suficiente (UNDP et al., 2000, págs. 237, 243).

La superficie que se indica para resolver la demanda de energía es aparentemente insignificante. El problema, como reconoció Alba confiando en el futuro desarrollo del almacenamiento de la energía a través de acumuladores eléctricos y de hidrógeno, e incluso usando el gas natural como respaldo, a pesar de su finitud, sería su variación en el tiempo (Alba, 1997, pág. 147), esto es, su intermitencia. En realidad, esos gigantescos cuadrados solares no

resolverían la demanda de energía, dadas: i) las complicaciones no resueltas sobre el almacenamiento y su costo (Clack et al., 2017), ii) lo que implican la energía eólica y la energía solar en la transmisión de la electricidad precisamente por su intermitencia (Vega & Ramírez, 2014, pág. 74), iii) que no en todas las regiones del planeta hay áreas semiáridas o desérticas con valores óptimos todo el año (Solargis, 2021). Cabe cuestionar además si esos grandes centros generadores, en caso de que se construyesen, serían compatibles con un aprovechamiento sostenible, óptimo y eficiente de la energía.

Parece improbable garantizar el suministro de electricidad aprovechando intensivamente la irradiación solar en pocos sitios, lo que lleva a subrayar la importancia del territorio en la conformación del nuevo modelo energético — pensando en un futuro en el que no se utilizarán combustibles de origen fósil ni nucleares, por su agotamiento, costo elevado o prohibición—, debido a la menor densidad de potencia de esta alternativa, pero también de la energía eólica y los bioenergéticos (Smil, 2010b), y que el suelo es un bien escaso, finito y limitado (Gerber et al., 2018; Metternicht, 2017; Polèse, 1998). Por lo que no es equivocado advertir si la radiación solar y el viento son, en términos técnicos, efectivamente inagotables e incluso renovables: no se pueden utilizar si no hay espacio para ello.

La LTE especifica que la Secretaría de Energía (Sener) debe “Promover condiciones, en el ámbito de su competencia, para facilitar el acceso a aquellas zonas con alto potencial de fuentes de energías limpias para su aprovechamiento y la compatibili-

dad de los usos de suelo para tales fines” (Artículo 14, XII, inciso c). Dicha compatibilidad plantea conflictos, considerando la cercanía de esas zonas a la Red Nacional de Transmisión (RNT), lo expuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y el crecimiento de los centros de población y las actividades productivas. ¿Los contempla la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT)? El problema a discutir es la dispersión energética, tema que comienza a analizarse marginalmente, aunque ya se señaló en las décadas de 1970 y 1980 sin usar este término.

Dispersión energética

Robert McDonald et al. (2009) definieron originalmente el término dispersión energética como “el resultado de la cantidad total de energía producida anualmente (e.g., TWh/año) y la intensidad de uso del suelo de dicha producción

(e.g., km² de hábitat por TWh/año)”. Apuntaron que “relativamente pocos estudios han evaluado el impacto en el hábitat de la futura dispersión energética”.

En un artículo más reciente, Anne Trainor et al. (2016) lo definen de manera más simple como “La creciente huella de uso del suelo del desarrollo energético”.

Siguiendo esto, Joseph Kiesecker (2017), coautor del artículo publicado en 2009, en un artículo de divulgación definió el fenómeno como “el desarrollo extendido de la infraestructura energética” y afirma que “es uno de los desafíos más importantes que enfrentan la naturaleza y la humanidad en las próximas décadas”. Advierte que hacia 2030 el 20 por ciento de las tierras naturales restantes estarán bajo riesgo por

el desarrollo energético y que las fuentes de energía renovable “tienen una huella más grande sobre el paisaje que el carbón”.

También en 2017, Kiesecker publicó un libro donde presenta soluciones a la dispersión energética, destacando el desarrollo por diseño (Kiesecker & Naugle, 2017), estrategia que ya exploró en un artículo (Kiesecker et al., 2009), la cual consiste en identificar con un enfoque complejo áreas de riqueza natural (ecosistemas, biodiversidad) para conservarlas y protegerlas, reconociendo la necesidad de ocupar territorio para producir energía, esto es, construir infraestructura.

A pesar de la gravedad del tema que advierten McDonald, Kiesecker y otros investigadores de la organización estadounidense The Nature Conservancy (TNC), son pocos los estudios que lo han tratado directa o indirectamente desde

2009, entre ellos, Andrews et al. (2011), Byrne et al. (2017), Cheng & Hammond (2017), González-Eguino et al. (2017), Hernandez et al. (2015), Jager et al. (2021), Jones et al. (2015), Kaza & Curtis (2014), Konadu et al. (2015), Moore-O’Leary et al. (2017), Outka (2010, 2012), Pérez-Denicia et al. (2017), Rehbein et al. (2020), Sacchelli et al. (2016), Stevens et al. (2017), Van Zalk & Behrens (2018) y Wu (2018).

Ahora bien, el impacto territorial de las alternativas energéticas ya fue considerado antes del trabajo de TNC en años posteriores a la Cumbre de la Tierra (1992), entre otros, Capello et al. (1999), OECD (1995), Pimentel et al. (1994), Pimentel et al. (2002), Smil (2003, 2008) y Walker (1995). De hecho, la fiabilidad de las alternativas es discutida críticamente por Odum & Odum (2001),

Reynolds (2002), Smil (2010a, 2010b) y Trainer (2007).

Más aún, debido a la mencionada crisis energética de la década de 1970, se prestó en esos años atención a la relación energía-territorio o energía-uso del suelo y al impacto de las alternativas, como se puede leer en Burchell & Listokin (1982), Carroll & Udell (1982), Cope et al. (1984), Häfele (1981), Hall et al. (1986),

Hayes (1977), MacLeary (1981), Mara (1984), McCasker & Clark (1980), Owens (1986), Pollock (1982), Rao & Sastri (1987) y Van Til (1982).

El tema no es desconocido por Naciones Unidas, como se aprecia en UN (1973, 1981, 1987), UNDESA (1957, 1962) y UNDP et al. (2000). Sin embargo, en documentos recientes (Fritsche et al., 2017; UN, 2015; UN-Habitat, 2015) no se recoge la noción de dispersión energética, se ignora la dimensión espacial de la transición. Como ya vimos, el enfoque optimista influye a esta organización.

¿También es así con la ENOT?

Antes de explorar esto, cabe señalar que la dispersión energética no es lo mismo que la dispersión o expansión urbana, fenómeno estudiado y discutido ya desde la década de 1970 (Real Estate Research Corporation, 1974; UN, 1976), de hecho, en su origen son fenómenos opuestos. La expansión urbana “Se relaciona con el crecimiento físico del área urbana, sobre el terreno geográfico del emplazamiento”, que puede ser fomentado por el crecimiento de sus periferias, por la aglutinación siguiendo vías de comunicación del centro urbano a la región o por absorción de pueblos, siendo una característica de este fenómeno desde el siglo XX el crecimiento por “suburbios

aumentativos” (Camacho, 2007, pág. 366).

Un aspecto a destacar es la falta de planificación en muchos casos: “Desarrollo urbano de baja densidad [...] sin una planificación gubernamental sistemática de gran escala o regional del uso del suelo” (Bruegmann, 2005, pág. 18).

Esta falta de planificación define una distinción importante con la dispersión energética, que es consecuencia de la planificación gubernamental o es regulada por el gobierno en el caso de desarrollos privados. Dentro de la expansión urbana puede haber dispersión energética, pensando en la instalación de paneles fotovoltaicos. La dispersión energética, siguiendo específicamente la alerta de TNC, se presenta en zonas naturales cercanas y lejanas a los centros urbanos. Se puede decir que el cambio de uso del suelo y destrucción que genera la expansión urbana puede o no ser planificada, mientras que las afectaciones de la dispersión energética responden a un plan, a la política energética nacional, estatal (o provincial) o local, impulsada por acuerdos internacionales. La expansión urbana puede contenerse con modelos de ciudad compacta. La dispersión energética es inevitable, debido al crecimiento de la demanda y las características de la energía eólica, la energía solar y los bioenergéticos —a menos que se desarrolle la energía de fusión nuclear y todos los países y sus regiones puedan aplicarla—.

La ENOT y la transición energética

La ENOT, preparada por la Secretaría de

Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano del Gobierno de México (Sedatu), se plantea

como una política pública de mediano y largo plazo que busca contribuir a la reducción de las desigualdades sociales; construir asentamientos humanos, rurales y urbanos más sostenibles, seguros e incluyentes; y promover un uso más racional de los recursos naturales, teniendo como ámbito de actuación al territorio. (Sedatu, 2021, pág. 7)

Se especifica que “Por su complejidad, esta política es transversal a todas aquellas políticas, estrategias y acciones que inciden en el territorio”. Es un “instrumento rector que, bajo un enfoque sistémico, configura la dimensión espacial y territorial del desarrollo de México en un horizonte de largo plazo hacia el 2020-2040”. Con ella “se sientan las bases de la rectoría del Estado en la política nacional” precisamente del ordenamiento territorial (Sedatu, 2021, págs. 7, 8).

Su metodología consideró la participación de expertos y legisladores, así como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fijados por Naciones Unidas y sus recomendaciones. Está conformada por cuatro capítulos: en el primero, se presenta el marco de referencia; en el segundo, el Sistema Nacional Territorial (estado actual y tendencias); en el tercero, la Estrategia, indicando metas, ejes nacionales, objetivos prioritarios, lineamientos generales y las estrategias por Sistema Urbano Rural (SUR); en el cuarto, mecanismos para la implementación, seguimiento y evaluación.

La ENOT define veinte SUR, distribuidos en seis macrorregiones (Sedatu, 2021, págs. 126, 127) (Tabla 1):

Macrorregión	SUR	Entidades federativas
Noroeste	Noroeste I	Baja California Sur
	Noroeste II	Baja California, Sonora
	Noroeste III	Sonora
	Noroeste IV	Sinaloa, Durango
Norte Centro	Norte Centro I	Chihuahua, Durango
	Norte Centro II	Durango, Coahuila
Noreste	Noreste I	Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas
	Noreste II	Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Hidalgo
Centro Occidente	Centro Occidente I	Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas, Nuevo León, San Luis Potosí, Querétaro
	Centro Occidente II	Michoacán, Guanajuato
	Centro Occidente III	Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo
	Centro Occidente IV	Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato
Centro	Centro I	Veracruz, Puebla, Oaxaca
	Centro II	Hidalgo, Puebla, Veracruz, Estado de México, Ciudad de México, Morelos
	Centro III	Tlaxcala, Puebla, Morelos, Oaxaca
	Centro IV	Michoacán, Guerrero, Estado de México, Oaxaca
	Centro V	Puebla, Oaxaca
Sureste	Sureste I	Chiapas
	Sureste II	Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche
	Sureste III	Campeche, Yucatán, Quintana Roo

Lo que interesa revisar aquí es cómo la ENOT trata e integra la transición energética, esto es, la relación energía-territorio en el sistema de planificación.

Un aspecto central en la estructuración de este instrumento es el reconocimiento de los ODS (UN, 2015), destacando el 7, Energía asequible y no contaminante. También se toma en cuenta lo dicho en la Nueva Agenda Urbana

(UN, 2017), que recomienda el uso de “energía renovable y asequible” (Sedatu, 2021, págs. 30, 31). Así, la ENOT reconoce el potencial fotovoltaico, eólico y geotérmico del país (Sedatu, 2021, pág. 43).

Dentro de “Los grandes retos del sistema natural”, considera como subtema el “Uso y aprovechamiento de los recursos naturales”, siendo el reto 12: “Impulsar la generación de energías limpias a corto plazo, particularmente de fuentes eólicas y solares” (Sedatu, 2021, pág. 78). Por su importancia en lo que respecta al desarrollo por diseño, se deben destacar como subtemas “La biodiversidad terrestre y su alteración por las actividades humanas”, “Las ANP [Áreas Naturales Protegidas], instrumentos para la protección y conservación de la riqueza natural” y “Áreas prioritarias para reducir la presión sobre los ecosistemas”, siendo el reto 5, 6 y 7: “Identificar aquellos sitios y zonas que albergan una extraordinaria biodiversidad que se encuentran bajo amenaza y sin ningún tipo de categoría de protección ambiental [...] Se debe impulsar el aumento de la superficie considerada dentro del Sistema Nacional de ANP”. Asimismo considera como subtema “Áreas prioritarias para reducir la presión sobre los ecosistemas”, siendo el reto 9: “Buscar la conservación de hábitats y especies bajo

alguna categoría de riesgo” (Sedatu, 2021, págs. 77, 78).

Dentro de “Los grandes retos del sistema de asentamientos humanos e infraestructura”, considera como subtema “La movilidad a nivel nacional e infraestructura de conectividad de interés nacional”, siendo el reto 26: “Reducir la dependencia de recursos fósiles en la generación de energía hacia fuentes más sostenibles para el ambiente” (Sedatu, 2021, pág. 162).

La transición energética se plantea para evitar el “cambio climático”, aprovechando particularmente, como ya se apuntó, la energía solar fotovoltaica y la eólica (Sedatu, 2021, págs. 167, 168).

Al bosquejar un “futuro deseable”, se indica que el país “cuenta con recursos y riquezas que ofrecen un gran potencial y oportunidades favorables para su desarrollo”, los cuales “se pueden valorar y aprovechar sobre todo en relación con el diseño e instrumentación de políticas públicas para establecer un nuevo modelo espacial de desarrollo socioeconómico”, basado precisamente en la protección y el aprovechamiento de dichos recursos “del territorio y su potencial”.

Entre estos se destaca el “alto potencial” de las energías renovables en regiones y sitios específicos, como la eólica en La Ventosa (Oaxaca), la solar en el desierto de Sonora y la geotérmica en el área de los volcanes (Sedatu, 2021, pág. 177). La ENOT propone 22 metas, la 17, Instrumentos de Ordenamiento

Territorial (o territoriales), plantea:

Para 2040 aumentará el número de ciudades y asentamientos humanos que implementan políticas, planes y programas integrados para promover la inclusión y el uso eficiente de los recursos naturales,

logrando que al menos 60% de los municipios del país cuenten con programas e instrumentos de OT [ordenamiento territorial], urbana, gestión del suelo y ordenamiento ecológico. (Sedatu, 2021, pág. 181)

Ahora bien, al alinear las metas de la ENOT con los ODS, no establece una relación ni directa ni indirecta entre la meta 17, Instrumentos de Ordenamiento Territorial, con el ODS 7, Energía asequible y no contaminante. El cual sí lo relaciona directamente con las metas 11, Innovación e industria, 14, Comunidades sostenibles, y 15, Movilidad sostenible. La meta 17 sólo se relaciona directamente con el ODS 11, Ciudades y comunidades sostenibles (Sedatu, 2021, págs. 182, 183).

