

Perfil del usuario de sistemas fotovoltaicos en la Ciudad de México

Fernando Domerio Mas Roa¹, José Luis Fernández Zayas^{1,†} y Norberto Chargoy del Valle¹

¹ CIPIA, Instituto de Ingeniería, UNAM. Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510 CDMX

Resumen

Se presentan datos estadísticos que permiten identificar rasgos específicos de los compradores de sistemas fotovoltaicos en la Ciudad de México. Todas las estadísticas provienen de fuentes oficiales confiables. Estas reflejan las tendencias de esta industria entre 2007 y 2019, el comienzo de la pandemia, la que puede distorsionar algunos resultados en los años posteriores. La información analizada indica que existe una alta correlación entre los usuarios de sistemas eléctricos fotovoltaicos (FV) y su nivel socioeconómico. Como en otras correlaciones, se han identificado diversas interpretaciones, en la Ciudad de México, que relacionan la visión de futuro de los individuos con su nivel de vida. El elemento conector entre estos dos rasgos parece ser el nivel educativo. También es aparente que la visión de un futuro sostenible es más natural en la clase media.

Keywords: *Generación fotovoltaica, Generación distribuida sostenible, Energía limpia, Desarrollo urbano sostenible*

† **Autor de correspondencia:** José Luis Fernández Zayas *Correo electrónico:* JFernandezZ@iingen.unam.mx

DOI: <https://doi.org/10.59730/rer.v12n55a2>

Recibido: 12 de febrero, 2025 **Revisado:** 25 de marzo, 2025 **Aceptado:** 28 de marzo, 2025 **Publicado:** 2 de abril, 2025

1. Introducción

La evolución del mercado eléctrico en México se ha documentado cuidadosamente por las autoridades respectivas, particularmente la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI) en sus respectivas atribuciones. Lamentablemente, la suerte de este mercado no ha diferido muy sustancialmente de la economía mexicana (ni de la mundial) tras la pandemia. Para contribuir a una mejor capacidad de penetración de los sistemas fotovoltaicos (FV) en México, este artículo analiza las características demográficas y geográficas que exhiben las instalaciones concluidas en los últimos diez años, y que siguen en operación. El propósito fundamental de este estudio es identificar y destacar las características que mejor definen al usuario exitoso de FV, con el fin de apoyar a diversos empresarios y técnicos en la identificación de los mensajes y las ofertas comerciales pertinentes.

Este estudio ofrece una versión sintética del mercado más metropolitano de FV en México, y probablemente, de América Latina. En marzo de 2025 la prestigiosa revista PC Magazine publicó el trabajo “Tamaño del mercado de energía solar fotovoltaica en México por proyectos solares a escala de servicios públicos, de Verified Market Research”. En este documento, presentado en la Feria RE+ México, inicialmente conocida como Solar Power Mexico, realizada en Expo-Guadalajara, se destaca que el sector de la energía solar en México enfrenta varios retos clave: la integración a la red existente y las limitaciones de infraestructura representan un obstáculo significativo, especialmente en áreas rurales o aisladas. El empleo de sistemas FV en la Ciudad de México, como ilustra el presente artículo, rodea dichas limitantes al sacar provecho del entorno urbano. Esta visión fue validada en dicho evento por la autoridad mexicana, el doctor en energía Jorge Islas Samperio, subsecretario de Planeación y Transición Energética de la Secretaría de Energía del Gobierno de México (SENER).

En el contexto internacional se considera la generación fotovoltaica (FV) como una fuente de energía limpia, renovable y de conveniencia ambiental comprobada. Se debe destacar que en México el marco legal y financiero que gobierna la FV en generación distribuida (GD) es, en general, muy favorable a esta tecnología en casi todo el territorio nacional. Hay lugares de excepción, donde la CFE no autoriza las instalaciones FV en GD en el esquema de medición neta, pero estas restricciones parecen deberse más a una limitante técnica local que a una política gubernamental. Existen muchos otros lugares del mundo

donde se presentan circunstancias similares, y en muchos casos se puede hacer una evaluación detallada del perfil socioeconómico del usuario de FV con algunos rasgos distintivos de su entorno social (Balta-Ozkan et al. 2021). De hecho, existen varias publicaciones que analizan las características sobresalientes de los usuarios y potenciales usuarios de sistemas FV, las que se han empleado para afinar los esfuerzos de comercialización.

