



Impacto del conocimiento ambiental y beneficios percibidos en actitudes hacia la energía solar.

Impact of environmental knowledge and perceived benefits on attitudes towards solar energy.

Ingrid Iovana Burgos-Espinoza¹, Jorge Luis García-Alcaraz², Liliana Avelar-Sosa³,
 Jesús Alfonso Gil-López⁴, José Manuel Mejía-Muñoz⁵
^{1,2,3,5}Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez – México
⁴Universidad de La Rioja, Logroño - España

Recibido: 15 de septiembre de 2024.

Aceptado: 18 de febrero de 2024.

Publicado: 01 mayo de 2025.

Resumen- La adopción de energías renovables es una preocupación en varios países, por lo que se busca identificar los factores que influyen en la decisión de compra de estas, especialmente la energía solar que es accesible. Como respuesta a ello, se han realizado varios estudios en países desarrollados, pero en México son escasos. Este estudio presenta un modelo de ecuaciones estructurales que integra tres variables latentes, el conocimiento ambiental como variable independiente, los beneficios percibidos como variable moderadora y la intención ambiental como variable dependiente, mismas que se relacionan mediante tres hipótesis. Las hipótesis se validan con información de 511 respuestas a un cuestionario aplicado en México y se usa el enfoque de mínimos cuadrados parciales integrada en el software WarpPLS v.8 con un nivel de confianza del 95%. Los resultados indican que el conocimiento ambiental sobre las energías renovables son la base para que los usuarios puedan percibir los beneficios que pueden obtener de su implementación, ya que esto facilita que incrementen su intención de inversiones. Esto es importante, ya que la relación del conocimiento ambiental con las intenciones a través de los efectos directos es menor a los indirectos cuando se tienen los beneficios percibidos como variable mediadora.

Palabras clave: energía renovable; ecuaciones estructurales; conocimiento ambiental; intención ambiental.

Abstract— The adoption of renewable energies is a concern in several countries, so we seek to identify the factors that influence the decision to purchase them, especially solar energy, which is accessible. In response to this, several studies have been conducted in developed countries, but in Mexico they are scarce. This study presents a structural equation model that integrates three latent variables, environmental knowledge as an independent variable, perceived benefits as a moderating variable and environmental intention as a dependent variable, which are related by three hypotheses. The hypotheses are validated with information from 511 responses to a questionnaire applied in Mexico and using the partial least squares approach integrated in the WarpPLS v.8 software with a confidence level of 95%. The results indicate that environmental knowledge about renewable energies is the basis for users to perceive the benefits they can obtain from their implementation, since this facilitates them to increase their investment intention. This is important, since the relationship of environmental knowledge with intentions through direct effects is lower than indirect effects when perceived benefits are the mediating variable.

Keywords: renewable energy; structural equations; environmental knowledge; environmental intention.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jorge.garcia@uacj.mx (Jorge Luis García Alcaraz).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Como citar este artículo: I. I. Burgos-Espinoza, J. L. García-Alcaraz, L. Avelar-Sosa, J. A. Gil-López y J. M. Mejía-Muñoz, "Impacto del conocimiento ambiental y beneficios percibidos en actitudes hacia la energía solar", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 13, no. 2, pp. 01-11 2025, doi: [10.15649/2346030X.4458](https://doi.org/10.15649/2346030X.4458)

I. INTRODUCCIÓN

La energía renovable es una fuente de energía que se obtiene a partir de recursos naturales que se renuevan de forma constante, como el sol, el viento, el agua o la biomasa. A diferencia de los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), que son limitados y causan un impacto ambiental negativo, las energías renovables son prácticamente inagotables y producen menos emisiones de gases de efecto invernadero, lo que las hace atractivas [1]. Una de las más importantes energías renovables es la solar, la cual puede convertirse en electricidad a través de paneles solares que pueden ser instalados en techos de casas y fábricas.

La energía solar representa una alternativa limpia, segura y renovable frente a los combustibles fósiles, cuyas emisiones contribuyen significativamente al cambio climático. América Latina, y particularmente México, cuenta con un alto potencial para el aprovechamiento de esta fuente energética debido a su elevada radiación solar [2]. En las últimas décadas, la región ha impulsado políticas e incentivos para fomentar su adopción, respondiendo tanto a compromisos internacionales como al interés social por reducir la dependencia energética y las emisiones contaminantes.

En México, se estima un potencial de generación solar de hasta 5000 GW, superando ampliamente la demanda eléctrica nacional [3, 4]. A pesar de estos avances, la adopción de tecnologías solares no ha sido homogénea. En zonas rurales, donde el acceso a la red eléctrica es limitado, la energía solar puede representar la única alternativa viable. Sin embargo, la falta de información y conocimiento técnico sobre su uso y beneficios limita su aceptación, especialmente en sectores con bajo acceso a la educación energética. Además, la creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de cumplir con los compromisos internacionales, como los establecidos en el Acuerdo de París, han llevado a los gobiernos a priorizar el desarrollo de energías limpias [5, 6].

Estudios recientes han demostrado que la energía solar es una solución viable para abordar el problema de la pobreza energética en América latina, donde se estima que más de 22 millones de personas carecen de acceso a la electricidad, especialmente en áreas rurales y remotas [7]. Lo que ha mejorado la calidad de vida de los usuarios y fomentando el desarrollo económico local [7, 8]. La implementación la energía solar en esas zonas rurales frecuentemente es la única alternativa que se tiene para acceder a la electricidad, ya que la expansión de la red eléctrica convencional es costosa y poco práctica.

Estudios previos destacan que el conocimiento ambiental (ENKN) y la percepción de beneficios (PEBE) influyen directamente en las decisiones de adopción de tecnológica. No obstante, en el contexto mexicano, son escasos los trabajos que abordan de manera integral estas variables desde la perspectiva del consumidor. Investigaciones como las de Reyes-Mercado and Rajagopal [9] señalan la importancia de los factores cognitivos, pero no profundizan en cómo estos se relacionan con la intención de adopción. De la misma manera, Ebers Broughel [10] reporta un estudio en el que analiza zonas rurales de México y el apoyo gubernamental que se ofrece para la adquisición de paneles solares e indica que hay una disposición positiva hacia esta, aunque muchas de las personas frecuentemente están mal informadas y no conocen de manera amplia los beneficios que pueden obtener y los programas gubernamentales a los cuales pueden acudir para recibir apoyo y por ende, existe baja adopción en esas zonas, donde el acceso de energía eléctrica por medios tradicionales es nula o escasa.