La ENOT se estructura en ejes nacionales, que definen objetivos prioritarios y estos a su vez lineamientos generales (LG). El Eje Nacional 1, Estructuración

Territorial, señala como un objetivo prioritario: “Fortalecer la complementariedad y sinergia entre los asentamientos humanos, atendiendo a la estructura y funcionamiento del sistema”. El LG 1.2.3 indica:

Mitigar la emisión de GEI [gases de efecto invernadero], contribuir a la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica, e impulsar a los sectores más intensivos en el uso de energías limpias a través del desarrollo de infraestructura estratégica de generación de energía y energías limpias que propicien el bienestar de la población y aporten a la seguridad energética de México y la sostenibilidad del territorio aprovechando el potencial energético de nuestro país. (Sedatu, 2021, págs. 185, 186)

El Eje Nacional 2, Desarrollo Territorial, señala como un objetivo prioritario:

“Restaurar, proteger, conservar y aprovechar de manera sostenible los ecosistemas para asegurar sus servicios ambientales actuales y futuros”. El LG

2.4.3 propone “Impulsar la generación de energía a partir de fuentes eólicas” y el LG 2.4.5 “Impulsar la generación de energía a partir de fuentes renovables fotovoltaicas”, ambos

implementando proyectos con tecnologías sostenibles en territorios con alto potencial que impulsen el desarrollo territorial, e incorporando criterios de sostenibilidad en los instrumentos de planeación del territorio que aseguren la compatibilidad de la energía renovable con el ambiente y los ODS. (Sedatu, 2021, págs. 190, 192)

El Eje Nacional 3 se concentra en la Gobernanza Territorial.

La ENOT propone LG por SUR, los LG 1.2.3, 2.4.3 y 2.4.5 consideran cuestiones energéticas.

El LG 1.2.3 indica para los SUR Noroeste I y Sureste III: “Impulsar proyectos de generación de energía termoeléctrica que coadyuven a alcanzar la seguridad energética y a fomentar el desarrollo nacional contemplando la transición en el mediano y largo plazo hacia la energía termoeléctrica de origen renovable (geotérmica o termo solar) [...]” (Sedatu, 2021, págs. 199, 294). Y para los SUR Centro I y Sureste I: “Impulsar proyectos de exploración y extracción de hidrocarburos que coadyuven a alcanzar la seguridad energética y a fomentar el desarrollo nacional contemplando la transición en el mediano y largo plazo hacia las energías de origen renovable

[...]” (Sedatu, 2021, págs. 259, 284). Para estos y los demás SUR propone mecanismos de monitoreo y calidad del aire (Sedatu, 2021, págs. 199-295).

El LG 2.4.3 indica para el SUR Noroeste I:

Priorizar la reconversión energética en los procesos productivos de acuerdo con las fuentes potenciales disponibles de energía locales y regionales. Promover el desarrollo de proyectos de generación de energía solar [sic] a partir de fuentes eólicas en el corto plazo, favoreciendo la transición energética hacia la producción de energías limpias en sustitución de aquellas derivadas de fuentes fósiles. (Sedatu, 2021, pág. 201)

Y para los SUR Noroeste II, Noroeste III, Noreste II, Centro V y Sureste III: “Promover el desarrollo de proyectos de generación de energía solar [sic] a partir de fuentes eólicas en el corto plazo, favoreciendo la transición energética hacia la producción de energías limpias en sustitución de aquellas derivadas de fuentes fósiles” (Sedatu, 2021, págs. 206, 212, 236, 281, 296). Cabe indicar en este LG un error importante en la redacción al referirse a “generación de energía solar”, cuando debió hablarse solamente de “generación de energía”. Para los demás SUR indica: “Aplica el Lineamiento General”; esto es: “Impulsar la generación de energía a partir de fuentes eólicas, implementando proyectos con tecnologías sostenibles en territorios con alto potencial que impulsen el desarrollo territorial [...]” (Sedatu, 2021, págs. 192, 216-291).

El LG 2.4.5 indica para los SUR Noroeste I, Noroeste II, Noroeste III, Norte

Centro I, Norte Centro II, Noreste I, Noreste II, Centro Occidente I y Centro Occidente II: “Promover el desarrollo de

proyectos de generación de energía solar a partir de fuentes fotovoltaicas en el corto plazo, favoreciendo la transición energética hacia la producción de energías limpias en sustitución de aquellas derivadas de fuentes fósiles” (Sedatu, 2021, págs. 201, 206, 212, 221, 226, 231,

236, 241, 246). Para los demás SUR indica: “Aplica el Lineamiento General”; esto es: “Impulsar la generación de energía a partir de fuentes renovables fotovoltaicas, implementando proyectos con tecnologías sostenibles en territorios con alto potencial que impulsen el desarrollo territorial [...]” (Sedatu, 2021, págs. 192, 216-297).

Como síntesis del análisis se destaca: 1) la ENOT plantea la transición energética en concordancia con la LTE (aunque no la menciona) y Naciones Unidas; 2) considera especialmente a la energía eólica y la energía solar; 3) no considera el uso de bioenergéticos; 4) no profundiza en lo que implica que en algunos sitios y en áreas extensas pueda existir alto potencial eólico, solar y/o de biomasa; 5) no toma en cuenta la dispersión energética.

Potencial energético y dispersión energética

La ENOT debe dar especial atención a la dispersión energética debido al impacto territorial particularmente de la energía eólica, la energía solar y el aprovechamiento de la biomasa: la transición energética debe entenderse como un problema de uso del suelo, no sólo de disminución de gases emitidos a la atmósfera.

La intermitencia del viento y la radiación solar plantea desafíos técnicos y de fiabilidad del sistema eléctrico, lo cual obliga a pensar en alternativas de respaldo

sostenibles. Una de ellas es el aprovechamiento de la biomasa forestal, la cual, como ya se indicó, no es considerada por la ENOT.

Para profundizar en la crítica a este instrumento, identificar los “territorios con alto potencial” a los que hace referencia vagamente y esbozar recomendaciones, a continuación se revisará el potencial solar, eólico, geotérmico y bioenergético de cada SUR utilizando los datos que ofrecen el Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL) (Sener, 2016b), el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL) (Sener, 2016a) y el Atlas Nacional de Biomasa (ANBIO) (Sener, 2013).

La evaluación del AZEL (Zonas disponibles con alto potencial) es particularmente útil y valiosa porque considera, además de los recursos y los rendimientos de los sistemas, las limitaciones territoriales técnicas, ambientales, sociales y de alto riesgo.

En este reporte no se busca determinar con precisión si cada SUR tiene potencial solar, eólico, geotérmico y/o bioenergético suficiente para ser en mayor o menor medida autosuficiente, lo cual estará en función de la población asentada, la morfología urbana y las actividades productivas que se realicen en sus territorios. Lo que interesa es identificar las áreas con alto potencial, ya que su aprovechamiento implica dispersión energética y probables conflictos por el uso del suelo. Un SUR con más áreas con alto potencial y alto factor de planta cercanas a la RNT tendrá más opciones para un adecuado desarrollo por diseño. Si un SUR tiene pocas áreas se presenta un problema de insuficiencia energética, además del conflicto

territorial, lo que hace más complicada su transición.

Aquí se muestran los mapas como referencia, para ver el detalle de cada SUR con buena resolución se recomienda consultar el INEL, el AZEL y el ANBIO directamente.

Potencial solar

No es suficiente destacar que la media de irradiación global horizontal en el país es de 5.5 kWh/m²/día y reconocer que los valores cambian significativamente en cada región y durante el transcurso del año (Sedatu, 2021, pág. 42). El AZEL define como valores de alto potencial solar la irradiación global horizontal precisamente igual o mayor a 5.5 kWh/m²/día. Cabe indicar que valores menores pueden aprovecharse para autoabastecimiento, pero no impactan el uso del suelo, que es lo que aquí interesa estudiar, ya que los paneles fotovoltaicos se instalan en el interior de las propiedades existentes.

A pesar del alto potencial solar que existe en casi todo el país, también registra, además de la intermitencia diaria, caídas importantes estacionalmente.

Por ejemplo, uno de los sitios con valores más altos se ubica en el SUR Noroeste

III en el municipio de Tubutama (desierto de Sonora, área destacada por la ENOT), donde en el mes de junio de registran 8.4 kWh/m²/día, mientras que en diciembre sólo 3.5 kWh/m²/día, esto es una diferencia de 4.9 kWh/m²/día, siendo el promedio anual 5.9 kWh/m²/día. De hecho, en muy pocos lugares del país en diciembre se alcanza la media nacional (Imagen 1 y 2).



Imagen 1. Irradiación global horizontal, mayo. Fuente: Sener (INEL).

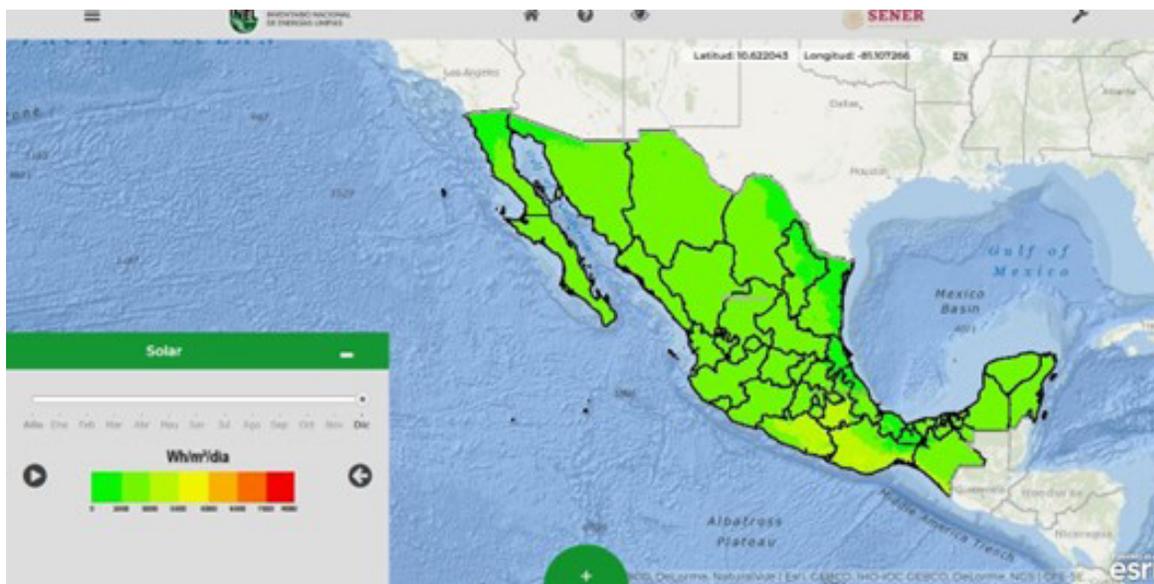


Imagen 2. Irradiación global horizontal, diciembre. Fuente: Sener (INEL).

Con relación al potencial solar, la ENOT recomienda el desarrollo de proyectos fotovoltaicos especialmente para los SUR Noroeste I, Noroeste II, Noroeste III, Norte Centro I, Norte Centro II, Noreste I, Noreste

II, Centro Occidente I y Centro Occidente II, cuando casi todas los SUR tienen áreas y valores de factor de planta que justifican el desarrollo de estos proyectos. No obstante, el SUR Noreste II, al igual que Centro I,

no tienen tantas áreas como los arriba mencionados, por lo que la energía solar no es una alternativa relevante en ellos (sí para proyectos de autoabastecimiento, como ya se indicó). De esta manera, la dispersión energética debido al aprovechamiento de la irradiación solar puede tener efectos en

todos los SUR, particularmente en los que conforman las macrorregiones Noroeste, Norte Centro, Centro Occidente y Centro, junto con los SUR Noreste I y Sureste I, ya que reportan valores de factor de planta al menos de 28 por ciento (Imagen 3).

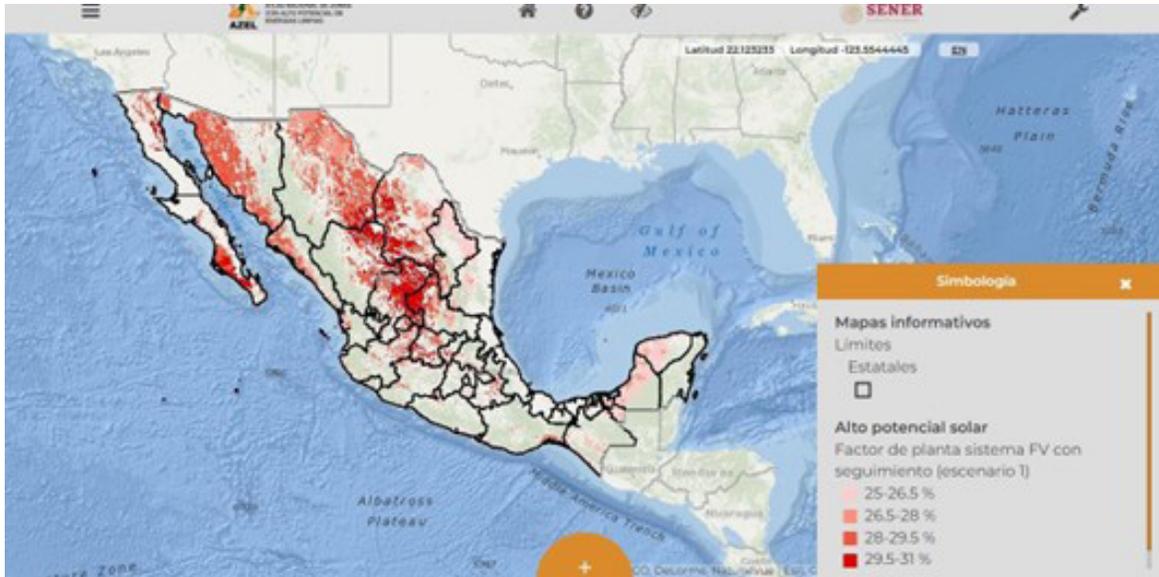


Imagen 3. Zonas con alto potencial solar, sin restricción de distancia a la RNT.

Fuente: Sener (AZEL).

La ENOT también recomienda el desarrollo de proyectos de energía termoeléctrica de origen termo solar para los SUR Noroeste I y Sureste III; ahora bien, el potencial solar y condiciones áridas o semiáridas para su desarrollo existen en el SUR Noroeste I, no en el SUR Sureste III. También tienen condiciones para esta alternativa los SUR Noroeste II, Noroeste III, Norte Centro I, Norte Centro II, Noreste I, Centro Occidente I, Centro Occidente III, Centro II y Centro III.

Potencial eólico

El AZEL define como valores de alto potencial eólico vientos con una velocidad

igual o mayor a 6 m/s a una altura de 80 m. Como en el caso de la energía solar, valores menores pueden aprovecharse para autoabastecimiento, pero no impactan el uso del suelo, ya que los miniaerogeneradores se instalan en el interior de las propiedades.

La velocidad del viento varía estacionalmente, incluso en el SUR Centro V, donde se registran los valores más altos, por ejemplo, en el municipio de San Juan Quetzaltepec (istmo de Tehuantepec, destacado por la ENOT), la velocidad del viento es de 11 m/s en noviembre, cayendo a 6.5 m/s en junio. Nótese la variación también en estos meses en los SUR Noroeste II, Noreste I y Centro Occidente III (Imagen 4 y 5).