También existen importantes antecedentes sobre los retos que deben enfrentarse para construir la cadena de valor de la FV en GD (Hidayatno et al. 2020). En los casos de GD, las instalaciones de FV suponen proyectos específicos que contemplen su operación, mantenimiento y reparaciones cuando sean requeridas. Contrariamente, los grandes sistemas centralizados de abasto eléctrico, enteramente controlados por el gobierno federal, ofrecen una casi impecable cadena de valor que se ha construido tras décadas de surtir a más del 99% de las viviendas del país. En otras palabras, el surgimiento de las FV en GD se confronta con una competencia muy poderosa, que es el abasto eléctrico convencional.

De esta manera, el surgimiento de las instalaciones FV en México enfrenta barreras de muchos tipos, que son más fáciles de abordar y atender para cierto tipo de usuarios. Muchas de las más valiosas experiencias en la identificación de perfiles de usuarios favorables a las nuevas tecnologías provienen de estudios realizados en países ricos (Scheller et al. 2021). Por ello es necesario comprender lo más relevante de estas experiencias en los diversos perfiles socioeconómicos mexicanos. Un paso que se emprende en este artículo se basa en correlaciones estadísticas del uso de las tecnologías FV en México con referencia a información confiable de fuentes oficiales. Como se ha demostrado en otros mercados (Schulte et al. 2022, Briguglio & Formosa 2017), la identificación de las citadas cadenas de valor es fundamental para la elaboración de normas y programas de estímulo por un lado, y por otro, para el fomento de las actividades técnicas y profesionales de proyectistas, diseñadores, planificadores, empresas de servicio, esquemas bancarios de financiamiento y campañas de mercadotecnia, entre muchas otras.

Una investigación de metaanálisis sobre la aceptación de la tecnología en Reino Unido revisa los efectos de distintas condiciones observadas y reportadas en diversos estudios realizados de 2011 a 2017, tanto en el Reino Unido como en otros países (Balta-Ozkan et al. 2021). Advirtiendo sobre los posibles efectos de la ubicación geográfica, este estudio recoge y plantea diversos factores socioeconómicos que determinan la disposición y actitud del individuo en

Tabla 1. Factores socioeconómicos característicos del individuo. Su posición y resultado respecto de la adopción de la tecnología FV en GD (Balta-Ozkan et al. 2021).

Factores característicos	Posición y resultado del individuo respecto a la adopción de la tecnología
Nivel educativo	A mayor nivel educativo, en tecnología o ambiente, mayor adopción de FV, probablemente con un mayor poder económico (peer pressure)
Tamaño de la Familia	A menor tamaño se le asocia un mayor ingreso disponible y por tanto una mayor disponibilidad de inversión en FV
Género y etnicidad	El género masculino de raza blanca es más propenso a adoptar FV
Densidad de población	Áreas con menor densidad demográfica presentan una mayor penetración, quizá por el mayor espacio disponible en azoteas
Distancia de viaje diario	Personas que viajan más de 30 min presentan una mayor exposición a otras instalaciones FV y por tanto son más propensas a ellas
Tamaño de la vivienda	Viviendas de mayor tamaño tienen mayor consumo eléctrico y por tanto mayor ahorro instalando FV, presentan mayor tendencia
Calefacción de leña	Se observa que a mayor dependencia de la leña en calefacción menor es la tendencia a adoptar la tecnología FV
Compromiso Ecológico	Sistemas FV se incrementan según la actitud y compromiso ecológico de la población en un área determinada
Vehículos híbridos	El uso de FV se incrementa con la proporción de vehículos híbridos en una comunidad
Niveles de contaminación	Familias que habitan en zonas más contaminadas estarán más dispuestas a utilizar energía de fuentes renovables
Consumo eléctrico	Familias con mayores consumos están más interesadas en la adopción de FV, pues perciben la posibilidad de retorno económico
Nivel de Ingreso	Personas con alto nivel de ingreso presentan mayores índices de implementación de FV
Capital total disponible	A mayor capital total disponible, mayor la adopción de FV, incluso sobre la importancia del ingreso total para definir la inversión
Propietarios vs arrendatarios	Los propietarios tienen una mayor disponibilidad para la adopción que los arrendatarios. Los FV se consideran inversiones de capital fijo
Segunda vivienda	Tener una segunda vivienda muestra una correlación positiva con la adopción de FV
Construcción de vivienda	Las inversiones en vivienda nueva son grandes y generalmente incluyen ya la tecnología FV implementada

cada uno de los estudios analizados. Los principales resultados se presentan en la Tab. 1.