Lo anterior indica que existen pocos estudios en México que analicen el ENKN que tiene la población sobre aspectos técnicos, de uso y manejo de tecnologías de energía solar, así como los PEBE del uso de la misma y las intenciones ambientales (ENIN) de compra que pueden tener en base a los dos anteriores, ya que solamente los estudios de Ebers Broughel [10] y Reyes-Mercado and Rajagopal [9] analizan aspectos cognitivos y percepciones del consumidor. Además, estudios como los de Sotelo-Medina, et al. [11] indican la necesidad de analizar esas variables, ya que la falta de conocimientos limita los PEBE, lo que inhibe el proceso de adopción.

Ante esta brecha, el presente estudio tiene como objetivo analizar cómo el ENKN que posee la población sobre energía solar influye en los PEBE y en la ENIN que favorece la adopción de esta tecnología. A partir de ello, se busca generar evidencia empírica que apoye la formulación de estrategias de divulgación y políticas, particularmente en contextos con baja cobertura energética y alto potencial solar. Los hallazgos de este estudio permitirán cuantificar la relación que existe entre esas variables, lo que ayudará a determinar la importancia de estas en el proceso de adopción de nuevas tecnologías solares. Es decir, se podrá conocer el impacto que tienen los ENKN en relación a esta tecnología, lo que permitirá identificar áreas de oportunidad que faciliten a las instituciones gubernamentales reconocer la importancia de la divulgación de información relacionada con la energía solar, enfocándose no solamente en aspectos ambientales como se hace de manera tradicional, ya que existen muchos beneficios económicos que pueden obtenerse en el ahorro por costos de consumo y también, dar a conocer los diferentes programas de financiamiento y subsidio que se tienen.

II. REVISION DE LITERATURA E HIPOTESIS

Relación de ENKN con PEBE

El ENKN alude a la comprensión y conciencia de las interrelaciones entre las acciones humanas y el medio ambiente, así como a las repercusiones y efectos en la salud del ecosistema y la sostenibilidad ambiental. El concepto es intrincado, englobando dimensiones científicas, culturales y prácticas, y juega un papel crucial en la promoción de comportamientos que favorecen el medio ambiente y el fomento del desarrollo sostenible [12]. La relevancia de ENKN para los individuos radica en su responsabilidad social, dado que facilita la comprensión de las repercusiones ecológicas de sus actividades, promoviendo la adopción de prácticas sustentables, como la generación de energía de origen verde

El término PEBE de la energía solar alude a las ventajas que un usuario identifica al emplearla como opción alternativa a las fuentes de combustibles fósiles convencionales. La correlación entre las fuentes de energía renovable (ENKN) y la adopción de energía solar ha sido objeto de estudio en diversas naciones, dado el creciente enfoque de las sociedades hacia las fuentes de energía renovable. Desde una perspectiva empírica, se postula que un incremento en el ENKN incide en las PEBE de los individuos, lo cual incide en sus intenciones de adopción. Esto se debe a que un conocimiento más profundo del producto propicia una mayor confianza y seguridad en la eficacia de los sistemas de energía solar sobre tejidos, tal como lo señalan Wall, et al. [13] en un estudio realizado en Tailandia. Adicionalmente, dicho ENKN promueve una perspectiva favorable hacia la adopción de la energía solar, dado que los individuos perciben que lograrán una disminución en las emisiones de

carbón y generarán menos residuos, de acuerdo con un estudio realizado en Vietnam por Tran, et al. [14]. Este fenómeno puede atribuirse a que los individuos con información adecuada reconocen que la energía solar no solo es limpia, sino también económicamente viable, lo que incrementa su propensión a reconocer y valorar estos beneficios, lo que promueve la inversión en ella, de acuerdo con un estudio llevado a cabo por Gulzar, et al. [15] en empresas chinas.

Autores como Waris, et al. [16] en Pakistán señalan que los individuos con un sólido conocimiento acerca de la energía solar no solo evalúan las ventajas medioambientales, sino también el ahorro económico y una mayor autonomía energética, dado que a menudo se desvinculan de proveedores regionales. No obstante, Hasan Emon [17] señala la necesidad de implementar campañas de concientización y educación comunitaria para alcanzar dichos ENKN, dado que esto contribuye a la eliminación de potenciales obstáculos en el proceso de adopción. Un estudio llevado a cabo en Estados Unidos señala que las barreras que obstaculizan la identificación de los PEBE de la energía solar se atribuyen primordialmente a la falta de información adecuada por parte de los individuos, o a la asociación exclusiva con inversiones de capital significativas que se llevan a cabo inicialmente [18]. De ahí la relevancia de proporcionar un informe formal a la población acerca de las ventajas que proporciona la energía solar. Lo anterior indica que estudios previos han encontrado que la relación de ENKN y PEBE en otros países, por lo que en este estudio se propone la siguiente hipótesis:

H₁. El conocimiento ambiental tiene un efecto directo y positivo en los beneficios percibidos de la adopción de energía solar en la población mexicana.

Relación de ENKN con ENIN

Las ENIN se refieren a la disposición mental y el compromiso personal de una persona para tomar acciones que beneficien al medio ambiente. Podría decirse que son las motivaciones y los deseos internos que lo impulsan a adoptar un estilo de vida más sostenible y respetuoso con el planeta. Sin embargo, se requiere para tener esas intenciones, se requiere de muchos factores y el más importante es el ENKN [14].

El ENKN ha demostrado que facilita a los individuos la comprensión de las ventajas y funcionalidades inherentes a la implementación de sistemas de energía solar. Por ejemplo, Tran, et al. [14] en Vietnam sostienen que una mayor ENKN sobre el uso y manejo de paneles solares conduce a un incremento en la confianza de los usuarios en dicha tecnología, lo cual es fundamental para su adopción. En otras palabras, los individuos con una adecuada comprensión de los aspectos operativos y las ventajas de la energía solar, tales como la reducción de costos y las ventajas medioambientales, muestran una mayor propensión a invertir en dichos sistemas. No obstante, Chen, et al. [19] examinaron las respuestas de estudiantes universitarios en China y postularon que no se limita a la comprensión de aspectos técnicos, sino que también se deben considerar aspectos financieros vinculados a las subvenciones gubernamentales, como financiamiento y subsidio. Esto se debe a que las inversiones iniciales para la energía solar tienden a ser considerables y numerosos usuarios muestran una pérdida de interés en realizar dichas inversiones de forma autónoma, requiriendo así respaldo y apoyo institucional [20].

Adicionalmente, Asif, et al. [21] en China señalan que, a pesar de que los individuos manifiesten una preocupación medioambiental, esta no puede ejercer una influencia significativa en sus intenciones de adquisición de energía solar. Este aspecto es optimizado por el conocimiento adquirido sobre las tecnologías solares, que mejora las percepciones sobre dichas tecnologías y, por ende, incide en sus decisiones de adopción. De manera análoga, El-Khozondar and El-batta [22], en una investigación llevada a cabo en la Franja de Gaza, subrayan que el ENKN relativo a las energías renovables y sus aplicaciones incide directamente en las decisiones individuales de incorporar sistemas de energía solar. En otras palabras, es imperativo que los usuarios comprendan cómo la energía solar contribuye a la reducción de la huella de carbono, fomenta la sostenibilidad, genera ahorros en el consumo de facturas y promueve la independencia energética, con el objetivo de fomentar actitudes favorables hacia su adopción.