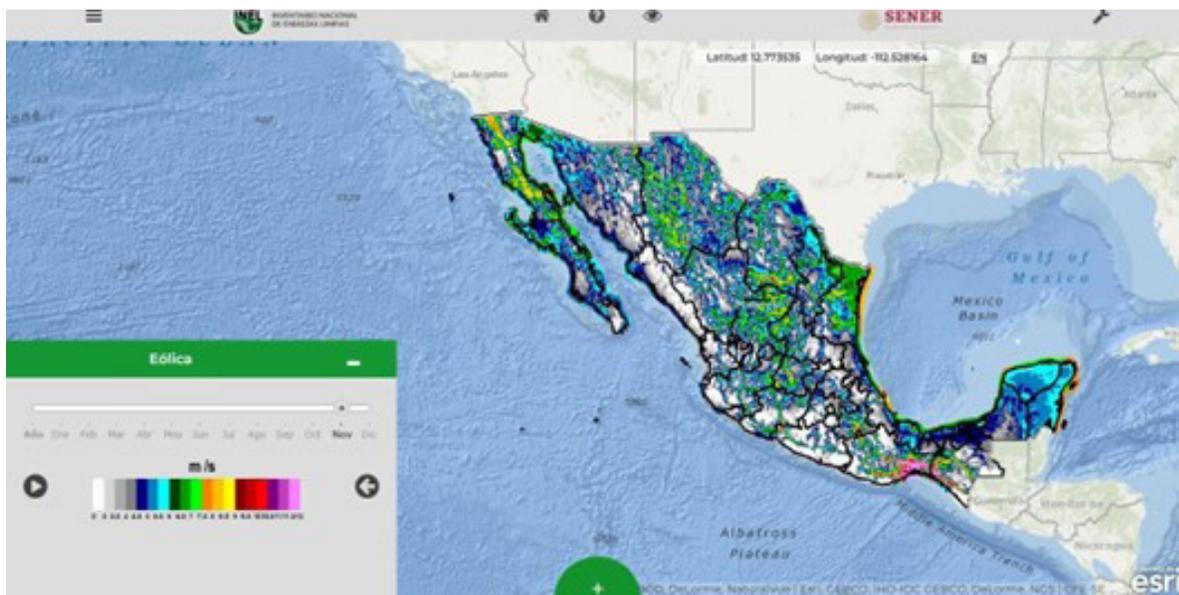


Imagen 4. Velocidad del viento, noviembre. Fuente: Sener (INEL).

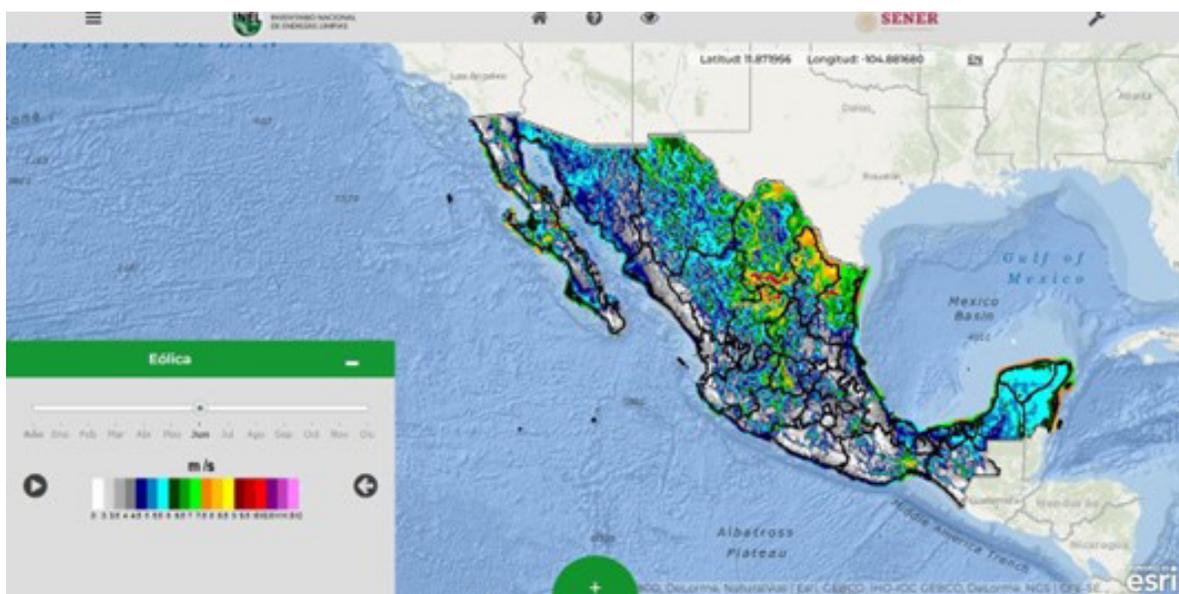


Imagen 5. Velocidad del viento, junio. Fuente: Sener (INEL).

¿Puede la energía eólica sustituir la energía solar que se pierde entre noviembre y enero? Considerando las limitaciones territoriales, si analizamos los valores eólicos de diciembre (Imagen 6), mes crítico en

valores solares, pocas áreas, además de los SUR Centro V y Sureste I, registran valores altos, particularmente en los SUR Noroeste II, Norte Centro I, Norte Centro II, Noreste I y Centro Occidente I.

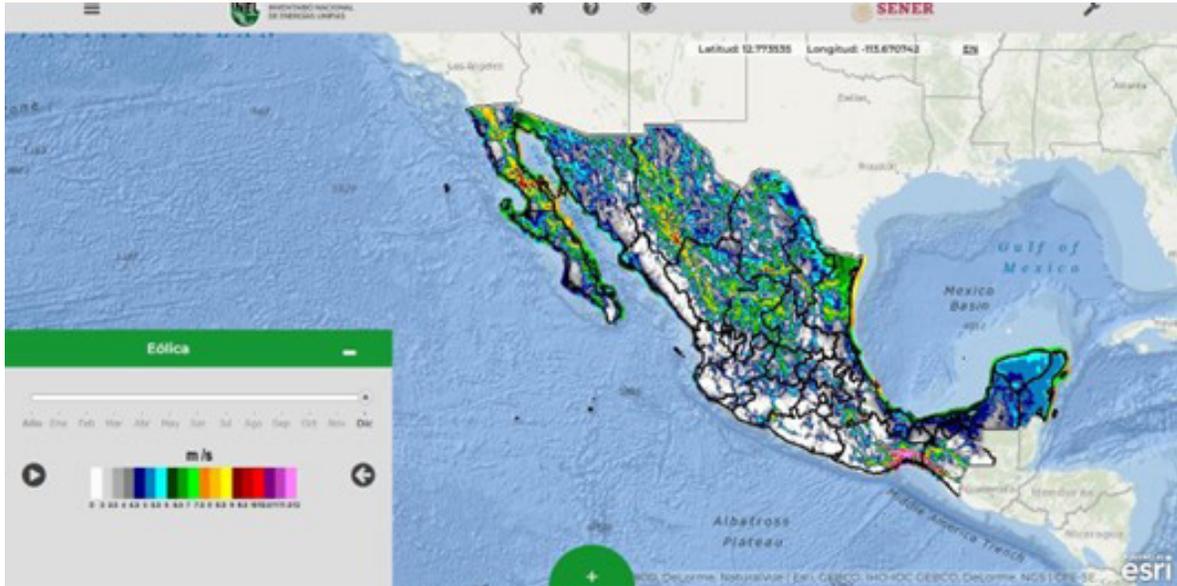


Imagen 6. Velocidad del viento, diciembre. Fuente: Sener (INEL).

Con relación al potencial eólico, la ENOT recomienda el desarrollo de proyectos especialmente en los SUR Noroeste I, Noroeste II, Noroeste III, Noreste II, Centro V y Sureste III, sin distinguir entre la superficie con alto potencial que tienen, donde destacan el SUR Noroeste II y Centro V. Más aún, no se incluyen, a pesar de que reportan valores altos, los SUR Norte Centro I, Norte Centro II, Noreste I, Centro Occidente I y Centro III, particularmente el SUR Noreste I. Sin bien el LG 2.4.3 (impulsar la generación de energía a partir de fuentes eólicas) puede aplicarse estrictamente en todos los SUR, debe señalarse que los SUR Noroeste IV, Centro Occidente II, Centro Occidente IV,

Centro IV y Sureste II tienen muy pocas áreas con alto potencial, cuyos valores de factor de planta, además, son bajos, por lo que en realidad la energía eólica no es una alternativa importante en ellos. Por lo dicho, la dispersión energética debido al aprovechamiento del viento puede tener efectos en casi todos los SUR, con excepción de los últimos mencionados; se debe prestar especial atención a los SUR que reportan factores de planta arriba de 30 por ciento, incluso arriba de 50 por ciento, estos son: Noroeste I, Noroeste II, Noroeste III, Norte Centro II, Noreste I, Noreste II, Centro I, Centro III, Centro V, Sureste I y Sureste III (Imagen 7).



Imagen 7. Alto potencial eólico. Fuente: Sener (AZEL).

Potencial geotérmico

La ENOT recomienda el desarrollo de proyectos de energía termoeléctrica de origen geotérmico para los SUR Noroeste I y Sureste III; ahora bien, en ambos SUR no hay suficiente potencial geotérmico, como sí lo hay en el SUR Noroeste II en el campo de Cerro Prieto. Si bien el impacto territorial de la energía geotérmica es menor, así como su potencial (571 MW, potencial medio), reportando el AZEL para cada sitio por lo general valores inferiores a 10 MW, incluso menores a 5 MW, que pueden utilizarse para autoabastecimiento, la ENOT no profundiza en su aprovechamiento. Señala de manera vaga el potencial geotérmico de los volcanes (Sedatu, 2021, pág. 177), sin embargo, ni el AZEL ni el INEL reportan valores especialmente altos en todos ellos, como es el caso de las zonas del Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y el Citlaltépetl (macrorregión Centro). El calor de la tierra aportará poca energía considerando la demanda total nacional.

Potencial bioenergético

Sobre la biomasa, el AZEL considera el aprovechamiento de residuos pecuarios, industriales, urbanos y forestales, que tienen un potencial de 1,478 MW. Al igual que la geotermia, los valores de cada sitio en general son inferiores a 10 MW e incluso 5 MW. Si bien su impacto territorial es menor o nulo, los procesos que los producen deben ser sostenibles para considerar esta alternativa como opción viable, aunque aporte poca energía considerando la demanda nacional.

Como ya se indicó, la biomasa puede ser alternativa ante las limitaciones de los hidrocarburos, el carbón, la energía nuclear, la energía eólica y la energía solar, por esto se debe explorar su aprovechamiento para producir electricidad a través de termoeléctricas, ya sea quemando madera directamente o carbón vegetal. El poder calorífico de la madera es de ~18-21 MJ/kg, el del carbón vegetal es de 24-35 MJ/

kg, valores que se equiparan e incluso superan, en el caso del carbón vegetal, a los del carbón mineral bituminoso y sub-bituminoso (19-32 MJ/kg) y se acercan a los de la antracita (~35 MJ/kg).

Según el ANBIO, en México existen con potencial energético bosques de pino, encino y mixtos (pino y encino) (> 18 MJ/kg), selvas bajas (18 MJ/kg), selvas medias y altas y plantaciones de eucalipto (< 18 MJ/kg). Con base en esto, se propone un manejo sostenible de los bosques nativos de pino, encino y mixtos y las selvas bajas

(identificando las especies con mejores características) debido a su presencia y posible desarrollo en casi todos los SUR, reconociendo el impacto causado por la deforestación. Destacan por su potencial de biomasa forestal los SUR Noroeste III, Noroeste IV, Norte Centro I, Norte Centro II, Centro Occidente II,

Centro Occidente IV, Centro III, Centro IV, Centro V, Sureste I y Sureste III. Por otra parte, tienen muy poco potencial los SUR Noroeste I, Noroeste II, Noreste I, Centro I y Sureste II (Imagen 8).

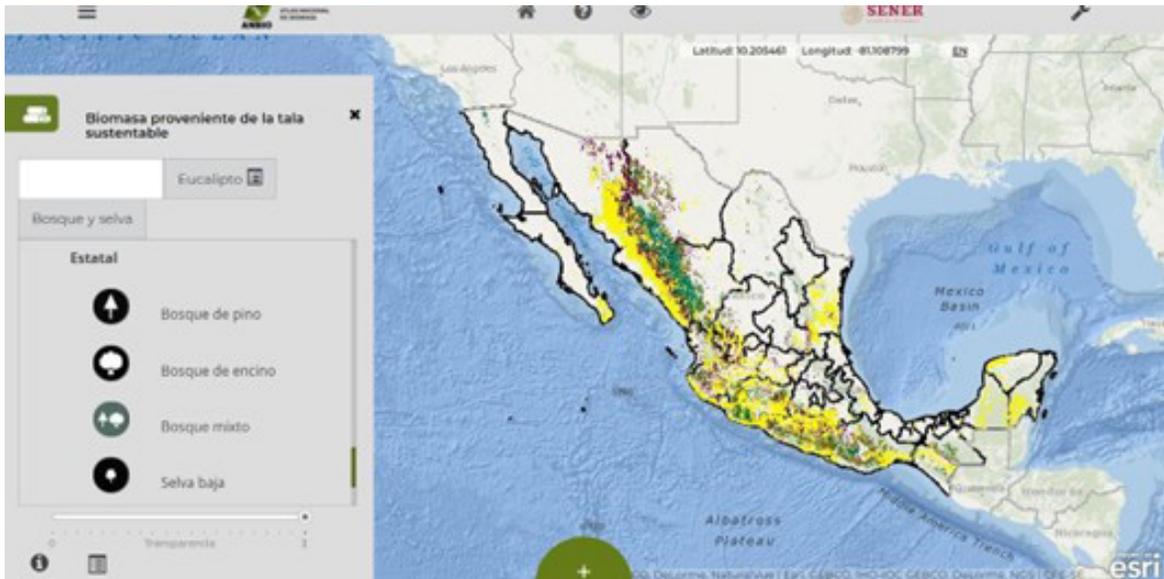


Imagen 8. Bosques nativos de pino (verde fuerte), encino (violeta) y mixtos (verde oliva). Selvas bajas (amarillo). Se excluyen pendientes mayores de 30 por ciento, distancias a caminos mayores de 5 km, ANP, vegetación con alto valor de conservación y polígonos menores de 25 hectáreas. Fuente: Sener (ANBIO).

Las plantaciones de eucalipto, presentes en los SUR Noreste I, Noreste II, Centro Occidente I, Centro Occidente II, Centro Occidente III, Centro Occidente IV, Centro II, Centro IV, Centro V y Sureste II, pueden afectar a las especies nativas, la biodiversidad y el equilibrio ecológico, por lo que

su existencia y expansión debe revisarse (Imagen 9).