Es de notar la correlación entre los factores analizados y el nivel socio económico de la población. Otros estudios expresan la influencia de factores adicionales a los temas educativos y económicos expuestos en la tabla anterior que influyen la decisión de adoptar FV. Tal es el caso de un estudio sobre la política implementada en Malta. En este se refiere la confianza en el gobierno que fomentó el uso de la tecnología, (Briguglio & Formosa 2017). El estudio refiere la mayor aceptación de dicha política pública entre simpatizantes del gobierno. Sin embargo, aclara también el hecho de que se considerara el reembolso al usuario de la inversión necesaria para la instalación del sistema FV hasta después de que la misma fuese realizada. La convierte principalmente en una razón de tipo económico más que de orientación o preferencia política.

Las consideraciones relacionadas con una alta inversión inicial como obstáculo al adquirir FV resultan claras en países como Uganda (Aarakit et al. 2021), a pesar de la baja densidad del servicio eléctrico central en dicho país. En esos casos, resulta crucial que las políticas públicas privilegien la instalación de energías limpias con algún grado de fomento financiero oficial (Adnan & Shahrina 2021). Estas preocupaciones son también aparentes en países europeos como España, Bélgica y Alemania, donde además, las antiguas y modernas medidas de fomento se perciben a veces como demasiado complejas y tramposas (Peñaloza et al. 2022). Todavía se puede hacer una mención adicional relativa al esquema de GD, que parece esencial para la correcta implementación de sistemas FV de pequeña escala (menores a 0.5 MW_p) ya sea en domicilios, comercios, o industrias. Es posiblemente de mucho mérito que estas instalaciones cuenten con una aprobación y el conocimiento de la autoridad gubernamental (CRE 2023), si bien se pueden hacer dichas instalaciones “de puertas adentro” en la propiedad privada sin que la autoridad se entere. El

concepto de GD resulta indispensable si se desea fomentar apropiadamente la aquí llamada cadena de valor de FV, que incluye el marco legal y normativo expuesto, y el desarrollo de una larga lista de actividades técnicas y profesionales para asegurar el paso fácil y atractivo del mercado eléctrico centralizado a la modernidad. Sin duda, surgen así nuevas exigencias a los gobiernos, pero también nuevas oportunidades, como la modernización de la infraestructura de transmisión y distribución de electricidad. La modernización del marco formal debe ser vista como un elemento bienvenido en el camino de un futuro sostenible (Fig. 1).

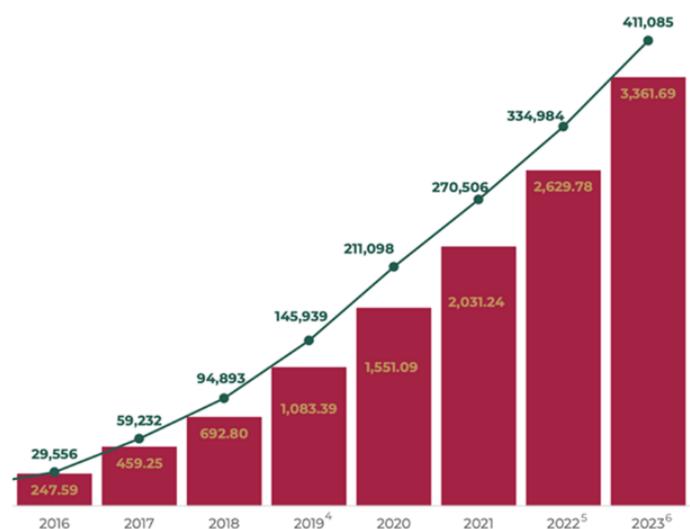


Figura 1. Acumulado anual de contratos de interconexión y capacidad instalada de centrales eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW (CRE 2023).

La gran mayoría de los estudios coinciden en que los aspectos económicos de la tecnología FV se perciben como el principal obstáculo para su implementación. En particular son los montos requeridos como inversión inicial los que constituyen una fuerte barrera en la adopción, seguidos de la rentabilidad sobre la inversión misma.

En segundo lugar se considera la confianza en las disposiciones normativas que permiten o favorecen la implementación al nivel individual y sobre la misma tecnología. Así, los esfuerzos privados y públicos, educativos y normativos, orientados a favorecer y fomentar la tecnología FV, deben atender primordialmente estos aspectos.