Lo expuesto sugiere que los ENKN son esenciales para los ENIN. Sin embargo, para potenciar la incidencia de estos en la población, Hasan Emon [17] en Bangladesh subraya la importancia de la educación formal en las generaciones emergentes, dado que serán ellos quienes podrán apreciar de manera más profunda sus ventajas y, por lo tanto, la considerarán una opción viable frente a las fuentes de energía convencionales que utilizan tradicionalmente, favoreciendo así la transición energética debido a sus planes de inversión. En la actualidad, en numerosas escuelas de ingeniería, tanto públicas como privadas, se proporcionan cursos vinculados con la ecología y el impacto ambiental de los procesos industriales. Esto no solo constituye una adquisición de conocimientos, sino que fomenta una cultura de respeto hacia el medio ambiente que, posteriormente, se manifiesta en una mayor integración en la vida laboral. Por ejemplo, en una investigación llevada a cabo en China, Ma, et al. [23] descubrieron que los estudiantes universitarios con sólidos ENKN presentaban una mayor probabilidad de incorporar prácticas sustentables en sus actividades cotidianas y ocupacionales como profesionales.

Considerando que los ENKN son un factor influyente en los ENIN, Vu, et al. [24] en un estudio realizado en Vietnam sugiere que se use la teoría del comportamiento planeado (TPB) para transmitir ese ENKN, ya que junto con las normas subjetivas y el control conductual percibido, son predictores clave de las intenciones de adopción de energía solar. Además, se ha demostrado que en países en desarrollo como Pakistán, ese ENKN ayuda a crear una mayor conciencia ambiental en estudiantes, lo que después se convierte en mayor intenciones de compra de sistemas solares domésticos [25]. Lo anterior indica que los ENKN favorecen los ENIN en varios países, por lo que se propone la siguiente hipótesis:

H₂. El conocimiento ambiental tiene un impacto directo y positivo en las intenciones ambientales hacia la compra de energía solar en la población mexicana.

Relación de PEBE con ENIN

Estudios previos han demostrado que los PEBE son vitales en la creación actitudes y percepciones de los individuos hacia la energía solar. Por ejemplo, Wall, et al. [13] en un estudio en Tailandia indican que la preocupación ambiental influye en la adopción de tecnologías de energías renovables y concluyen que los individuos con una mayor conciencia medioambiental perciben fácilmente los beneficios de las energías renovables y muestran una mayor intención de adoptarlas. Además, con el uso de la Teoría del Comportamiento Planificado (TPB) se ha descubierto en estudiantes universitarios de China que la preocupación por el medio ambiente, el ENKN de las energías renovables y las

creencias sobre los beneficios, afectan positivamente a las intenciones de adoptar energías renovables [19]. Esto indica que cuando los individuos perciben la energía solar como beneficiosa para el medio ambiente, entonces es más probable que expresen intenciones de adoptarla. Además, los autores indican que las actitudes altruistas, o la preocupación por el medio ambiente, son determinantes esenciales que fomentan la intención de inversión en energía solar [26].

Además, uno de los PEBE de la energía solar es el económico, por lo que desempeña un papel importante en las intenciones medioambientales, por lo que Waris, et al. [16] en Pakistán destacan que el control conductual percibido (CPE) es un factor significativo que influye en las intenciones de los hogares de utilizar energía solar a pequeña escala debido a los ahorros financieros que se obtienen en las facturas. Es decir, cuando los individuos reconocen el potencial de ahorro y ventajas económicas a largo plazo de los sistemas de energía solar, aumenta su intención de adoptar este tipo de tecnologías. Esta perspectiva económica es fundamental, dado que evidencia que las personas tienden a adoptar prácticas ambientalmente responsables con mayor probabilidad cuando perciben beneficios concretos, especialmente los económicos.

Por su parte Sun, et al. [27] en Taiwan destacan la importancia de los beneficios psicológicos percibidos por los consumidores, los cuales influyen en las actitudes hacia la adopción de la energía solar, dado también perciben una ventaja personal relacionada con una mejor calidad de vida, independencia energética cuando se tiene un mal servicio por parte del proveedor, la sensación de que está realizando un bien por el ambiente y generando mejores condiciones para generaciones futuras.

También, Huang and Cheng [28] en Taiwan indican que otros PEBE se relacionan con los incentivos gubernamentales y mecanismos de apoyo que los usuarios pueden recibir al usar energía solar. Esto sugiere que los marcos políticos que promueven la adopción de la energía solar pueden alinear eficazmente los beneficios percibidos con las intenciones de compra y de ahí la importancia de la participación gubernamental en proporcionar un conocimiento técnico y financiero para los usuarios de la energía solar.

Lo anterior demuestra que se ha identificado una relación entre PEBE y ENIN en otros países, por lo que se propone la siguiente hipótesis:

H₃. Los beneficios percibidos de la adopción de energía solar afectan directa y positivamente a las intenciones ambientales en la población mexicana.

Las relaciones entre variables establecidas como hipótesis se ilustran en la Figura 1.

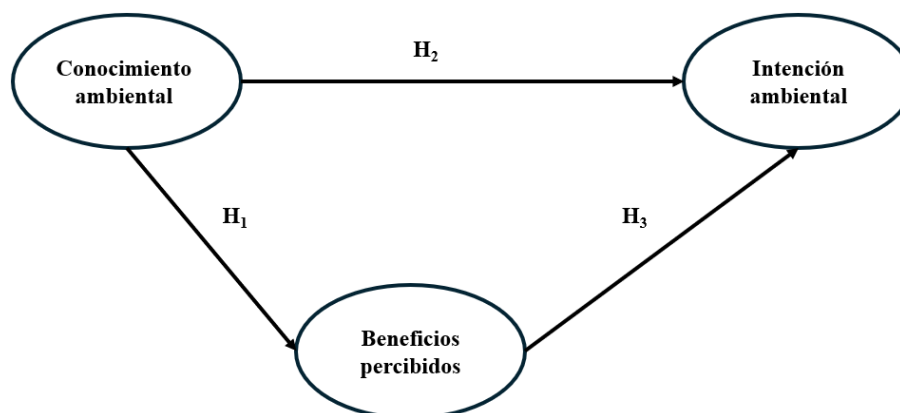


Figura 1: Modelo propuesto.
Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA

La validación estadística del modelo en la figura 1 requiere de información de la comunidad universitaria en México, por lo que siguió la siguiente metodología para obtenerla, validarla y contrastar las hipótesis propuestas.