Los cultivos especializados para producir bioetanol y biodiesel también tienen un impacto significativo. Con relación a los primeros, hay cultivos de remolacha azucarera en el SUR Noroeste III, de caña

de azúcar en los SUR Noroeste IV, Noreste II, Centro Occidente I, Centro Occidente II, Centro Occidente IV, Centro I, Centro II, Centro III, Centro V, Sureste I, Sureste II y Sureste III (Imagen 10), y de sorgo en todos los SUR (Imagen 11); con relación al biodiesel,

hay cultivos de jatropha en los SUR Centro Occidente II, Centro Occidente IV, Centro IV, Sureste I y Sureste III, y de palma africana en los SUR Centro Occidente IV, Sureste I, Sureste II y Sureste III (Imagen 12). También su presencia y promoción debe revisarse.

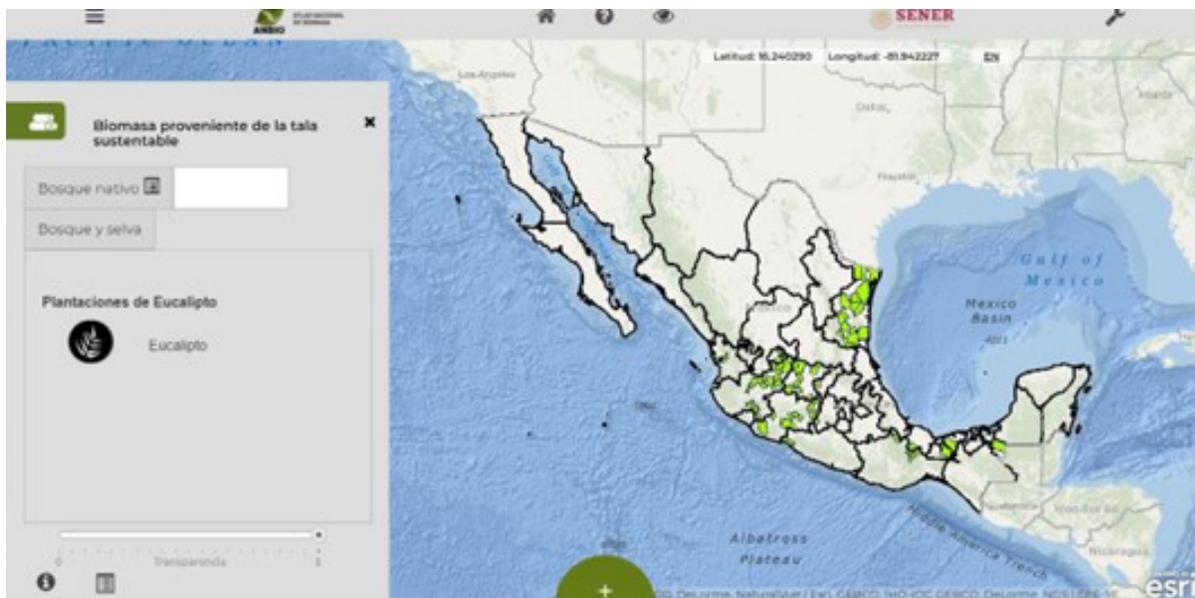


Imagen 9. Plantaciones de eucalipto. Fuente: Sener (ANBIO).

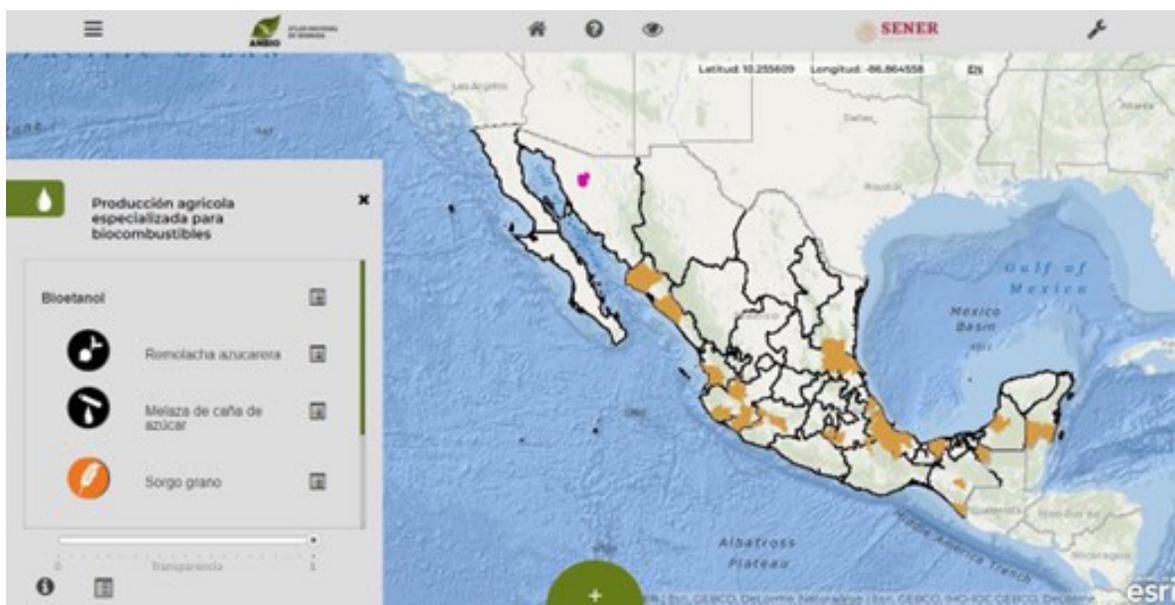


Imagen 9. Plantaciones de eucalipto. Fuente: Sener (ANBIO).

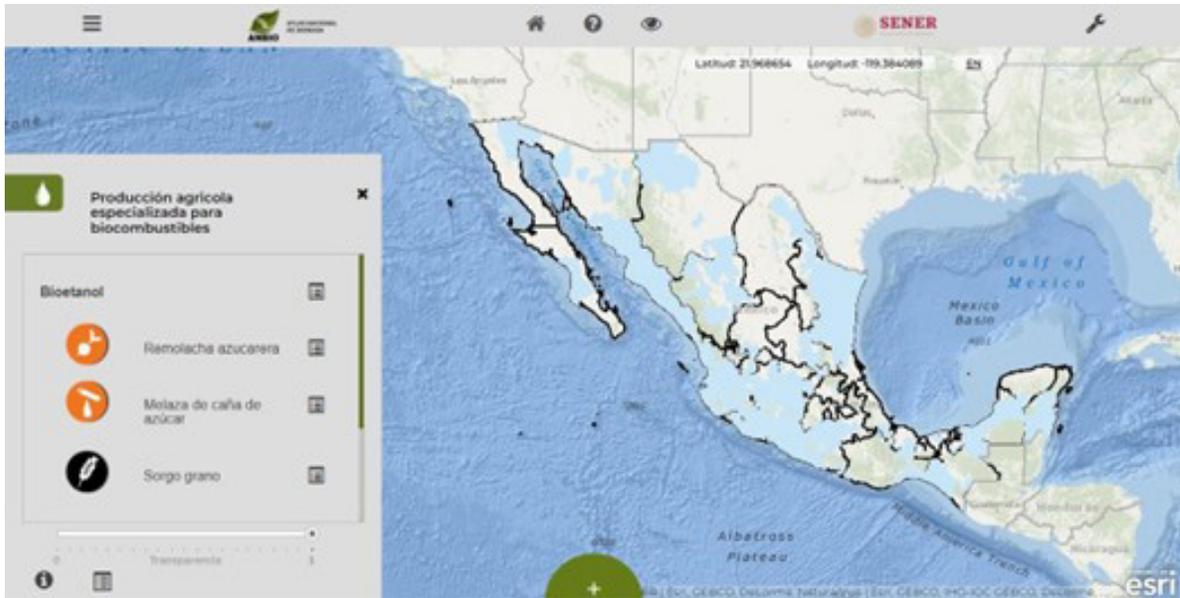


Imagen 11. Cultivos especializados para producir bioetanol: sorgo (azul claro). Fuente: Sener (ANBIO).



Imagen 12. Cultivos especializados para producir biodiesel: jatropha (verde), palma africana (amarillo). Fuente: Sener (ANBIO).

Como ya se indicó, la ENOT no toma en cuenta el potencial de la biomasa para producir energía, a pesar de ser reconocida por la LTE, sin explicar los motivos de esta omisión, por lo que ignora, como consecuencia, la actual y futura dispersión energética de plantaciones forestales y cultivos especializados. El manejo de bosques nativos y selvas bajas debe incorporarse a la política energética, ecológica y territorial.

Hidrocarburos

Para concluir esta revisión, debe agregarse que la ENOT no señala el potencial del gas de lutitas (shale gas), particularmente en los SUR Noreste I y Noreste II (De la Vega & Ramírez, 2015), ya que propone impulsar la exploración y extracción de hidrocarburos en los SUR Centro I y Sureste I. Tampoco debe ignorarse su impacto en la dispersión energética.

Probables zonas críticas debido a la dispersión energética

Para formarse una idea de las áreas donde pueden presentarse conflictos por la dispersión energética deben identificarse las zonas con alto potencial, particularmente con alto factor de planta, cercanas a la RNT en lo que respecta a la energía solar y la energía eólica, y cercanas a carreteras en lo que respecta a la biomasa forestal. Estos datos los aporta el AZEL (Zonas disponibles con alto potencial, escenarios 3 y 2) (Imagen 13, 14, 15 y 16) y el ANBIO (Potencial por tipo de biomasa, Tala sustentable) (Imagen 8). Las zonas que aparecen en el escenario 3 deben considerarse de alta prioridad debido a su mayor cercanía a la RNT (ubicadas a 10 km o menos). Indudablemente todas las zonas con alto potencial implican conflicto, pero por restricciones técnicas se busca y buscará aprovechar los recursos energéticos que signifiquen menos complicaciones en este sentido y por lo tanto menor inversión.



Imagen 13. Alto potencial solar, escenario 3, distancia media de 2 km a la RNT. Fuente: Sener (AZEL).

Fuente: Sener (ANBIO).

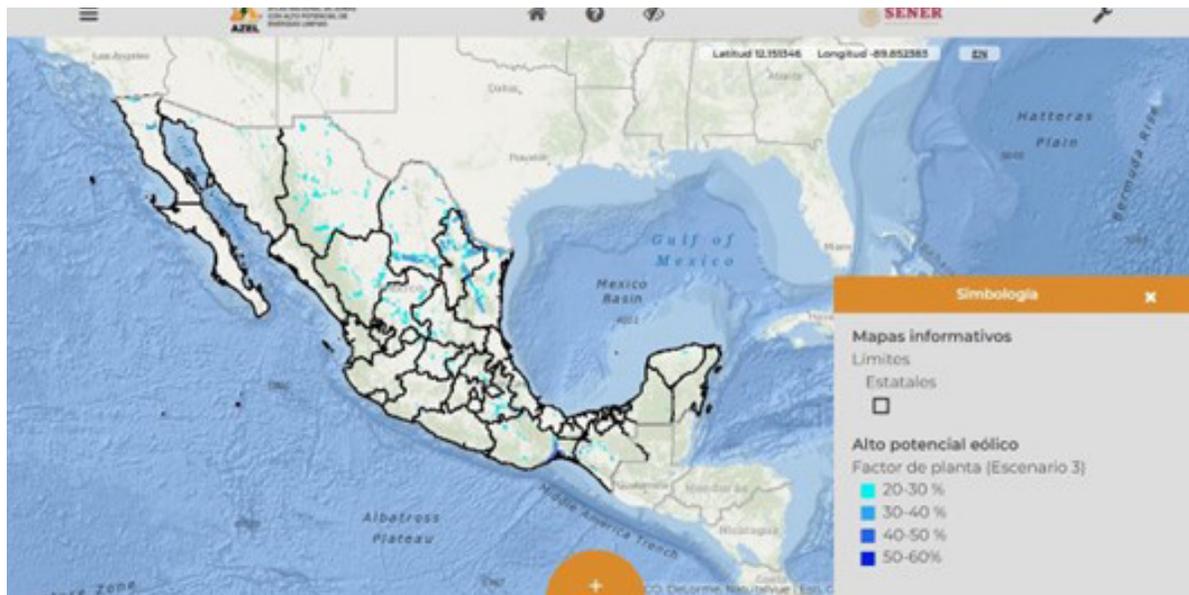


Imagen 14. Alto potencial eólico, escenario 3, distancia media de 10 km a la RNT. Fuente: Sener (AZEL).

Fuente: Sener (ANBIO).



Imagen 15. Alto potencial solar, escenario 2, distancia media de 20 km a la RNT. Fuente: Sener (AZEL).

Fuente: Sener (ANBIO).



Imagen 16. Alto potencial eólico, escenario 2, distancia media de 20 km a la RNT. Fuente: Sener (AZEL).

A continuación se presentan los datos de cada SUR tomando el escenario 3 (solar y eólico) y la biomasa forestal como un ejercicio aproximativo de lo que se debe

estudiar a profundidad y atender en lo concerniente al uso del suelo. Como ya se sugirió, los mapas se visualizan mejor directamente en las aplicaciones.

i) SUR Noroeste I

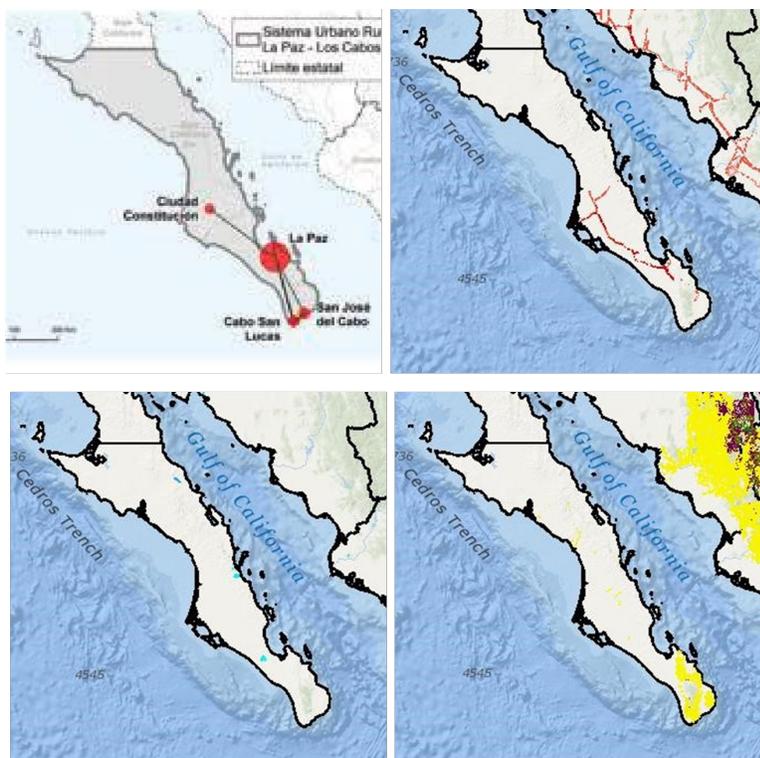


Imagen 17. SUR Noroeste I. Fuente: Sedatu.