2. El mercado industrial

La literatura especializada revela un interés creciente en la incorporación de las técnicas solares para suministrar electricidad industrial. Esta tendencia tiene una clara explicación en la búsqueda de procesos industriales con una menor huella de carbono, pero también tiene una clara ventaja económica. En una muy exitosa aplicación, una empresa procesadora de alimentos implantó un sistema híbrido a base de biogás y FV en España (González-González et al. 2014). Su éxito ha sido imitado por muchos en la península ibérica, particularmente en Portugal, y los beneficios ambientales han sido muy importantes. La construcción y rentabilidad de una cadena de valor basada en FV es reportada en Grecia, con resultados similares, en la que se hace énfasis en los aspectos financieros, lo que estimula mercadotécnicamente las inversiones en GD (Frangou, 2018). Más recientemente, se ha hecho énfasis en la producción de combustibles “verdes” mediante el aprovechamiento de biomasa procesada en sistemas FV, una vía tecnológica que parece ser sumamente atractiva para muchas industrias, inclusive en México Panzone (Panzone et al. 2020). Es de mencionar que en México, el número de instalaciones FV en GD a nivel industrial también ha crecido en los últimos años. Algunos autores proponen diversificar la ruta tecnológica de los FV para producir diversos combustibles verdes, como el metano (Lo Basso et al. 2022).

2.1. Generación distribuida

La generación distribuida (GD) es parte fundamental de estas estrategias. La GD representa un cambio en el paradigma de la generación de energía eléctrica. En este esquema la generación deja de ser centralizada, con grandes plantas generadoras (conocidas también como centrales eléctricas) localizadas en lugares distantes, desde donde la energía se transporta a las zonas de consumo mediante un sistema de líneas de transmisión en alta tensión a distintas subestaciones, y posteriormente mediante un sistema de distribución hasta los puntos de consumo final. Por el contrario, la GD consiste en la opción de contar con múltiples plantas de generación eléctrica, cada una de mucho menor escala que la de una central eléctrica. Estas pequeñas plantas de generación suelen estar ubicadas directamente en los sitios de consumo o muy cerca de estos e interconectadas al sistema de distribución, con lo que se reduce en forma importante la carga total en el sistema de transmisión y distribución (CONUEE 2014). Una vez revisada técnicamente y validada en los aspectos jurídicos y normativos es necesario implementar e impulsar los esquemas de GD en cada región.

Los gobiernos alrededor del mundo han establecido diversas políticas con la intención de estimular el crecimiento en el uso de diferentes tecnologías renovables, por su facilidad principalmente FV, para generar energía bajo este esquema. Dichas políticas incluyen, por ejemplo, reducciones o estímulos fiscales, subsidios directos a la energía o indirectos al generador, “feed in tariffs” o tarifas de suministro de energía renovable donde compran al generador la energía de la fuente renovable; o el intercambio directo de la energía producida por la energía consumida, “net metering” medición neta, entre otros. Estas políticas han favorecido el crecimiento en el número de pequeños sistemas de generación a nivel comercial y residencial alrededor del mundo.

México no es la excepción, en 2007 se registró el primer contrato en la modalidad de interconexión a pequeña y mediana escala, nombre que recibía la política gubernamental que lo permitía y previo a la llamada reforma energética de 2013 donde se establece el esquema de GD (DOF 2017). De este modo, a finales de 2016 existían en el país 29,556 contratos con una capacidad instalada total de 247.59 MW bajo esta modalidad. Cuando en 2017 se regulan las disposiciones básicas de la reforma energética y del esquema de GD se genera un crecimiento muy acelerado en el número de instalaciones bajo éste esquema. Así, al cierre del 2021 se registra a nivel nacional un total de 270,506 contratos y 2,031.24 MW de capacidad de generación al amparo del esquema de GD. A nivel de entidades federativas, la Ciudad de México (CDMX) ocupa el cuarto puesto a nivel nacional con 10,143 contratos en GD que amparan 126.82 MW instalados (?) después de Jalisco, Nuevo León y Chihuahua. La versatilidad de la tecnología FV y el hecho de que México tiene uno de los índices más altos en el mundo en irradiación solar provoca que el 99.2% de los contratos sean instalaciones basadas en esta tecnología. Adicionalmente, se debe resaltar que el 91.74% de los contratos, 248,167 de los 270,506 amparan capacidades instaladas menores a 10kW_p (?), lo que permite ubicarlos en el nivel residencial o en pequeños comercios. A primera vista estos datos demuestran el éxito de la FV y del esquema de GD como parte de la estrategia general en la reducción de emisiones de GEI; de acuerdo con la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, en términos de la Ley de Transición Energética (DOF 2020). Sin embargo, como se dijo anteriormente, la participación de las tecnologías limpias, aun considerando la hidroeléctrica y la nucleoelectrónica dentro de la generación total del país sigue siendo muy pequeña.