Etapa 1. Generación de un cuestionario

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica para identificar investigaciones anteriores que ya habían examinado las variables objeto de estudio en este estudio: Conciencia medioambiental, Ventajas percibidas e Intencionalidad ambiental en relación con la adopción de energía solar. Los componentes que constituían cada una de las variables latentes fueron identificados y se generó un primer borrador del cuestionario, lo cual se considera una validación racional del mismo [29]. No obstante, debido a la identificación de estos componentes en investigaciones realizadas en otras naciones, se lleva a cabo una validación por un comité de jueces con el objetivo de adaptarla al contexto mexicano. Este comité estaba compuesto por tres académicos, tres vendedores de tecnologías para energía solar y cuatro estudiantes de ingeniería [30]. Los jueces realizaron una evaluación de la calidad, pertinencia, claridad, relevancia, suficiencia, coherencia y objetividad de cada componente.

El cuestionario estaba compuesto por dos secciones. La primera se centraba en datos demográficos, los cuales eran de carácter opcional y se referían a elementos como el género, el estrato de edad, la categoría de ingeniería, entre otros. La segunda sección albergaba los elementos correspondientes a cada una de las variables latentes que habían sido validados por el conjunto de jueces y su respuesta era obligatoria. Los elementos debían ser evaluados a través de una escala Likert de cinco puntos, en la que un punto indicaba la ausencia de actividad y un cinco, la presencia total [31]. La aplicación del cuestionario se realiza en línea, mediante la plataforma Google Forms. Para la implementación de la encuesta, se emite una invitación por correo electrónico a individuos que aún no habían adquirido tecnología de energía solar y poseían una vivienda propia, con el objetivo de asegurar que poseían un poder adquisitivo adecuado y una capacidad de decisión adecuada para llevar a cabo

una inversión. En dicho correo electrónico, se proporcionaba un hipervínculo para acceder al cuestionario. El cuestionario estuvo disponible desde el 6 de enero de 2024 hasta el 6 de abril de 2024, momento en el que se descargó un archivo en formato CSV para ser abierto en Excel y posteriormente importado al software SPSS v.23 para análisis subsecuentes.

Etapa 2. Depuración y validación de la información

Para asegurar la calidad de los datos recolectados mediante el cuestionario, se establecieron criterios específicos de inclusión y exclusión de los participantes, así como procedimientos para la depuración estadística de las respuestas.

Criterios de inclusión:

- Residir actualmente en México
- Haber respondido en su totalidad el cuestionario
- Aceptar participar voluntariamente en el estudio mediante las preguntas iniciales de consentimiento informado

Criterios de exclusión:

- Encuestas incompletas
- Respuestas que evidencien patrones automáticos o falta de compromiso (por ejemplo, seleccionar siempre la misma opción)
- Casos con valores atípicos o inconsistentes según los métodos estadísticos descritos a continuación:

Para depurar la información se realizaron las siguientes actividades [32]:

Identificación de encuestados no comprometidos, se calculó la desviación estándar de las respuestas individuales para cada ítem, aquellos casos cuya desviación estándar fue menor a 0.5 fueron considerados poco variables y excluidos del análisis. Identificación de valores extremos, se estandarizaron las respuestas y aquellos valores que mayores a cuatro desviaciones estándar fueron considerados atípicos. En lugar de eliminar completamente estos casos, los valores extremos fueron reemplazados por la mediana correspondiente del ítem, con el fin de conservar la mayor cantidad de datos válidos posibles sin comprometer su integridad.

Para la validación de las variables latentes, se aplicaron los índices propuestos por Kock [33], tales como R2 y R2 ajustada para la validez predictiva paramétrica, alfa de Cronbach e índice de confiabilidad compuesta para la validez interna, promedio de varianza extraída para la validez convergente, índices de inflación de la varianza para medir la colinealidad y Q2 para medir la validez predictiva no paramétrica. Es importante mencionar que muchos de esos índices fueron obtenidos de manera iterativa, ya que frecuentemente eliminando uno de los ítems en una variable, el índice mejoraba.

Con la información validada, se calcula la mediana de cada uno de los ítems en las variables latentes como medida de tendencia central, donde valores altos indican que esa actividad se ejecuta adecuadamente, mientras que valores bajos indican que no se ejecuta. De la misma manera, se usa el rango intercuartílico como medida de dispersión, obtenido como la diferencia entre el tercer cuartil y el primer cuartil. Es importante mencionar que se usan esas medidas dado que la información ha sido obtenida en una escala ordinal a través del cuestionario.

Etapa 3. Modelo de ecuaciones estructurales

Se utilizó la técnica de modelado de ecuaciones estructurales (SEM) para validar las relaciones propuestas entre variables latentes (Figura 1), dado que este enfoque permite analizar simultáneamente relaciones causales entre múltiples variables dependientes e independientes no observables. En particular, se eligió el enfoque de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) por varias razones metodológicas [34], tales como:

- Tipo de datos: la información fue recolectada mediante escalas ordinales tipo Likert, lo que hace más apropiado el uso de PLS-SEM, ya que no asume normalidad multivariada no requiere datos continuos.
- Tamaño de muestra: El enfoque PLS-SEM es más robusto en contextos de muestras pequeñas o moderadas, a diferencia de CB-SEM, que exige muestras grandes para obtener resultados estables.
- Naturaleza exploratoria y predictiva: Este estudio tiene un enfoque parcialmente exploratorio, al analizar relaciones no ampliamente validadas en el contexto mexicano. PLS-SEM es especialmente útil cuando el objetivo es la predicción y la identificación de relaciones significativas, más que la validación de modelos teóricos confirmados.

Previo a la interpretación del modelo, este fue validado conforme a los índices de eficiencia sugeridos por Kock [33]. Estos incluyen el coeficiente medio de ruta (APC), el R-cuadrado medio (ARS) y el R-cuadrado medio ajustado para cuantificar la validez predictiva. Por otro lado, el índice de inflación de la varianza medio de bloque y el índice de inflación de la varianza medio de colinealidad total evalúan la colinealidad entre las variables latentes, mientras que el índice de Tenenhaus (GoF) mide la colinealidad entre las variables latentes y el índice de Tenenhaus (GoF) para evaluar el ajuste de los datos al modelo.

La evaluación del PLS-SEM se llevó a cabo utilizando el software WarpPLS v.8 y se obtuvieron tres tipos de efectos conforme al método sugerido por Hair, et al. [35]. Los efectos directos se emplearon para corroborar las hipótesis de la Figura 1, en la que se determinó un parámetro estandarizado β para cada relación entre variables y se validó la hipótesis nula $H_0: \beta=0$, en contraste con la hipótesis alternativa H_1 que postula un valor de $\beta \neq 0$ con un nivel de confianza del 95%, lo que resulta en la presentación de un valor p-valor para cada uno de estos parámetros. Si se evidencia estadísticamente que $\beta=0$, se deduce que no hay relación entre las variables y se desestima la hipótesis propuesta. Sin embargo, si se evidencia que $\beta \neq 0$, se infiere la existencia de una relación entre las variables y se acepta la hipótesis planteada.