Imagen 18. Alto potencial solar. Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 19. Alto potencial eólico. Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 20. Bosques y selvas bajas. Fuente: Sener (ANBIO).

ii) SUR Noroeste II

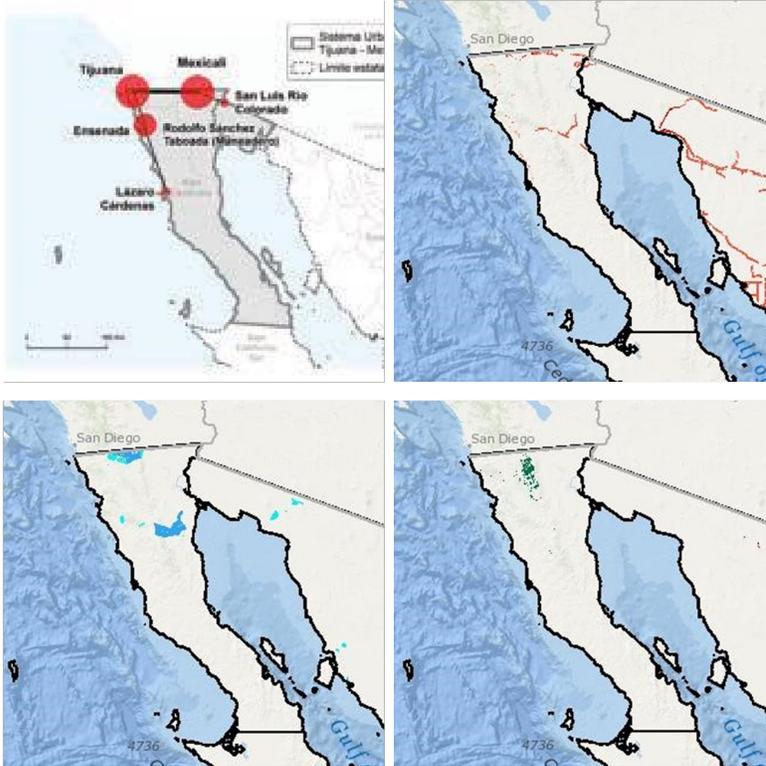


Imagen 21. SUR Noroeste II.
Fuente: Sedatu.

Imagen 22. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 23. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 24.
Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

iii) Noroeste III

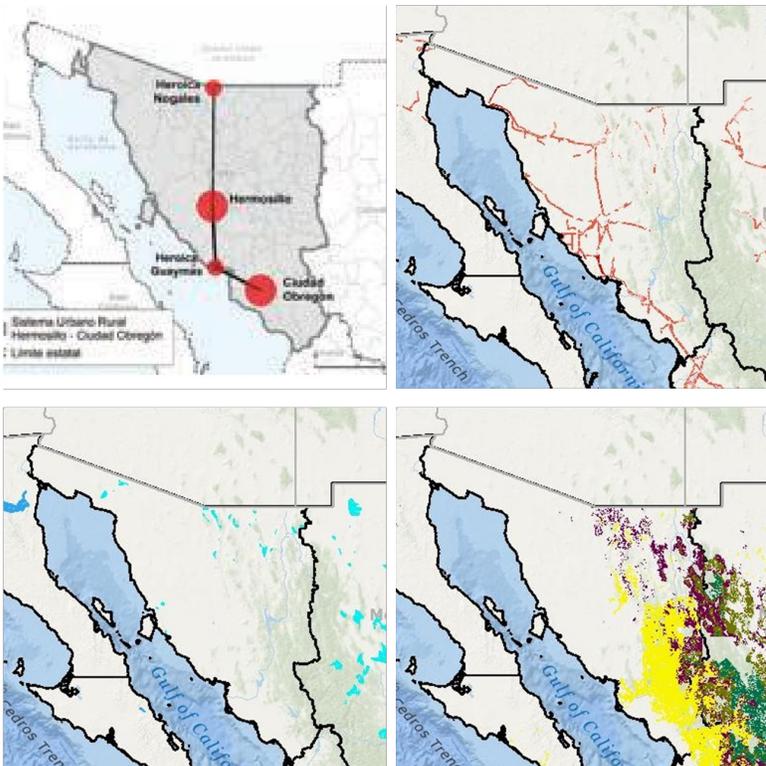


Imagen 25. SUR Noroeste III.
Fuente: Sedatu.

Imagen 26. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 27. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL). Imagen 28.

Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

iv) Noroeste IV

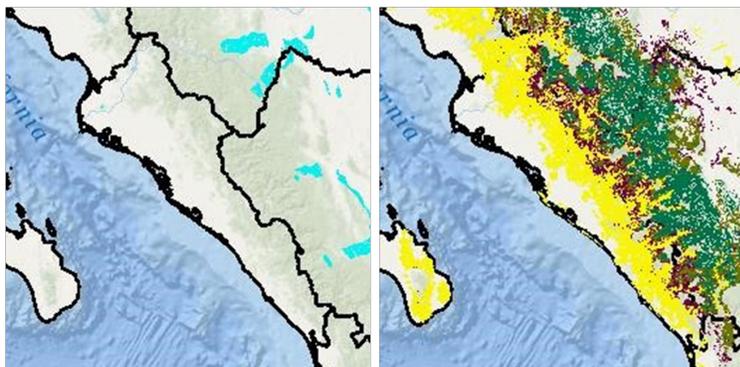
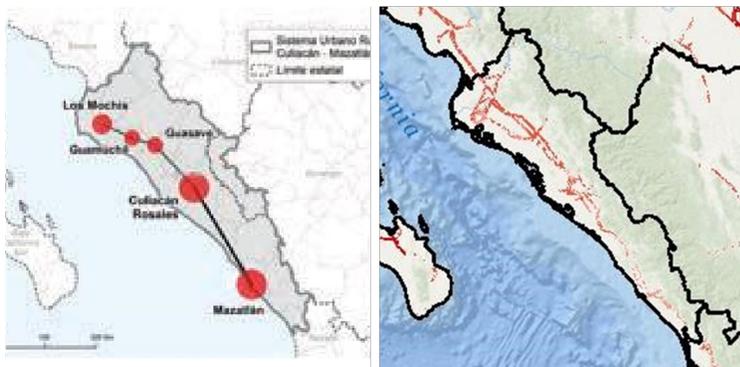


Imagen 29. SUR Noroeste IV.
Fuente: Sedatu.

Imagen 30. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 31. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 32. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

v) Norte Centro I

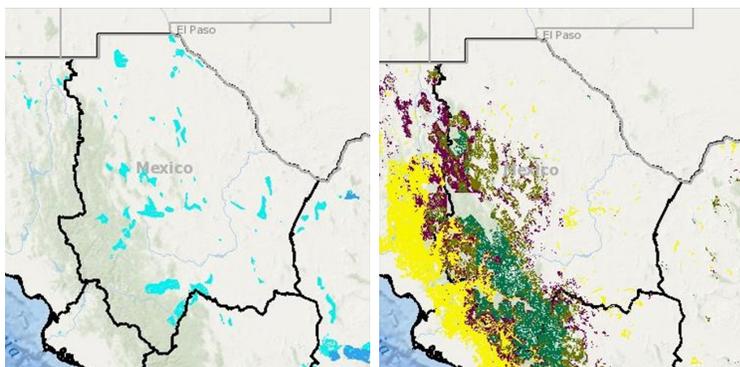


Imagen 33. SUR Norte Centro I.
Fuente: Sedatu.

Imagen 34. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 35. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 36. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

vi) Norte Centro II



Imagen 37. SUR Norte Centro II.
Fuente: Sedatu.

Imagen 38. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 39. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 40. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

vii) Norte I

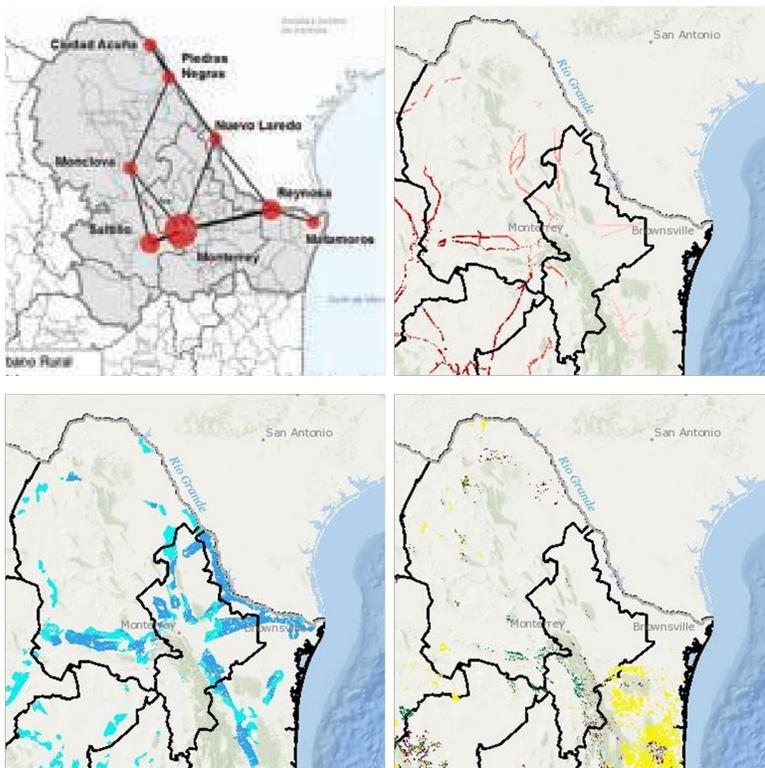


Imagen 41. SUR Noreste I.
Fuente: Sedatu.

Imagen 42. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 43. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 44. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

viii) SUR Noreste II

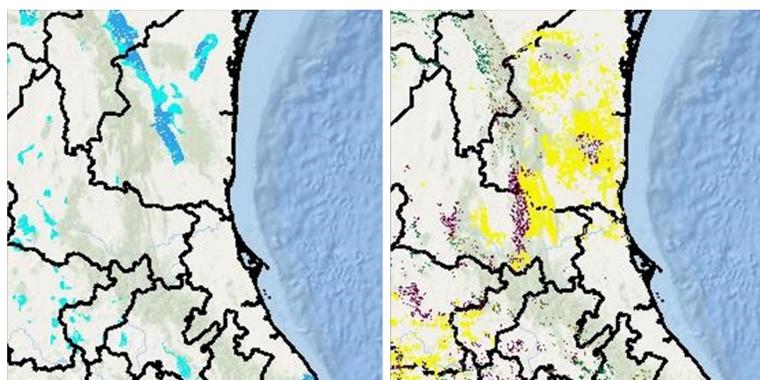
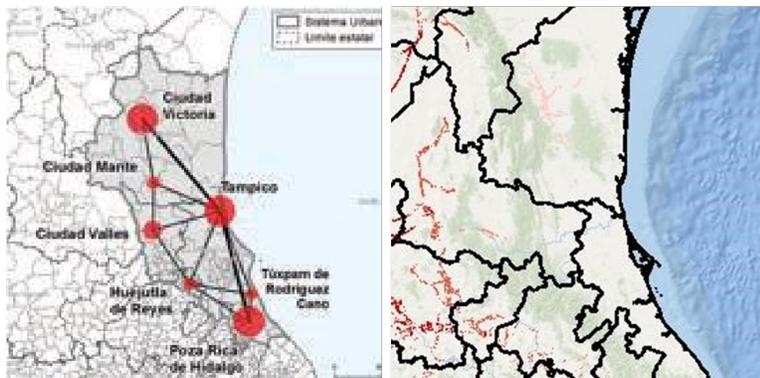


Imagen 45. SUR Noreste II.
Fuente: Sedatu.

Imagen 46. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 47. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 48. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

ix) Centro Occidente I

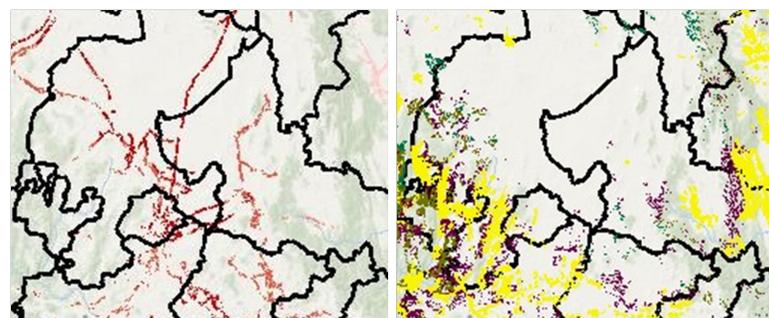
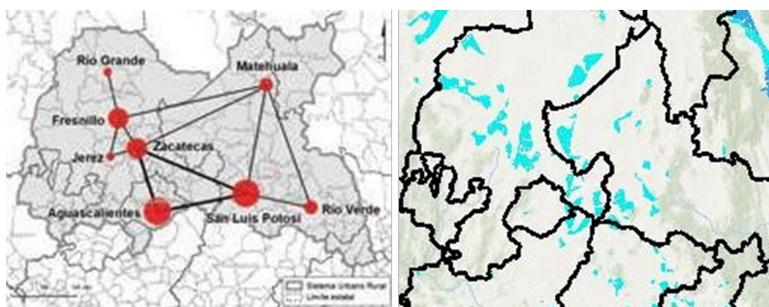


Imagen 49. SUR Centro Occidente I.
Fuente: Sedatu.

Imagen 50. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 51. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 52. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

x) Centro Occidente II

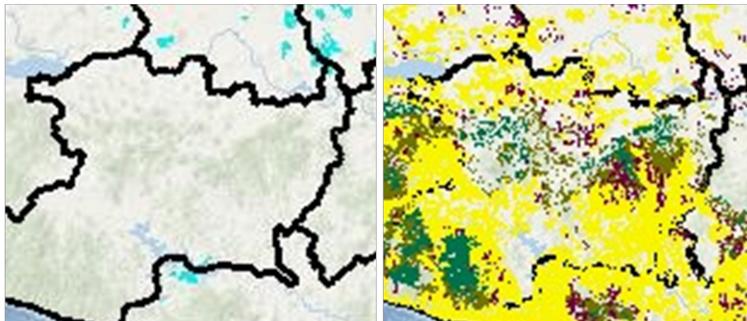
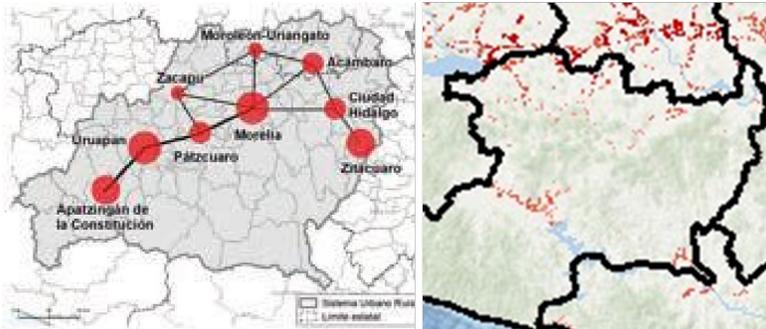


Imagen 53. SUR Centro Occidente II.
Fuente: Sedatu.