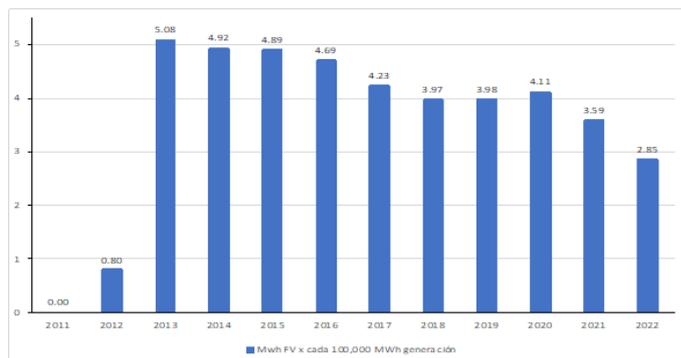


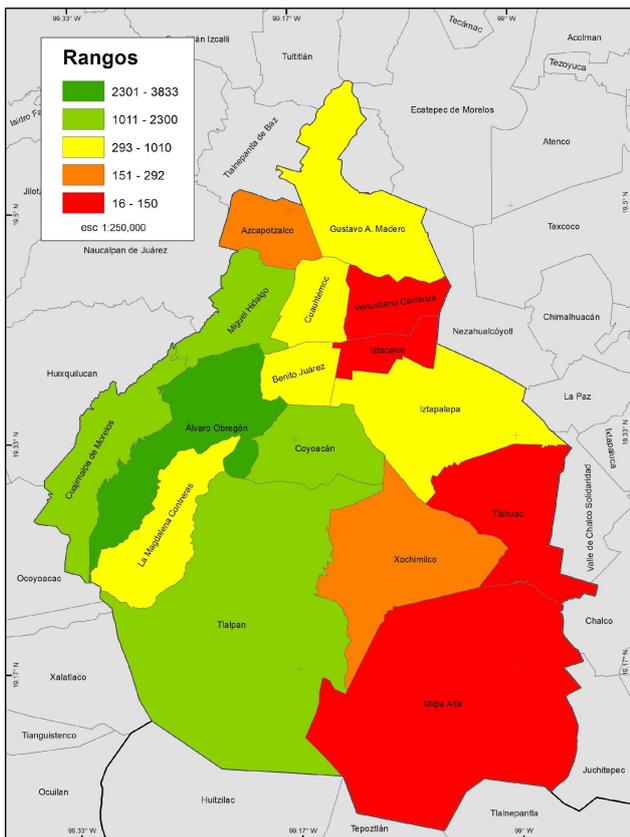
Figura 2. Participación de la tecnología fotovoltaica en el total de la generación eléctrica de México para los años 2011-2022, en MWh generados por cada 100,000 MWh de generación. Elaboración propia con datos del sistema de información energética: SIE/SENER.

La Fig. 2 muestra la participación de la tecnología FV en la generación total bruta de energía en México (entregada a CFE) en el periodo de 2011 a 2022. Se advierte una clara tendencia hacia la reducción de la importancia relativa de los sistemas FV, seguramente resultado de una creciente inversión en sistemas eléctricos con energía de combustible.