Lo segundos efectos medidos en el PLS-SEM son indirectos y se dan a través de variables mediadoras, tales como los Beneficios percibidos en nuestro estudio y también se miden a través de un parámetro estandarizado β , los cuales tienen un p-valor asociado. También se reportan los efectos totales, que son la suma aritmética de los efectos indirectos con los efectos directos. También es importante mencionar que, para cada efecto estimado, se reporta un tamaño del efecto como medida de la varianza explicada por la variable independiente en la variable dependiente

en cada relación. De la misma manera, para cada variable dependiente se reporta un valor de R2 como medida de la varianza que explican las variables independientes en la variable dependiente (la suma de los tamaños de los efectos en una variable dependiente es igual a R2).

Finalmente, con la finalidad de conocer el comportamiento de las variables latentes en diferentes escenarios de ocurrencia, se realiza un análisis de sensibilidad basado en probabilidades. En este estudio se considera que una variable tiene una probabilidad de ocurrencia baja si se tiene valor estandarizado $Z < -1$; es decir, $P(Z < -1)$. De la misma manera, se considera que una variable tiene una probabilidad de ocurrencia alta si tiene un valor estandarizado $Z > 1$; es decir, $P(Z > 1)$. Específicamente, se reportan las siguientes probabilidades:

1. La probabilidad de que una variable ocurra de manera aislada en su nivel alto $P(Z > 1)$ y bajos $P(Z < -1)$.
2. La probabilidad de que las variables en una relación ocurran de manera conjunta en una combinación de sus niveles altos o bajos; es decir, $P(Z_i > 1) \square P(Z_d > 1)$, $P(Z_i > 1) \square P(Z_d < -1)$, $P(Z_i < -1) \square P(Z_d > 1)$ y $P(Z_i < -1) \square P(Z_d < -1)$.
3. La probabilidad condicional de que ocurra una variable dependiente en un nivel, dado que ha ocurrido la variable independiente en cierto nivel; es decir, $P(Z_d > 1) / P(Z_i > 1)$, $P(Z_d > 1) / P(Z_i < -1)$, $P(Z_d < -1) / P(Z_i > 1)$ y $P(Z_d < -1) / P(Z_i < -1)$.

IV. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Análisis descriptivo de la muestra

Se enviaron 2148 correos electrónicos con un enlace al cuestionario a personas que cumplían las condiciones la inclusión del estudio (tener casa propia). Al final del periodo de captura la información se lograron recolectar 511 respuestas al cuestionario, lo que representa un porcentaje de respuesta del 23.78%, un valor aceptable en este tipo de estudios. La Tabla 1 indica un recuento del sexo y estado civil de las personas, donde se observa que la mayoría de ellos eran casadas, mientras que pocas eran solteras, vivían en unión libre, eran viudos o divorciados. Observe que tres encuestados no reportaron su sexo o estado civil y por ello el total reportado es 508. Las edades de las personas encuestadas era en promedio 32.45 ± 5.82 años y tenían en promedio 1.94 ± 0.58 hijos.

Tabla 1: Sexo y estado civil de los encuestados.

Sexo	Estado Civil					Total
	Soltero	Casado	Unión libre	Viudo	Divorciado	
Femenino	180	17	10	2	2	211
Masculino	253	25	16	0	3	297
Total	433	42	26	2	5	508

Fuente: Elaboración propia.

Análisis descriptivo de los ítems

La Tabla 2 indica las medianas y rangos intercuartílicos de los ítems en las variables, las cuales se encuentran ordenadas de manera descendente de acuerdo con la mediana. En relación con el ENKN, se observa que las variables con mayor mediana se relacionan con que las personas saben que el uso de energías fósiles son fuentes de contaminación (KNO1) y son conscientes de que reforestar arboles ayudará a refrescar la atmosfera en el futuro (KNO7), lo cual es interesantes dado que son la base para dar comienzo a iniciativas en las que se haga uso de energías renovables, tal como es la solar. En el caso de los PEBE, los encuestados reconocen que la energía solar reduce las emisiones de carbono (BEN1) y que el uso de esta reducirá el costo facturado por la electricidad consumida (BEN7), lo que es una motivación para su adopción (BEN8) y la consideran una fuente confiable (BEN4). Con relación a las ENIN, se observa que a los encuestados les gustaría consumir más energía verde y reducir el uso de electricidad tradicional (ICA2) y están dispuestos dispuesto a usar energía verde cuando se establezca el mercado.

Sin embargo, es importante observar también los valores bajos en las medianas para los ítems de cada una de las variables analizadas. Por ejemplo, en relación con el ENKN, se observa que las personas saben poco cómo las tecnologías de energía solar generan beneficios (KNO4) o que las inundaciones en islas y costas se deba al derretimiento polar (KNO8). Esto representa una area de oportunidad que indica que deben realizarse mayores esfuerzos por informar a los posibles usuarios de energía solar, ya que saben cuáles son muchos de sus beneficios, pero no saben cómo obtenerlos y ahí el rol gubernamental es vital. En relación con los PEBE, se observa que los ítems con bajas valoraciones se refieren a que no aconsejarían a sus colegas a que compren tecnología a base de energía solar para un futuro mejor (BEN9) y no considera que las tecnologías para generar energía renovable sean fáciles de usar (BEN11), lo que indica una falta de información por parte de los encuestados. Finalmente, en relación con las ENIN, se observa que los encuestados no patrocinarían o recomendarían usar servicios y acciones sostenibles a otros (ICA7) y lamentablemente, no han planeado gastar en un futuro próximo en tecnologías de generación de energía renovable (ICA4).

Tabla 2: Mediana y rango intercuartílico de los ítems.