Imagen 54. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 55. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 56. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xi) Centro Occidente III

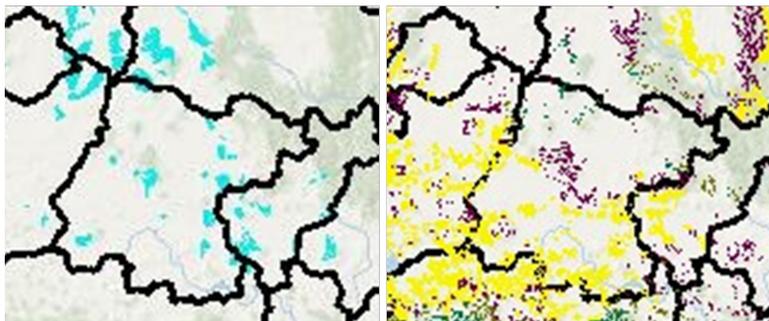


Imagen 57. SUR Centro Occidente III.
Fuente: Sedatu.

Imagen 58. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 59. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 60. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xii) Centro Occidente IV

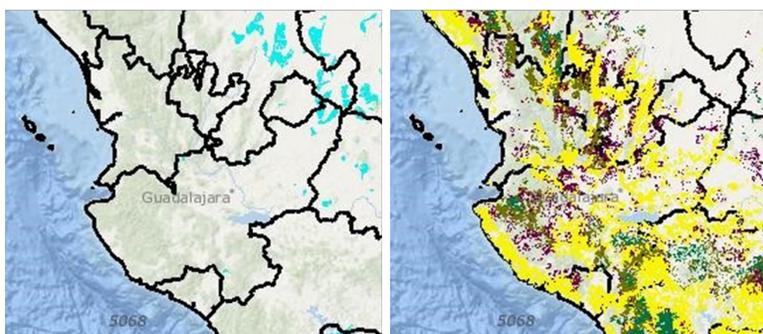
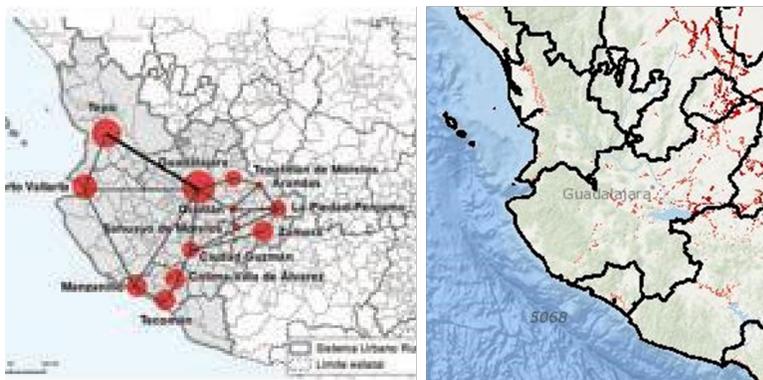


Imagen 61. SUR Centro Occidente IV.
Fuente: Sedatu.

Imagen 62. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 63. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 64. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xiii) SUR Centro I

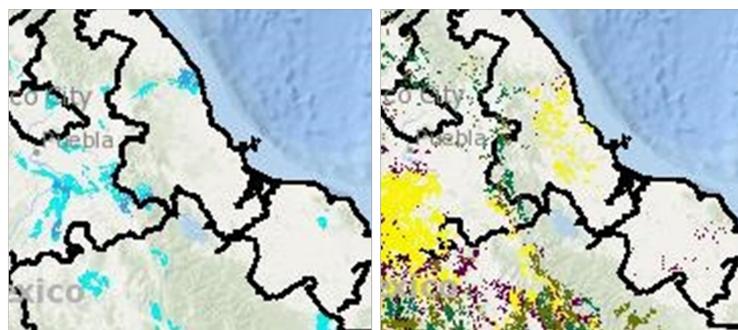


Imagen 65. SUR Centro I.
Fuente: Sedatu.

Imagen 66. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 67. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 68. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xiv) SUR Centro II

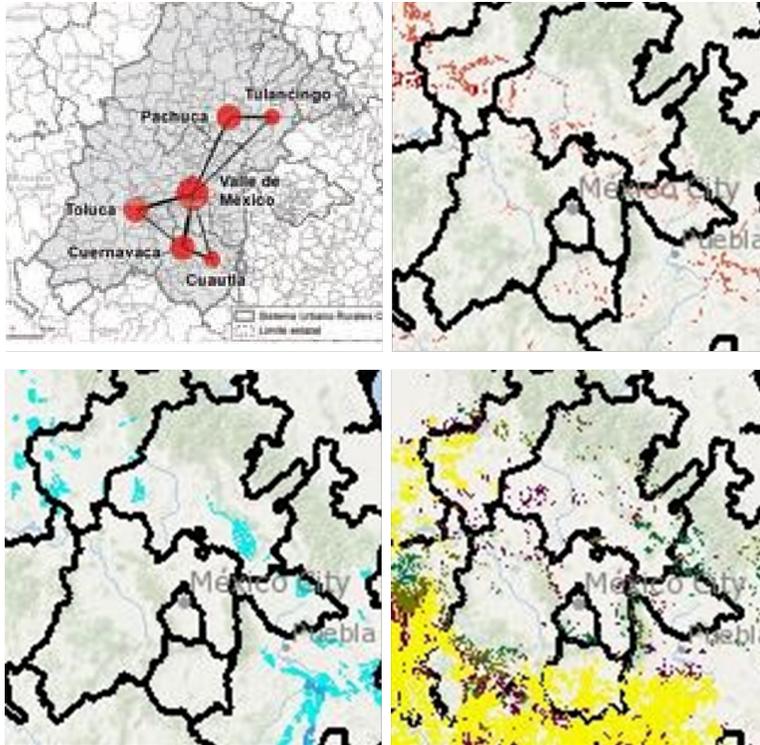


Imagen 69. SUR Centro II.
Fuente: Sedatu.

Imagen 70. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 71. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 72. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xv) SUR Centro III

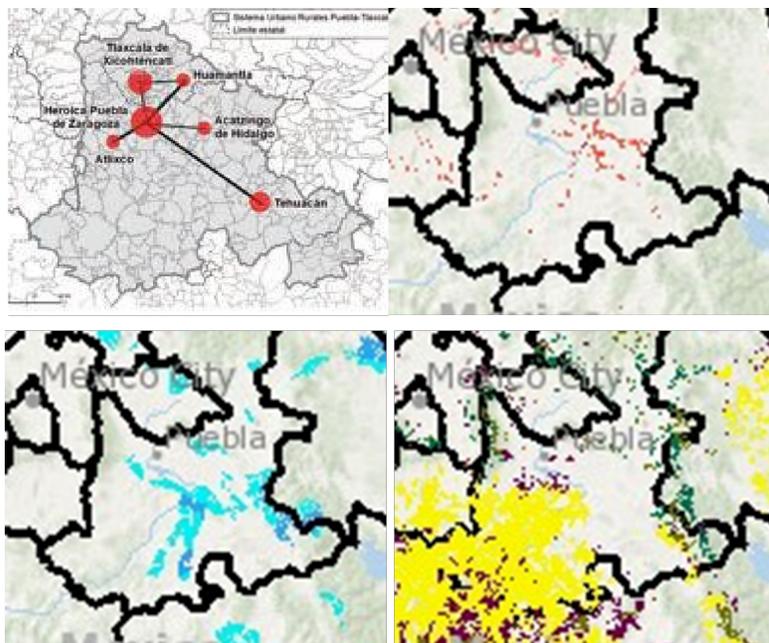


Imagen 73. SUR Centro III.
Fuente: Sedatu.

Imagen 74. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 75. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 76. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xvi) SUR Centro IV

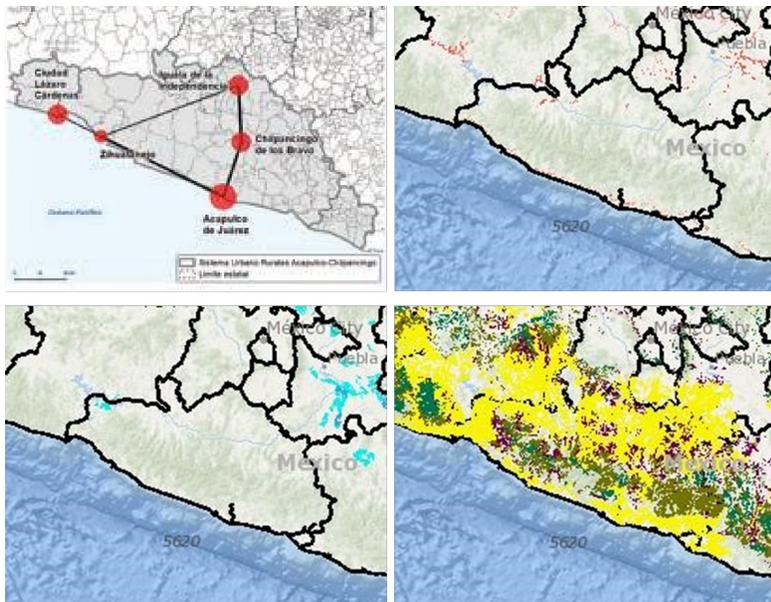


Imagen 77. SUR Centro IV.
Fuente: Sedatu.

Imagen 78. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 79. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 80. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xvii) SUR Centro V

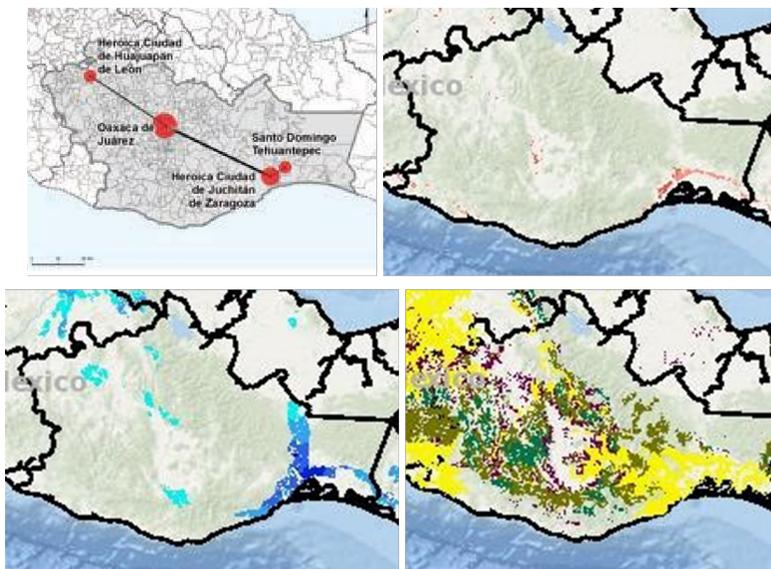


Imagen 81. SUR Centro V.
Fuente: Sedatu.

Imagen 82. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 83. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 84. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xviii) SUR Sureste I

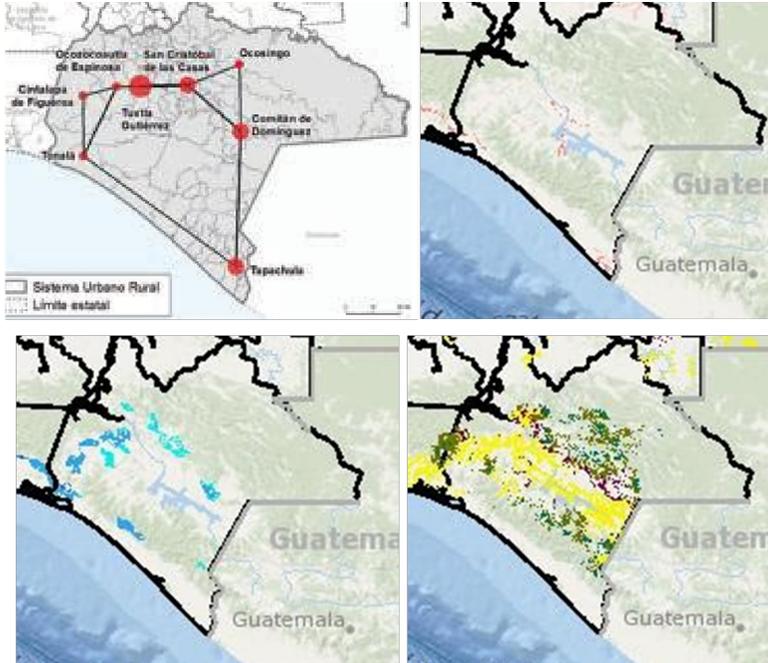


Imagen 85. SUR Sureste I.
Fuente: Sedatu.

Imagen 86. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 87. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 88. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xix) SUR Sureste II

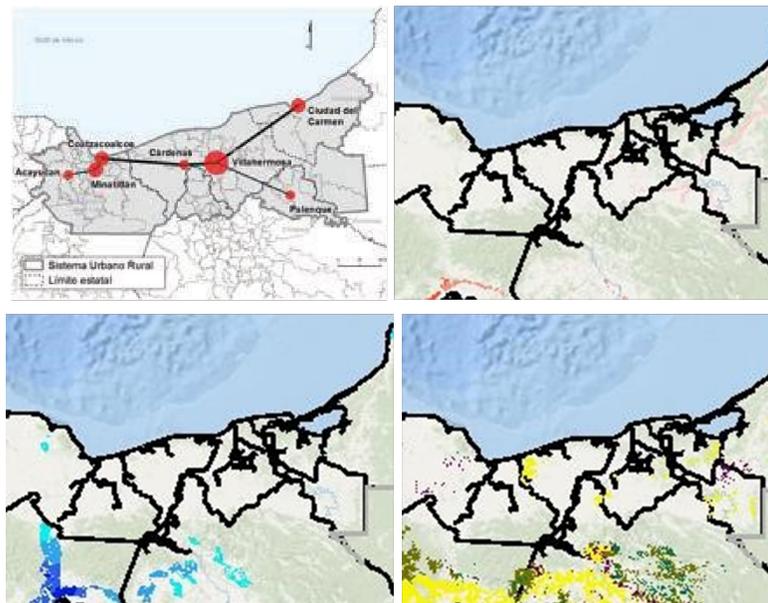


Imagen 89. SUR Sureste II.
Fuente: Sedatu.