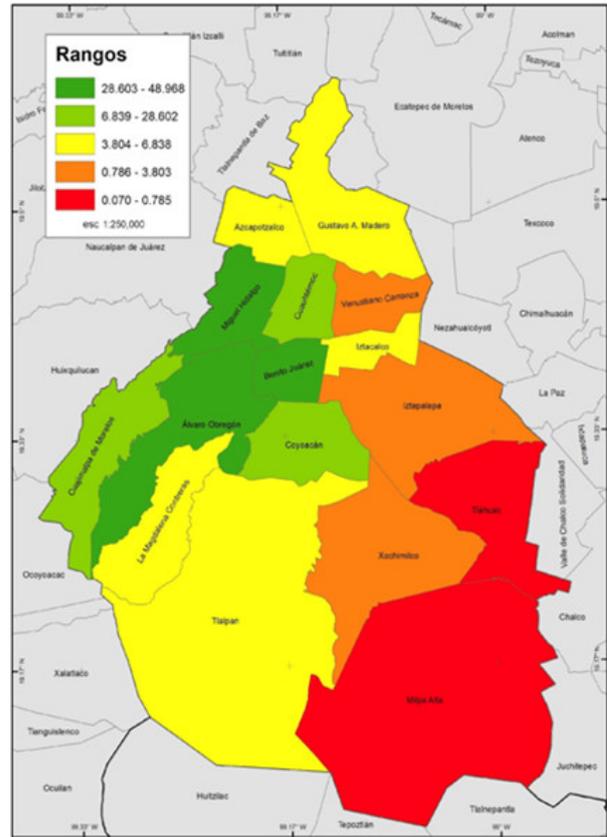
Las políticas públicas y los impulsos gubernamentales son un factor crítico para fomentar la adopción de tecnologías renovables por parte de la población. De acuerdo con la iniciativa del Banco Mundial Regulatory Indicators for Sustainable Energy (RISE), México mantiene políticas públicas muy favorables para la inversión en sistemas FV en GD (Mexico-RISE 2018).

3. Metodología

Se dispone de diversas fuentes de información y análisis, tanto nacionales como extranjeras (Juárez-Luna & Mosiño 2024, López-Flores et al. 2024), y se tienen experiencias en países en desarrollo que revelan la naturaleza del mercado de sistemas FV. De este modo, las



(a) Instalaciones FV en GD por alcaldía.



(b) Instalaciones FV en GD por km2 y por alcaldía.

Figura 3. Instalaciones FV en la Ciudad de México.

actitudes esperadas de los representantes gubernamentales, las organizaciones profesionales de instaladores y operadores FV y la normativa relevante son conocidas (Müller & Trutnevyte 2020, Lo Basso et al. 2022). Sin embargo, este trabajo se elabora con base en un análisis de los informes estadísticos encontrados en las diversas oficinas del sector público, donde se documentan los avances en GD en general, y en aplicaciones FV en específico. Se tiene de este modo la calidad de las cifras oficiales, ya que los instaladores deben documentar la naturaleza de sus trabajos conforme indica la reglamentación respectiva, que corresponde al gobierno federal.

Se analizan en primera instancia diversas bases de datos de la autoridad nacional correspondiente CRE Comisión Reguladora de Energía (2023). Se obtienen, primeramente, los datos de las instalaciones FV en las distintas alcaldías de la Ciudad de México. (Fig. 3a) y se relacionan con la extensión territorial de cada alcaldía a fin de determinar la densidad existente a lo largo del territorio. (Fig. 3b). En un análisis distinto, las instalaciones se desagregan según su capacidad, lo que permite distinguir las instalaciones domésticas de las aplicaciones comerciales e industriales. De la inspección de los resultados se pueden inferir las conclusiones que se ofrecen al final.

4. Resultados y discusión

El número total de instalaciones FV y la densidad de estas por unidad de superficie se muestra en las Fig. 3, con datos de la CRE de 2023. Los valores más altos se codifican en verde y los más bajos en rojo. En ambos casos, se observa una clara correspondencia con la ubicación geográfica, que muestra mayores índices en las alcaldías al poniente de la ciudad, lo que algunos estudios correlacionan con mayores niveles socioeconómicos y educativos. Con respecto a la importancia relativa de la generación eléctrica con FV, esto es, la proporción de la electricidad FV con respecto a la energía total, como ilustra la Fig 2, habría que entender que se evidencia un crecimiento, aunque

lento, de las instalaciones FV, pero el crecimiento relativo es negativo. Esto se explica en términos de que la oferta eléctrica proveniente de sistemas de combustión crece más aprisa. Así se ha formulado la política pública, que ahora coincide con la del ejecutivo de EUA, y que no corresponde con innumerables iniciativas de generación limpia que han caracterizado al mundo rico desde 1985.

Tabla 2. Alcaldías con altos número de instalaciones fotovoltaicas.