Variables latentes	Mediana	Rango
		Intercuartílico
<i>Conocimiento ambiental (ENKN)</i>		
KNO1. Los combustibles fósiles, tales como gas y petróleo, al quemarse producen emisiones de CO ₂ en el aire	4.35	1.46
KNO7. Creo que poner más árboles para reforestar puede refrescar la atmósfera en el futuro	4.24	1.52
KNO2. Un cambio en el clima debido a las emisiones adicionales de CO ₂ en el aire se conoce como efecto invernadero.	4.19	1.59
KNO5. El consumo de combustibles fósiles contamina el medio ambiente	4.18	1.54
KNO6. Creo que el efecto invernadero no es adecuado para la atmósfera	4.13	1.57
KNO3. El clima global tal vez cambiaría si las emisiones de CO ₂ continuaran siendo emitidas al aire en una cantidad enorme como lo es en la actualidad	4.03	1.63
KNO4. Sé cómo las tecnologías de energía solar generan beneficios	4.01	1.58
KNO8. El motivo de las inundaciones masivas en islas y costas se debe al derretimiento del hielo en la región polar	4.01	1.6
<i>Beneficios percibidos (PEBE)</i>		
BEN1. El uso de fuentes de energía solar reducirá las emisiones de carbono	4.19	1.53
BEN7. Adoptar energía solar ahorrará costos de electricidad	4.15	1.55

BEN8. El ahorro de energía me motiva a adoptar tecnología para la energía solar	4.15	1.54
BEN4. El suministro de energía puede mejorarse si adoptamos fuentes de energía renovables	4.14	1.55
BEN6. El uso de energía solar mejorará la seguridad energética	3.95	1.64
BEN9. Aconsejaré a mis colegas a que compren tecnología a base de energía solar para un futuro mejor	3.93	1.61
BEN11. Creo que los aparatos con tecnologías que utilizan la energía renovable son más fáciles de usar que la tecnología anterior.	3.83	1.64
<i>Intenciones ambientales (ENIN)</i>		
ICA2. Me gustaría consumir más energía verde y reducir el uso de electricidad tradicional	4.16	1.54
ICA1. Estoy dispuesto a usar energía verde cuando se establezca el mercado	4.03	1.63
ICA3. Tengo la intención de utilizar instalaciones basadas en tecnologías para la generación de energía renovable en el futuro	3.97	1.54
ICA6. Tengo la intención de adoptar y utilizar servicios y acciones sostenibles	3.9	1.55
ICA5. Daré mis recomendaciones más energéticas a otros para que utilicen tecnologías de generación de energía renovable en sus casas	3.78	1.58
ICA7. Patrocinaría y recomendaría el uso de servicios y acciones sostenibles a otros	3.74	1.77
ICA4. He planeado gastar más en tecnologías de generación de energía renovable que en energía no renovable.	3.67	1.85

Fuente: Elaboración propia.

Validación estadística de la encuesta

De acuerdo con la metodología utilizada, se calcularon siete índices para validar las variables latentes, que se detallan en la Tabla 3, donde para cada uno de ellos se indica un valor de corte. Los índices de R-cuadrada, R-cuadrada ajustada y Q-cuadrada indicaron que las variables poseían suficiente validez predictiva, tanto en términos paramétricos como no paramétricos. Así mismo, los valores de alfa de Cronbach y la fiabilidad compuesta fueron superiores a 0.7, lo que confirma que todas las variables latentes contaban con una validez interna adecuada. También, los valores promedio de la varianza extraída demuestran suficiente validez convergente, ya que superaron el umbral de 0.5 y finalmente, los índices de inflación de la varianza indican que no existen problemas de colinealidad al interior de las variables latentes analizadas. Por lo anterior, las variables son integradas al modelo de ecuaciones estructurales.

Tabla 3: Validación de la encuesta.

Índice	ENKN	ENIN	PEBE	Mejor si
R ²		0.508	0.337	>0.02
R ² ajustada		0.506	0.336	>0.02
Fiabilidad compuesta	0.920	0.941	0.945	>0.7
Alfa de Cronbach	0.900	0.926	0.932	>0.7
Promedio de varianza extraída	0.590	0.694	0.712	>0.5
Índice de inflación de la varianza completo	1.555	1.997	2.136	<3.3
Q ²		0.508	0.338	>0

Fuente: Elaboración propia.

Modelo de ecuaciones estructurales

La Tabla 4 ilustra los seis índices de eficiencias del modelo propuesto en la Figura 1, donde para cada uno de ellos se indica un valor de corte en la última columna. Dado que los p-valores correspondientes a APC, ARS, AARS son menores a 0.05, se concluye que el modelo tiene suficiente validez predictiva. Además, los valores AVIF y AFVIF son menores a 3.3, lo que permite descartar la existencia de problemas de colinealidad entre las variables latentes. También, el índice de GoF, con un valor de 0.530, indica un ajuste adecuado de los datos al modelo, lo que respalda su interpretación. Los datos de la Tabla 4 indican que el modelo de ecuaciones estructurales puede ser interpretado.

Tabla 4: Índices de ajuste y calidad del modelo

Índice	β (p-valor)	Mejor si
Promedio de coeficiente de ruta (APC)	0.450 (p<0.001)	p<0.05
Promedio de R ² (ARS)	0.422 (p<0.001)	p<0.05
Promedio de R ² ajustada (AARS)	0.421 (p<0.001)	p<0.05
Promedio de índices de inflación de la varianza (AVIF)	1.599	<3.3
Promedio completo de índices de inflación de la varianza (AFVIF)	1.896	<3.3
Índice de ajuste de Tenenhaus (GoF)	0.530	>0.36

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se ilustra el modelo evaluado, en el que se indican los valores de β para cada una de las relaciones (hipótesis), el p-valor asociado, así como los valores de R² para las variables dependientes como medida de la varianza explicada. De acuerdo a esos p-valores, se concluye que todas las hipótesis planteadas pueden ser aceptadas.

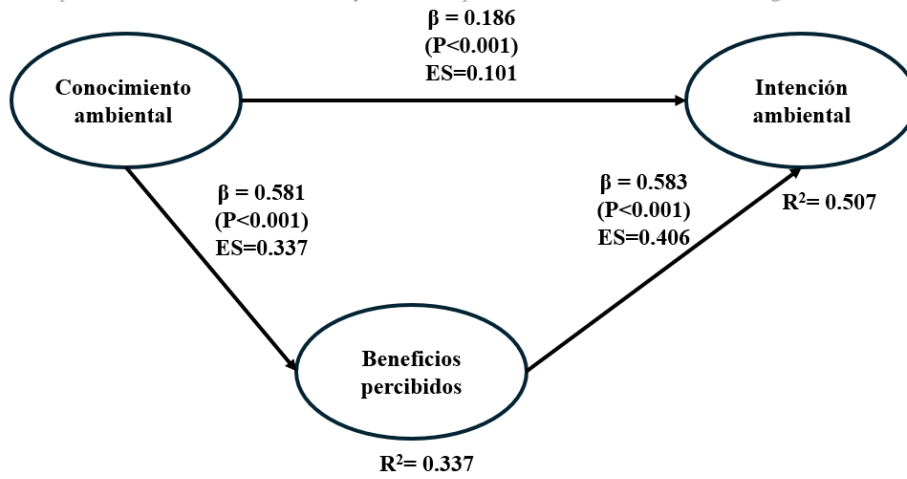


Figura 2: Modelo propuesto evaluado.
Fuente: Elaboración propia.