Imagen 90. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 91. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 92. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

xx) SUR Sureste III

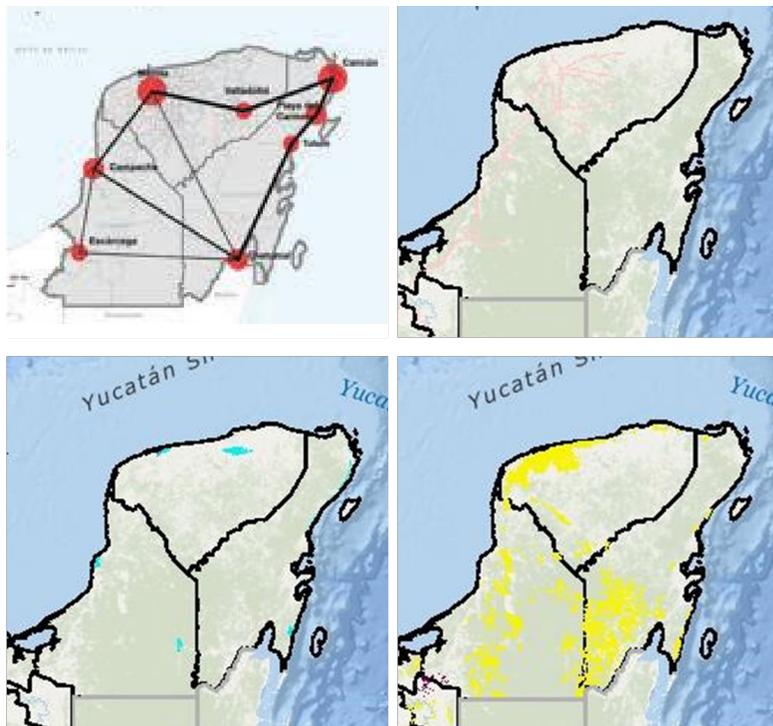


Imagen 93. SUR Sureste III.
Fuente: Sedatu.

Imagen 94. Alto potencial solar.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 95. Alto potencial eólico.
Fuente: Sener (AZEL).

Imagen 96. Bosques y selvas bajas.
Fuente: Sener (ANBIO).

Con los datos que aportan el AZEL y el ANBIO es posible señalar en cada SUR áreas donde puede surgir conflicto por el uso del suelo debido al potencial de la energía solar, la energía eólica y/o la biomasa forestal. En sí en todas las áreas con alto potencial energético pueden presentarse conflictos debido a las actividades productivas, particularmente las que requieren grandes extensiones de tierra, como las agropecuarias y forestales, y a la expansión urbana, sin embargo, se debe poner más atención en aquellas que estén más cerca de la RNT, donde: a) se reporten los valores de factor de planta más altos, b) coincida la biomasa forestal con la energía solar y/o la energía eólica, c) colinden con ANP y/o sitios Ramsar. Dichas áreas deben recibir

especial atención por la ENOT. Asimismo se pueden anticipar conflictos en las periferias urbanas y en las zonas con suelos fértiles.

Desafíos territoriales-conceptuales de la transición energética

La ENOT no aborda correctamente la dimensión territorial de la transición energética, hay imprecisiones, errores y omisiones. Este instrumento debe señalar con precisión los sitios que ofrecen condiciones para producir energía, ya sea electricidad o bioenergéticos. Debe haber consciencia de lo que implica la transición energética en cada SUR, concretamente, su impacto social, ecológico y en el uso del suelo. La protección de ecosistemas y la biodiversidad, el respeto a las comunidades

y la promoción de las energías “limpias” plantea contradicciones y conflictos que no ve la ENOT.

Ante lo dicho, se propone con la intención de manejar correctamente el territorio con criterios energéticos lo siguiente:

a) Crear reservas territoriales energéticas: así como existen ANP y reservas para construir vivienda, debe reservarse suelo para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos, termo solares, eólicos y plantaciones forestales en las zonas con alto potencial, particularmente en las marcadas en los escenarios 3 y 2 del AZEL, lo más cerca posible de los centros de población. En estas reservas debe prohibirse la construcción de edificios e infraestructura.

b) Usar la noción energía regionalmente disponible: la intención es hacer la clasificación de los recursos energéticos superando los dualismos que son consecuencia en buena medida del pensamiento ecologista, que definió los recursos por oposición, no a partir de sus características propias. Así, se debe dejar de hablar de recursos renovables y no renovables, blandos y duros, sucios y limpios, sostenibles e insostenibles, ya que todos producen impactos negativos, presentan beneficios y nada garantiza su fiabilidad e inagotabilidad, en algunos casos debido precisamente a la necesidad de suelo para aprovecharlos. Cada SUR debe ser consciente de los recursos que posee.

c) Considerar la región energética del asentamiento: si el objetivo es aumentar la capacidad de autosuficiencia de las localidades y las regiones, ya sea por criterios económicos, ecológicos y/o políticos, se debe tener idea de las hectáreas que requerirá un asentamiento o un conjunto de ellos dentro de un SUR para obtener la energía

que demandará. Esto presenta problemas en las zonas densamente pobladas y/o con pocos recursos energéticos.

d) Las nociones anteriores llevan a incorporar en la planificación la capacidad energética del territorio: esto podría marcar límites o un impulso al crecimiento poblacional y de las actividades productivas de cada SUR y cada macrorregión. El carbón, el petróleo y el poder nuclear permitieron el crecimiento económico y poblacional en zonas energéticamente pobres, incluso con pocos recursos naturales en general. El aprovechamiento de la energía solar, la eólica y la biomasa forestal plantea restricciones.

Vacío conceptual

No sólo es necesario proponer nuevas categorías conceptuales, sino explicar por qué el instrumento que pretende ordenar el territorio en México no profundizó en la dimensión territorial de la transición energética.

El vacío conceptual se explica por la influencia de Naciones Unidas, que no considera la dispersión energética. Se construyó la idea de la transición energética a fuentes “renovables” y “limpias” sin tener en cuenta, como ya se indicó, sus limitaciones e impactos. Esta falta de atención no responde obviamente a criterios energéticos, sino a temores catastrofistas relacionados con la idea de un cambio climático causado por el ser humano, donde el uso amplio de la energía solar y la eólica, particularmente, se plantea como la solución para evitar la emisión de dióxido de carbono, origen de la supuesta crisis ecológica y climática —aunque la climatología no maneja este concepto (Gil & Olcina, 1999; Uriarte, 2009)—, pero en este afán se descuida, entre otros factores, lo que implica su uso

extendido, su dispersión. Aquí surge una contradicción no percibida por Naciones Unidas y la ENOT.

Es necesario, por lo tanto, analizar, revisar y superar las nociones y recomendaciones manejadas por Naciones Unidas y mirar más críticamente a lo dicho por este organismo, que se ha convertido en una autoridad que no se cuestiona, infalible, cuando sus expertos y asesores son especialistas y académicos que establecen sus criterios, nociones y sugerencias a partir de marcos teóricos concretos no carentes de influencias ideológicas, políticas e incluso económicas.

Proyecciones y conclusiones

Proyecciones

Además de la revisión conceptual, se abren temas que es necesario explorar:

1) El potencial energético solar, eólico y de biomasa forestal define SUR con más áreas aprovechables (Norte Centro I y Norte Centro II) y otras con menos (Centro I y Sureste II). Algunos SUR no tendrán condiciones para ser autosuficientes en materia energética considerando su población y actividades productivas, lo que lleva a pensar que las áreas con alto potencial que poseen deberán ser destinadas forzosamente

a la generación de energía. La agenda para enfrentar la dispersión energética (impactos y conflictos por el uso del suelo) debe entender las condiciones de cada SUR y de cada macrorregión teniendo en cuenta los flujos de electricidad, madera y/o carbón vegetal. Estos flujos y la insuficiencia energética de algunos SUR plantean la necesidad de organizar el país por macrorregiones o SUR energéticas, no sólo con criterios económicos, ecológicos, geográficos o culturales.

2) La capacidad de autosuficiencia de una región o SUR estará en función de su población, la morfología urbana y las actividades productivas, como ya se indicó. La lectura de la ubicación de las localidades (Imagen 97) permite identificar que las zonas con más potencial energético se encuentran lejos del SUR Centro II, que es donde hay más densidad de población. Se deben prever no sólo los conflictos territoriales por el uso de la energía, sino lo que implica la distribución de las localidades y su distancia a las zonas con alto potencial. ¿Será necesario fomentar la emigración a ciudades de la macrorregión Norte Centro o que estén cerca de las zonas con alto potencial en cada SUR?



Imagen 97. Ubicación de las localidades en México. Fuente: AZEL.

3) Otro patrón energético traerá consigo otro patrón de asentamiento y morfología urbana, por sus limitaciones, ya que el patrón urbano disperso (metropolitano, megalopolitano) es consecuencia del petróleo y la energía barata. Un modelo dependiente de la energía solar, la energía eólica y la biomasa forestal hará complicado que puedan darse grandes concentraciones, a menos que disminuya considerablemente el consumo per cápita, lo que supondría otras dinámicas económicas y organizacionales locales y otros modos de vida.

4) Así como es necesario gestionar formas urbanas compactas, se debe prever la dispersión que puede traer el uso de energía solar fotovoltaica en viviendas y diversos sectores, ya que la ciudad compacta no favorece el aprovechamiento de la energía solar al disminuir las áreas asoleadas, tanto en techos como a nivel del suelo. Paradójicamente, la necesidad de usar energía solar para autoabastecimiento puede producir expansión urbana, que indirectamente provocaría dispersión energética. Por otra parte, si se opta por desarrollar proyectos solares fotovoltaicos en las periferias urbanas para favorecer el modelo compacto, se afectará el suelo agrícola, lo que afectará a su vez a los ecosistemas vecinos.

5) Tanto el desarrollo de plantaciones forestales como de cultivos especializados puede verse afectado por la escasez de agua y políticas de autosuficiencia alimentaria o de obtención de materias primas para la industria nacional y extranjera, así como por el control territorial de la delincuencia organizada.

6) La ENOT considera la falta de acceso a la energía de comunidades pequeñas (Sedatu, 2021, pág. 117), sin profundizar en el tema de la pobreza energética, que impacta e impactará a personas de comunidades rurales y centros

urbanos, lo que presenta y presentará desafíos según las regiones. Se debe esperar un mayor consumo de madera y carbón vegetal durante el invierno en las regiones con inviernos fríos si no se consiguen hidrocarburos, carbón mineral o electricidad para obtener calor, por lo que el uso de biomasa forestal crecerá, con su respectivo impacto si no es planificado.

Conclusiones

La ENOT es en buena medida una respuesta a la expansión urbana, a los procesos de urbanización y metropolización que se han presentado desde finales del siglo XX, lo que ha afectado áreas agrícolas y naturales (Sedatu, 2021, pág. 7). No prevé, como se ha indicado, la dispersión energética, lo cual es evidente en el cruce de sus metas y los ODS de Naciones Unidas, concretamente, la Meta 17, Instrumentos de ordenamiento territorial, con el ODS 7, Energía asequible y no contaminante. La dispersión energética afecta y afectará agrosistemas y ecosistemas debido a las características territoriales de la energía solar y la energía eólica, que se presentan como alternativas. La situación es más complicada si se incorpora a la biomasa forestal como energético, que es ignorada por la ENOT. Estas omisiones hacen que este instrumento de planificación muestre fallas importantes, las cuales deben modificarse.

Se requiere atender estos vacíos, que no sólo son de política pública (institucionales), sino conceptuales, ya que lo que se pretende ordenar se descuida, a pesar de usar criterios ecológicos y ambientales. Esto debido al marco teórico que se usa, donde se califica de benignas a opciones energéticas que no lo son, por esto se ignoran sus impactos que, como demuestra parte de la bibliografía presentada en este reporte, ya se habían

advertido desde las décadas de 1970 y 1980 y se profundizó al respecto desde 2009, una década antes de que comenzara la preparación de la ENOT en 2018.

Debido a las categorías usadas por Naciones Unidas el consumo de hidrocarburos y carbón se ve como problemático (contaminación) y el uso de fuentes alternativas como solución, cuando ya hemos visto que no es así: el aprovechamiento de la energía solar, la energía eólica y la biomasa forestal presenta problemas ecológicos, sociales, territoriales, ambientales, además de sus problemas intrínsecos en materia de tecnología, financiamiento y fiabilidad del recurso.

Un instrumento de planificación que mire hacia 2040 y más allá que desconozca lo que implica la transición energética en un sentido amplio no cumplirá con su propósito, que es hacer un bosquejo para aproximarse al futuro. Ignorar los conflictos que pueden presentarse por el uso del suelo debido al aprovechamiento de la energía es no plantear una agenda de Gobernanza Territorial pertinente.

La ENOT contempla mecanismos de evaluación. Deben corregirse los errores, imprecisiones y omisiones aquí identifica-

dos. Incorporar la dispersión energética hace que el instrumento deba realizarse con una metodología que incluya más variables y construya más escenarios. El desarrollo por diseño aporta elementos para construir una estrategia, así como la reflexión urbano-energética de las décadas de 1970 y 1980, la cual ofreció criterios de planificación que deben retomarse.

La mirada optimista (cantidades inagotables, cuadrados generadores de miles de kilómetros cuadrados) prevalece en la gestión de la política energética que impulsa el uso de las energías “limpias”. Se requiere un cambio de paradigma.

Dadas las características de la energía solar, la energía eólica y la biomasa forestal, se debe entender la política energética como política territorial y la política territorial como política energética (Kaza & Curtis, 2014; Outka, 2012). Lo que se subraya particularmente es que la producción de energía debe integrarse a la planificación del territorio.

La transición a un modelo pospetróleo es un fenómeno con diversas consecuencias. No se prevé una ecotopía. Dentro de los recursos escasos que deben administrarse, además del petróleo y el agua, está el suelo.