Delegación	Instalaciones FV por cada 1,000 hab	Capacidad instalada promedio (kWp)
Cuajimalpa	6.442	8.73
Miguel Hidalgo	5.552	8.65
Álvaro Obregón	5.049	7.37
Coyoacán	2.532	6.88
Benito Juárez	2.326	6.68
Tlalpan	2.189	6.13
Magdalena Contreras	2.06	4.25
Cuauhtémoc	0.859	10.22
Xochimilco	0.66	7.55
Azcapotzalco	0.451	15.8
Gustavo A. Madero	0.406	10.75
Iztacalco	0.371	16.21
Venustiano Carranza	0.246	15.61
Iztapalapa	0.242	14.09
Tláhuac	0.171	15.18
Milpa Alta	0.105	13.32

La Tab. 2 indica cuáles alcaldías tienen altos número de instalaciones FV por cada mil habitantes. La lista (ver la columna media) es encabezada por Cuajimalpa, con 6.442 instalaciones FV por cada 1000 habitantes. Esta columna muestra cómo se reduce este número

ro gradualmente hasta llegar, siete alcaldías después, a Magdalena Contreras. La columna de la derecha de esa misma tabla muestra cómo, conforme se reduce el número de instalaciones FV por alcaldía, también se reduce la capacidad instalada en promedio. Este dato es congruente con la variación de los PIB individuales de esas alcaldías (no mostrada). Tras un largo camino de investigación en el campo, los autores han concluido que prácticamente todas esas instalaciones son domésticas. Algunas de ellas se han instalado para reducir los consumos en tarifa eléctrica DAC, que es unas cuatro veces más cara que las tarifas subsidiadas. En otros casos, la instalaciones FV toman una buena parte de la carga eléctrica de las casas.

Es de notar también que, después de la séptima alcaldía de esa tabla, la tendencia de las cifras cambia de manera radical. El número de instalaciones FV en la alcaldía Cuauhtémoc ya es menor a la mitad de la Magdalena Contreras, pero es de destacar que, entre las últimas nueve alcaldías de la Tab. 2, la capacidad instalada promedio suele ser muy superior a la de las primeras siete alcaldías. Otra vez, tras una minuciosa evaluación en el campo, se advirtió que la mayor parte de estas instalaciones son comerciales o industriales, y muy pocas son para abasto doméstico. Nótese que el valor más elevado de la capacidad instalada promedio corresponde a la delegación Iztacalco. Estos datos parecen validar la importante diferencia entre los perfiles de usuarios de sistemas FV entre las zonas poniente y oriente de la CDMX, como ilustran las Figs. 3a y 3b.

5. Conclusiones

Con base en información oficial, se obtienen datos importantes sobre el perfil del usuario de instalaciones FV domésticas en GD en la Ciudad de México. Asimismo, se acusa el uso preferentemente comercial e industrial de las instalaciones fotovoltaicas en la zona oriente de la ciudad, y el uso residencial al poniente.

Aunque no se discute en este artículo, por brevedad, se ha encontrado evidencia de que los usuarios de sistemas fotovoltaicos, en general, son más proclives a la planeación de un futuro sostenible, y más comprometidos respecto a temas ambientales. Estos hallazgos pueden ser ingrediente importante de una nueva política de estímulo y fomento de las tecnologías limpias, que de hecho ocasionalmente dan lugar al mejor aprovechamiento del agua y a la disminución de desechos sólidos, entre otros aspectos.

Los hallazgos aquí reportados parecen pertenecer a un estrato social y cultural muy específico de la población mexicana. Este perfil no está presente con la misma fuerza en otras ciudades y en otras regiones. Sirva este escrito, por tanto, para animar a los diversos actores energéticos a tomar en cuenta estas restricciones, tanto en sus estrategias de promoción de ventas como en el desarrollo de incentivos. Seguramente la autoridad nacional será crucial en la elaboración de incentivos y en la formulación de nuevas normas para una transmisión eléctrica más afín al desarrollo fotovoltaico. Como sea, es claro que los sistemas FV encierran, cada día más, atractivos enormes para sus usuarios.

Los autores compartimos el optimismo de que esta mezcla de factores puede contribuir al fortalecimiento de la industria nacional al hacerla energéticamente más eficiente y ambientalmente más responsable.

■ Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración y contribuciones de diversos miembros del cuerpo docente del Posgrado de Urbanismo de la UNAM, particularmente al Dr. David Morillón, Coordinador, por importantes y oportunos consejos.