Efectos directos

Los efectos directos se muestran en la Figura 2 del modelo evaluado. Cada hipótesis se representa mediante flechas que conectan las variables latentes, donde para cada una se ilustra el valor estandarizado β , el p-valor asociado y el tamaño del efecto (ES). De acuerdo a los p-valores asociados, se concluye que todas las hipótesis propuestas deben ser aceptadas con hasta un 99.9 de confianza, ya que los p-valores asociados son menores a 0.001; por ejemplo, ENKN tiene un efecto directo y positivo sobre la variable ENIN, ya que $\beta=0.186$ con un $p<0.001$, lo que indica que cuando ENKN incremente su desviación estándar en una unidad, ENIN lo hará en 0.186 unidades y aunque esta relación sea la más baja del modelo, se presentan resultados que demuestran que la relación es existente y se puede trabajar sobre ella para mejorar los resultados que se han obtenido hasta este momento. La Tabla 5 ilustra un resumen de esa información y la conclusión obtenida.

Tabla 5: Efectos directos (validación de hipótesis).

Hipótesis	Relación	β (p-valor)/ES	Conclusión
H ₁	ENKN→PEBE	$\beta=0.581$ (p<0.001)/ES=0.337	Aceptar
H ₂	ENKN→ENIN	$\beta=0.186$ (p<0.001)/ES=0.101	Aceptar
H ₃	PEBE→ENIN	$\beta=0.583$ (p<0.001)/ES=0.406	Aceptar

Fuente: Elaboración propia.

Efectos indirectos y efectos totales

En el modelo de ecuaciones estructurales se identificó un efecto indirecto significativo entre el conocimiento ambiental (ENKN) y la intención de adopción (ENIN), mediado por los beneficios percibidos (PEBE). Este efecto indirecto tiene un coeficiente $\beta=0.339$, con un valor $p<0.001$ y un error estándar (ES)= 0.184, lo que confirma su relevancia estadística.

Este hallazgo indica que el conocimiento ambiental, por sí solo, no es el único motor que impulsa la intención de adopción de tecnologías solares. Más bien, si influencia se potencia significativamente cuando las personas también perciben claramente los beneficios de estas tecnologías. En concreto, aunque el efecto directo ENKN sobre ENIN es positivo pero moderado ($\beta=0.186$), el efecto indirecto a través de PEBE ($\beta=0.339$), es notablemente mayor, lo que implica que el conocimiento ambiental incrementa la intención de adopción en mayor medida cuando se traduce en una comprensión real de los beneficios que la energía solar puede aportar, por ejemplo, ahorro económico, independencia energética y reducción de emisiones contaminantes. En términos prácticos, este resultado resalta la importancia de acompañar la educación ambiental con estrategias de comunicación que destaquen beneficios tangibles y fortalezcan la intención de adopción en la población. Además, este efecto indirecto evidencia que el 18.4% adicional de variabilidad en ENIN puede explicarse cuando se considera esta mediación, superando el 10.1% explicado únicamente por el efecto directo. Esto refuerza la necesidad de programas integrales que no solo informen, sino que conecten ese conocimiento con beneficios concretos.

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos para los efectos totales (suma aritmética de los efectos directos e indirectos), donde todos tienen un $p<0.001$ y significa que todos son estadísticamente significativos. Por ejemplo, Los resultados indican que el ENKN sobre energías renovables tiene un efecto total significativo de $\beta=0.525$ sobre la intención de comportamiento hacia la inversión en energías renovables (ENIN). Lo anterior indica que las personas con conocimiento sobre las energías renovables son más propensas a invertir en ellas.

Tabla 6: Efectos totales.

A	De	
	ENKN	PEBE
ENIN	$\beta=0.525$ (p<0.001) ES=0.285	$\beta=0.583$ (p<0.001) ES=0.406
PEBE	$\beta=0.581$ (p<0.001) ES=0.337	

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de sensibilidad

La Tabla 7 indica el análisis de sensibilidad realizado para los variables en el SEM de la Figura 2. En este caso, el símbolo “+” indica un nivel alto en la variable y “-” un nivel bajo; por ejemplo, ENIN+ indica un nivel alto en las Intenciones de ambientales de adquirir tecnología de energía solar, mientras que PEBE- indica un nivel bajo en los Beneficios percibidos. El resultado indica para cada nivel la probabilidad de que ocurran en sus niveles altos o bajos en un escenario independiente o aislado, el símbolo “&” indica la probabilidad de que las variables ocurran de manera simultánea en una combinación de niveles de las variables y “IF” representa la probabilidad condicional de que ocurra la variable independiente, dado que ha ocurrido la variable dependiente.

Por ejemplo, la probabilidad de encontrar ENIN+ de manera independiente es de 0.184, pero la probabilidad de que se encuentre ENKN- es de 0.141. Así mismo, la probabilidad de que ocurra ENIN+ de manera conjunta con ENKN+ es de 0.070, pero la probabilidad de que ocurra ENIN+ dado que ha ocurrido ENKN+ es de 0.462, lo que indica una fuerte sensibilidad, ya que a medida que crece el conocimiento positivo, la intención positiva de comportamiento hacia energías renovables aumenta considerablemente. Una interpretación similar es realizada para las demás variables y una discusión más profunda se realiza en la discusión de los resultados.

Tabla 7: análisis de sensibilidad

A		De			
		ENKN+	ENKN-	PEBE+	PEBE-
		0.153	0.141	0.168	0.162
PEBE+	0.168	&=0.063 IF=0.410	&=0.006 IF=0.042		
PEBE-	0.162	&=0.006 IF=0.038	&=0.076 IF=0.542		
ENIN+	0.184	&=0.070 IF=0.462	&=0.006 IF=0.038	&=0.100 IF=0.593	&=0.006 IF=0.036
ENIN-	0.114	&=0.012 IF=0.083	&=0.061 IF=0.431	&=0.02 IF=0.012	&=0.072 IF=0.442

Fuente: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

Del análisis univariante realizado sobre las variables analizadas, se concluye que el conocimiento ambiental es un factor clave para promover el uso de energías renovables, en particular la energía solar. Los encuestados reconocen que el uso de combustibles fósiles contribuye significativamente a la contaminación ambiental y, por lo tanto, están dispuestos a invertir en tecnologías limpias. Sin embargo, existe una gran oportunidad para los gobiernos y los promotores de la energía solar, ya que muchos ciudadanos desconocen cómo obtener beneficios concretos de estas tecnologías. Si no se perciben claramente las ventajas, estas inversiones pueden considerarse un gasto innecesario.

En cuanto a los beneficios percibidos, se observa que, si bien los encuestados reconocen su impacto ambiental positivo -como la reducción de emisiones contaminantes—, la falta de conocimiento técnico y la desconfianza en estas tecnologías les dificulta recomendar su uso. Esta situación puede deberse a que las tecnologías solares se consideran caras, complejas y de alto riesgo. A pesar de ello, existe un deseo latente de adopción, que podría consolidarse a medida que el mercado se regule más y se generen condiciones más favorables.