Referencias

- Alba, F., 1997. Introducción a los energéticos: Pasado, presente y futuro. El Colegio Nacional, Ciudad de México.
- Andrews, C., Dewey-Mattia, L., Schechtman, J., Mayr, M., 2011. Alternative energy sources and land use, en: Ingram, G., Hong, Y. (Eds.), *Climate Change and Land*

- Policies (págs. 91-115). Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, US.
https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/2036_1358_LP2010-ch05Alternative-Energy-Sources-and-Land-Use_0.pdf
- Bruegmann, R., 2005. *Sprawl: a compact history*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Burchell, R., Listokin, D., 1982. Introduction: The energy-land use interface, en: Burchell, R., Listokin, D. (Eds.), *Energy and Land Use* (págs. 1-57). Rutgers University, Center for Urban Policy Research, New Brunswick.
- Byrne, J., Taminiau, J., Seo, J., Lee, J., Shin, S., 2017. Are solar cities feasible? A review of current research. *International Journal of Urban Sciences*, 21 (3), 239-256.
<https://doi.org/10.1080/12265934.2017.1331750>
- Camacho, M., 2007. *Diccionario de arquitectura y urbanismo*. Trillas, Ciudad de México.
- Capello, R., Nijkamp, P., Pepping, G., 1999. *Sustainable Cities and Energy Policies*. Springer, Berlin.
- Carroll, T., Udell, E., 1982. Solar energy, land use, and urban form, en: Burchell, R., Listokin, D. (Eds.), *Energy and Land Use* (págs. 156-177). Rutgers University, Center for Urban Policy Research, New Brunswick.
- Cheng, V., Hammond, G., 2017. Life-cycle energy densities and land-take requirements of various power generators: A UK perspective. *Journal of the Energy Institute*, 90 (2), 201-213.
- Clack, C., Qvist, S., Apt, J., Bazilian, M., Brandt, A., Caldeira, K., Davis, S., Diakov, V., Handschy, M., Hines, P., Jaramillo, P., Kammen, D., Long, J., Morgan, G., Reed, A., Sivaram, V., Sweeney, J., Tynan, G., Victor, D., Weyant, J., Whitacre, J., 2017. Evaluation of a proposal for reliable low-cost grid power with 100% wind, water, and solar. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (26), 6722-6727.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1610381114>
- Cope, D., Hills, P., James, P., 1984. Introduction and overview, en: Cope, D., Hills, P., James, P. (Eds.), *Energy Policy and Land-Use Planning: An International Perspective* (págs. 1-19). Pergamon, Oxford. <https://www.sciencedirect.com/book/9780080267579/energy-policy-and-land-useplanning>
- De la Vega, A., Ramírez, J., 2015. El gas de lutitas (shale gas) en México: Recursos, explotación, usos, impactos. *Economía UNAM*, 12 (34), 79-105. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2015000100006&lng=es&tlng=es
- Droege, P. (Ed.), 2018. *Urban Energy Transition: Renewable Strategies for Cities and Regions*. Elsevier, Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-02038-7>
- EIA (Energy Information Administration), 2020/2021. *Energy and the environment explained*, <https://www.eia.gov/energyexplained/energy-and-the-environment/> [consulta: 30 diciembre 2021].
- Fritsche, U., Berndes, G., Cowie, A., Dale, V., Kline, K., Johnson, F., Langeveld, H., Sharma, N., Watson, H., Woods, J., 2017. Energy and land use, en: Johnson, I.,

- Alexander, S. (Coords.), The Global Land Outlook. Working paper. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn.
<https://knowledge.unccd.int/publication/energy-and-land-use>
- Gerber, J., Hengstermann, A., Viallon, F., 2018. Land policy: how to deal with scarcity of land, en: Gerber, J., Hartmann, T., Hengstermann, A. (Eds.), Instruments of Land Policy: Dealing with Scarcity of Land (págs. 8-26). Routledge, Abingdon.
<https://doi.org/10.4324/9781315511658>
- Gil, A., Olcina, J., 1999. Climatología básica. Ariel, Barcelona.
- González-Eguino, M., Van de Ven, D. Arto, I., 2017. Land-Use Impacts from Renewable Energy Policies. University of the Basque Country, Basque Centre for Climate Change, Leioa. http://transrisk-project.eu/sites/default/files/Documents/4.4.6_Landuse%20impacts%20from%20renewable%20energy%20policies.pdf
- Grainger, A., 2004. The role of spatial scale and spatial interactions in sustainable development, en: Purvis, M., Grainger, A. (Eds.), Exploring Sustainable Development: Geographical Perspectives (págs. 50-84). Earthscan, London.
<https://doi.org/10.4324/9781849771290>
- Häfele, W., 1981. Les stratégies énergétiques dans un monde limité: perspectives à moyenne et longue échéance, en: École Polytechnique Fédérale de Zurich, Institute pour l'Aménagement National, Régional et Local (Comp.), Urbanisme et Énergie: Congrès 1979 Association Internationale des Urbanistes (AIU), Strasbourg (págs. 13-28). AIU, La Haye.
- Hall, C., Cleveland, C., Kaufmann, R., 1986. Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process. John Wiley & Sons, New York.
- Hayes, D., 1977. Rays of Hope: The Transition to a Post-Petroleum World. Norton, New York.
- Hernandez, R., Hoffacker, M., Murphy-Mariscal, M., Wu, G., Allen, M., 2015. Solar energy development impacts on land cover change and protected areas. PNAS, 112 (44), 13579-13584. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517656112>
- Jager, H., Efroymson, R., McManamay, R., 2021. Renewable energy and biological conservation in a changing world. Biological Conservation, 263 (November), 109354. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109354>
- Jones, N., Pejchar, L., Kiesecker, J., 2015. The energy footprint: How oil, natural gas, and wind energy affect land for biodiversity and the flow of ecosystem services. BioScience, 65 (3), 290-301. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu224>
- Kaza, N., Curtis, M., 2014. The land use energy connection. Journal of Planning Literature, 29 (4), 355-369. <https://doi.org/10.1177/0885412214542049>
- Kiesecker, J., 2017. Energy sprawl. Nature Conservancy, 67 (Fall).
<https://www.nature.org/en-us/magazine/magazine-articles/energy-sprawl/>
- Kiesecker, J., Copeland, H., Pocewicz, A., McKenney, B., 2009. Development by design: blending landscape level planning with the mitigation hierarchy. Frontiers in Ecology

- and the Environment, 8 (5), 261-266. <https://doi.org/10.1890/090005>
- Kiesecker, J., Naugle, D. (Eds.), 2017. Energy Sprawl Solutions: Balancing Global Development and Conservation. Island Press, Washington.
<https://doi.org/10.5822/978-1-61091-723-0>
- Konadu, D., Sobral-Mourão, Z., Allwood, J., Richards, K., Kopec, G., McMahon, R., Fenne, R., 2015. Land use implications of future energy system trajectories –The case of the UK 2050 Carbon Plan. Energy Policy, 86 (November), 328-337.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.07.008>
- Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., Mancini, M., Martindill, J., Medouar, F., Huang, S., Wackernagel, M., 2018. Ecological footprint accounting for countries: Updates and results of the national footprint accounts, 2012-2018. Resources, 7 (3), 58. <https://doi.org/10.3390/resources7030058>
- López, J., 1978. Electricidad, en: Álvarez, J. (Dir.), Enciclopedia de México, Tomo III (págs. 590-597). Enciclopedia de México, Ciudad de México.
- MacLeary, A., 1981. L'énergie et l'occupation des sols au Royaume-Uni, en: École Polytechnique Fédérale de Zurich, Institute pour l'Aménagement National, Régional et Local (Comp.), Urbanisme et Énergie: Congrès 1979 Association Internationale des Urbanistes (AIU), Strasbourg, (págs. 34-49). AIU, La Haye.
- Mara, G. (Dir.), 1984. Renewable Energy in Cities. Van Nostrand Reinhold, New York.
- McCasker, J., Clark, W., 1980. Dispersed, Decentralized and Renewable Energy Sources: Alternatives to National Vulnerability and War. California Academy of Sciences, San Francisco. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA094319.pdf>
- McDonald, R., Fargione, J., Kiesecker, J., Miller, W., Powell, J., 2009. Energy sprawl or energy efficiency: Climate policy impacts on natural habitat for the United States of America. PLoS ONE, 4 (8), e6802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006802>
- Metternicht, G., 2017. Land use planning, en: Johnson, I., Alexander, S. (Coords.), The Global Land Outlook. Working paper. UNCCD, Bonn. <https://knowledge.unccd.int/publication/land-use-planning>
- Moore-O'Leary, J., Hernandez, R., Johnston, D., Abella, S., Tanner, K., Swanson, A., Kreitler, J., Lovich, J., 2017. Sustainability of utility-scale solar energy – critical ecological concepts. Frontiers in Ecology and the Environment, 15 (7), 385-394. <https://doi.org/10.1002/fee.1517>
- Odum, H., Odum, E., 2001. A Prosperous Way Down: Principles and Policies. University Press of Colorado, Boulder.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), 1995. Urban Energy Handbook: Good Local Practice. OECD, Paris, 1995.
- Outka, U., 2010. Siting renewable energy: Land use and regulatory context. Ecology Law Quarterly, 37 (4), 1041-1105. <https://www.jstor.org/stable/24115053>
- Outka, U., 2012. The energy-land use nexus. Journal of Land Use and Environmental Law, 27 (2), 245-257. <https://www.jstor.org/stable/42842920>
- Owens, S., 1986. Energy, Planning and Urban Form. Pion, London.

- Pimentel, D., Herz, M., Glickstein, M., Zimmerman, M., Allen, R., Becker, K., Evans, J., Hussain, B., Sarsfeld, R., Grosfeld, A., Seidel, R., 2002. Renewable energy: Current and potential issues. *BioScience*, 52 (12), 1111-1120.
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[1111:RECAPI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[1111:RECAPI]2.0.CO;2)
- Pimentel, D., Rodrigues, G., Wang, T., Abrams, R., Goldberg, K., Staecker, H., Ma, E., Brueckner, L., Trovato, L., Chow, C., Govindarajulu, U., Boerke, S., 1994. Renewable energy: Economic and environmental issues. *BioScience*, 44 (8), 536-547.
<https://doi.org/10.2307/1312281>
- Pérez-Denicia, E., Fernández-Luqueño, F., Vilariño-Ayala, D., Montaña-Zetina, L., Maldonado-López, L., 2017. Renewable energy sources for electricity generation in Mexico: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78 (October), 597-613. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.009>
- Polèse, M., 1998. Economía urbana y regional: Introducción a la relación entre territorio y desarrollo. Libro Universitario Regional, Cartago.
- Pollock, P., 1982. Direct use of solar energy in the compact city, en: Burchell, R., Listokin, D. (Eds.), *Energy and Land Use* (págs. 178-185). Rutgers University, Center for Urban Policy Research, New Brunswick.
- Rao, G., Sastri, J., 1987. Land use and solar energy. *Habitat International*, 11 (3), 61-75.
[https://doi.org/10.1016/0197-3975\(87\)90020-8](https://doi.org/10.1016/0197-3975(87)90020-8)
- Real Estate Research Corporation, 1974. *The Costs of Sprawl: Environmental and Economic Costs of Alternative Residential Development Patterns at the Urban Fringe*. U.S. Government Printing Office, Washington. http://pdxscholar.library.pdx.edu/oscdl_planning/26
- Rehbein, J., Watson, J., Lane, J., Sonter, L., Venter, O., Atkinson, S., Allan, J., 2020. Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas. *Global Change Biology*, 26 (5), 3040-3051.
<https://doi.org/10.1111/gcb.15067>
- Sacchelli, S., Garegnani, G., Geri, F., Grilli, G., Paletto, A., Zambelli, P., Ciolli, M., Vettorato, D., 2016. Trade-off between photovoltaic systems installation and agricultural practices on arable lands: An environmental and socio-economic impact analysis for Italy. *Land Use Policy*, 56 (November), 90-99.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.024>
- Sahop (Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas), 1982. *La energía en los asentamientos humanos: Una tesis de México*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables. Nairobi - Kenya, Agosto 10 - 21, 1981. Ciudad de México, Sahop.
- Sedatu (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano), 2021. *Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial*. Sedatu, Ciudad de México.
<https://www.gob.mx/sedatu/documentos/estrategia-nacional-de-ordenamientoterritorial-de-la-sedatu-2020-2040> [consulta: 30 diciembre 2021].
- Sener (Secretaría de Energía), 2016a. *Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de*

- Energías Limpias, <https://dgel.energia.gob.mx/AZEL/> [consulta: 30 diciembre 2021].
- Sener, 2016b. Inventario Nacional de Energías Limpias, <https://dgel.energia.gob.mx/inel/> [consulta: 30 diciembre 2021].
- Sener, 2013. Atlas Nacional de Biomasa, <https://dgel.energia.gob.mx/ANBIO/> [consulta: 30 diciembre 2021].
- Smil, V., 2003. *Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties*. The Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge, US. <https://doi.org/10.7551/mitpress/2744.001.0001>
- Smil, V., 2008. *Energy in Nature and Society: General Energetics of Complex Systems*. The Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge, US.
- Smil, V., 2010a. *Energy Myths and Realities: Bringing Science to the Energy Policy Debate*. The AEI Press, Washington.
- Smil, V., 2010b. *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Praeger, Santa Barbara.
- Solargis, 2021. Mapas de recurso solar y datos GIS para más de 180 países, <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/overview> [consulta: 30 diciembre 2021].
- Stevens, L., Anderson, B., Cowan, C., Colton, K., Johnson, D., 2017. *The Footprint of Energy: Land Use of U.S. Electricity Production*. Strata, Logan. <https://strata.org/pdf/2017/footprints-full.pdf>
- Trainer, T., 2007. *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*. Springer, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5549-2>
- Trainor, A., McDonald, R., Fargione, J., 2016. Energy sprawl is the largest driver of land use change in United States. *PLoS ONE*, 11 (9), e0162269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162269>
- UN (United Nations), 1973. Report of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm, 5-16 June 1972. UN, New York. <https://digitallibrary.un.org/record/523249?ln=es>
- UN, 1976. Report of Habitat: UN Conference on Human Settlements, Vancouver, 31 May-11 June 1976. UN, New York. <https://digitallibrary.un.org/record/793768?ln=es>
- UN, 1981. Report of the UN Conference on New and Renewable Sources of Energy, Nairobi, 10 to 21 August 1981. UN, New York. <https://digitallibrary.un.org/record/25034>
- UN, 1987. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. UN, New York. <https://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=es>
- UN, 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. UN, New York. <https://digitallibrary.un.org/record/1654217>
- UN, 2017. Report of the United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III), Quito, 17-20 October 2016. UN, New York.

- <https://digitallibrary.un.org/record/1289000?ln=es>
UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs), 1957. *New Sources of Energy and Economic Development: Solar Energy, Wind Energy, Tidal Energy, Geothermic Energy, and Thermal Energy of the Seas*. UN, New York.
- UNDESA, 1962. *New Sources of Energy and Energy Development. Report on the United Nations Conference on New Sources of Energy: Solar Energy – Wind Power – Geothermal Energy*. Rome, 21 to 31 August 1961. UN, New York.
- <https://digitallibrary.un.org/record/1477460?ln=es>
UNDP (United Nations Development Programme), UNDESA, WEC (World Energy Council), 2000. *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. UNDP, New York. https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environmentenergy/sustainable_energy/world_energy_assessment-energyandthechallengeofsuainability.html
- UN-Habitat (United Nations Human Settlements Programme), 2015. *International Guidelines on Urban and Territorial Planning*. UN-Habitat, Nairobi.
- https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/IG-UTP_English.pdf
- Uriarte, A. (2009). *Historia del clima de la Tierra*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz
- Van Til, J., 1982. *Living with Energy Shortfall: A Future for American Towns and Cities*. Westview, Boulder.
- Van Zalk, J., Behrens, P., 2018. The spatial extent of renewable and non-renewable power generation: A review and meta-analysis of power densities and their application in the U.S. *Energy Policy*, 123 (December), 83-91.
- <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.023>
- Vega, J., Ramírez, S., 2014. *Fuentes de energía, renovables y no renovables: Aplicaciones*. Ciudad de México, Alfaomega.
- Viqueira, J., 1977. *Análisis de las opciones energéticas de México*. Editia Mexicana, Ciudad de México.
- Viqueira, J., 1987. Problemas de la energía en México. *Revista Interamericana de Planificación*, 21 (82), 190-201.
- Walker, G., 1995. Energy, land use and renewables: A changing agenda. *Land Use Policy*, 12 (1), 3-6. [https://doi.org/10.1016/0264-8377\(95\)90069-E](https://doi.org/10.1016/0264-8377(95)90069-E)
- Wu, G., 2018. *Land Use in Renewable Energy Planning*. PhD dissertation. University of California, Graduate Division, Berkeley. <https://escholarship.org/uc/item/6152r5cv>
- Nota: La Ley de Transición Energética, la Ley de la Industria Eléctrica y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se pueden consultar en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>