■ Referencias

Aarakit, S. M., Ntayi, J. M., Wasswa, F., Adaramola, M. S. & Ssenono, V. F. (2021), 'Adoption of solar photovoltaic systems in households:

Evidence from uganda', *Journal of Cleaner Production* **329**, 129619.
 URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129619>

Adnan, N. & Shahrina, M. N. (2021), 'A comprehensive approach: Diffusion of environment-friendly energy technologies in residential photovoltaic markets', *Sustainable Energy Technologies and Assessments* **46**, 101289.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2021.101289>

Balta-Ozkan, N., Yildirim, J., Connor, P. M., Truckell, I. & Hart, P. (2021), 'Energy transition at local level: Analyzing the role of peer effects and socio-economic factors on uk solar photovoltaic deployment', *Energy Policy* **148**, 112004.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112004>

Briguglio, M. & Formosa, G. (2017), 'When households go solar: Determinants of uptake of a photovoltaic scheme and policy insights', *Energy Policy* **108**, 154–162.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.039>

CONUEE (2014), '¿qué es la generación distribuida? -grandes usuarios de la energía-'

URL: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/que-es-la-generacion-distribuida-estados-y-municipios>

CRE (2023), 'Solicitudes de interconexión de centrales eléctricas con capacidad menor a 0.5 mw, cre contratos interconexión de pequeña y mediana escala / generación distribuida – estadísticas al segundo semestre 2022'.

URL: <https://www.gob.mx/cre/documentos/pequena-y-mediana-escala>

DOF (2017), 'Diario oficial de la federación 07 marzo de 2017, resolución de la comisión reguladora de energía por la que expide las disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida.'

DOF (2020), 'Diario oficial de la federación 07 diciembre de 2020, acuerdo por el que la secretaría de energía aprueba y publica la actualización de la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, en términos de la ley de transición energética.'

González-González, A., Collares-Pereira, M., Cuadros, F. & Fartaria, T. (2014), 'Energy self-sufficiency through hybridization of biogas and photovoltaic solar energy: an application for an iberian pig slaughterhouse', *Journal of Cleaner Production* **65**, 318–323.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.021>

Hidayatno, A., Setiawan, A. D., Wikananda Supartha, I. M., Moeis, A. O., Rahman, I. & Widiono, E. (2020), 'Investigating policies on improving household rooftop photovoltaics adoption in indonesia', *Renewable Energy* **156**, 731–742.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.106>

Juárez-Luna, D. & Mosiño, A. (2024), 'Electricity generation portfolios in mexico: Environmental, economic, and policy implications', *Energy Policy* **192**, 114258.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114258>

Lo Basso, G., Pastore, L. M. & de Santoli, L. (2022), 'Power-to-methane to integrate renewable generation in urban energy districts', *Energies* **15**(23), 9150.

URL: <http://dx.doi.org/10.3390/en15239150>

López-Flores, F. J., Ramírez-Márquez, C., Rubio-Castro, E. & Ponce-Ortega, J. M. (2024), 'Solar photovoltaic panel production in mexico: A novel machine learning approach', *Environmental Research*

246, 118047.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2023.118047>

Mexico-RISE (2018), 'Worldbank group esmap.org. sustainable energy report, incentives and regulatory support for renewable energy'.

URL: <https://rise.esmap.org/country/mexico>

Müller, J. & Trutnevyte, E. (2020), 'Spatial projections of solar pv installations at subnational level: Accuracy testing of regression models', *Applied Energy* **265**, 114747.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114747>

Panzone, C., Philippe, R., Chappaz, A., Fongarland, P. & Bengaouer, A. (2020), 'Power-to-liquid catalytic co2 valorization into fuels and chemicals: focus on the fischer-tropsch route', *Journal of CO2 Utilization* **38**, 314–347.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcou.2020.02.009>

Peñaloza, D., Mata, E., Fransson, N., Fridén, H., Samperio, A., Quijano, A. & Cuneo, A. (2022), 'Social and market acceptance of photovoltaic panels and heat pumps in europe: A literature review and survey', *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **155**, 111867.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2021.111867>

Scheller, F., Doser, I., Schulte, E., Johannng, S., McKenna, R. & Bruckner, T. (2021), 'Stakeholder dynamics in residential solar energy adoption: findings from focus group discussions in germany', *Energy Research & Social Science* **76**, 102065.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2021.102065>

Schulte, E., Scheller, F., Sloot, D. & Bruckner, T. (2022), 'A meta-analysis of residential pv adoption: the important role of perceived benefits, intentions and antecedents in solar energy acceptance', *Energy Research & Social Science* **84**, 102339.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2021.102339>