Por lo tanto, se concluye que los gobiernos deben asumir un papel activo y estratégico no solo en la educación y concienciación ambiental, sino también en la regulación y promoción de incentivos financieros. Entre las medidas recomendadas se incluyen campañas de educación formal e informal, programas de financiamiento accesibles, subsidios dirigidos a usuarios residenciales e industriales, y la actualización de los marcos regulatorios que brinden certeza y estabilidad al uso de energías renovables.

El modelo de ecuaciones estructurales (Figura 2) confirma que el conocimiento ambiental tiene un efecto directo y positivo en los beneficios percibidos ($\beta = 0,581$), lo que valida la hipótesis H1. Esto indica que un mayor conocimiento ambiental implica una mayor capacidad de las personas para comprender y valorar los beneficios asociados a la energía solar. Por lo tanto, las campañas educativas deben diseñarse para traducir la información técnica en beneficios prácticos y comprensibles para el público en general. Asimismo, se valida que el conocimiento ambiental tiene un impacto directo en las intenciones ambientales ($\beta = 0,186$, H2), aunque menor que otras relaciones del modelo. Esto implica que las personas con mayor conocimiento ambiental están más dispuestas a adoptar tecnologías solares, aunque este conocimiento por sí solo no garantiza la acción.

Finalmente, la percepción de beneficios tiene un efecto directo y significativo en las intenciones ambientales ($\beta = 0,583$, H4). Es decir, quienes identifican claramente los beneficios personales, económicos o ambientales de adoptar la energía solar están significativamente más dispuestos a invertir en ella. En conjunto, estos hallazgos implican que los programas gubernamentales deben articular la educación ambiental con incentivos tangibles y regulaciones claras, fortaleciendo así tanto la percepción de beneficios como la intención de adopción. Solo con este enfoque integral será posible avanzar eficazmente hacia una transición energética sostenible.

VI. RECOMENTADIONES

Basados en los resultados del estudio, se proponen las siguientes recomendaciones específicas para los entes gubernamentales:

- Campañas de educación gubernamental: Dado que el conocimiento sobre las energías renovables influye significativamente en la intención de adoptarlas, el gobierno debe diseñar e implementar campañas masivas de educación ambiental. Estas deben estar dirigidas a diversos segmentos de la población con contenido adaptado a distintos niveles educativos y difundido a través de medios digitales, escolares, comunitarios y empresariales. El objetivo es aumentar la conciencia sobre los beneficios concretos, tanto ambientales como económicos, de adoptar tecnologías limpias como la energía solar.

- Incentivos económicos focalizados: Se recomienda que los gobiernos establezcan programas de incentivos fiscales claros y accesibles para personas físicas y empresas, que adopten tecnologías de energías renovables. Estos incentivos podrían incluir deducciones en el ISR, subsidios directos a la adquisición de equipos, y facilidades de crédito con tasas preferenciales a través de la banca de desarrollo.
- Fortalecimiento de programas existentes: Es importante que el gobierno federal y estatal refuercen y le den seguimiento efectivo a instrumentos como los Certificados de Energía Limpia (CELs), el Fondo para la Transición Energética, PRODESEN, y el programa de generación distribuida. Estos programas suelen ser más accesibles para los usuarios finales y contar con estrategias de difusión más efectivas para incrementar su uso por parte de las pequeñas y medianas empresas.

VII. AGRADECIMIENTO O FINANCIAMIENTO

Los investigadores agradecen a los estudiantes que han respondido nuestro cuestionario online, sabemos de las amplias ocupaciones con sus cargas académicas y aun así encontraron un espacio de tiempo para ello, lo que nos permitió generar este estudio. De la misma manera, se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología de México, organismo que ha otorgado una beca a Ingrid Iovana Burgos Espinoza para realizar su Doctorado.

VIII. REFERENCIAS

- [1] L. Y. Lin, K. T. Jing, C. T. Qing, and H. C. Yee, "Sustainable Development in Renewable Energy: Solar Energy Application in Malaysia," (in English), *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, Article vol. 43, no. 1, pp. 1-16, 2025, doi: [10.37934/araset.43.1.116](https://doi.org/10.37934/araset.43.1.116).
- [2] D. Frutos-Bencze, K. Avdiu, and S. Unger, "The effect of trade and monetary policy indicators on the development of renewable energy in Latin America," *critical perspectives on international business*, vol. 16, no. 4, pp. 337-359, 2020, doi: [10.1108/cpoib-04-2018-0037](https://doi.org/10.1108/cpoib-04-2018-0037).
- [3] R. Seminario-Córdova, "Latin America Towards Sustainability Through Renewable Energies: A Systematic Review," *Energies*, vol. 16, no. 21, p. 7422, 2023, doi: [10.3390/en16217422](https://doi.org/10.3390/en16217422).
- [4] J. L. García and V. Larco, "Review and Resource Assessment, Solar Energy in Different Region in Ecuador," *E3s Web of Conferences*, vol. 80, p. 01003, 2019, doi: [10.1051/e3sconf/20198001003](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198001003).
- [5] J. Moreno, J. P. Medina, and R. Palma-Behnke, "Latin America's Renewable Energy Impact: Climate Change and Global Economic Consequences," *Energies*, vol. 17, no. 1, p. 179, 2023, doi: [10.3390/en17010179](https://doi.org/10.3390/en17010179).
- [6] S. H. Martínez et al., "Possible Energy Futures for Brazil and Latin America in Conservative and Stringent Mitigation Pathways Up to 2050," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 98, pp. 186-210, 2015, doi: [10.1016/j.techfore.2015.05.006](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.05.006).
- [7] A. López-González, B. Domenech, and L. Ferrer-Martí, "Sustainability and Design Assessment of Rural Hybrid Microgrids in Venezuela," *Energy*, vol. 159, pp. 229-242, 2018, doi: [10.1016/j.energy.2018.06.165](https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.165).
- [8] P. E. Escamilla-García, E. Fernández-Rodríguez, M. E. Jiménez-Castañeda, C. O. Jiménez-González, and J. A. Morales-Castro, "A Review of the Progress and Potential of Energy Generation From Renewable Sources in Latin America," *Latin American Research Review*, vol. 58, no. 2, pp. 383-402, 2023, doi: [10.1017/lar.2023.15](https://doi.org/10.1017/lar.2023.15).
- [9] P. Reyes-Mercado and R. Rajagopal, "Adoption of Renewable Energy Technologies in Mexico," *International Journal of Energy Sector Management*, vol. 11, no. 4, pp. 626-649, 2017, doi: [10.1108/ijesm-02-2017-0001](https://doi.org/10.1108/ijesm-02-2017-0001).
- [10] A. Ebers Broughel, "On the ground in sunny Mexico: A case study of consumer perceptions and willingness to pay for solar-powered devices," *World Development Perspectives*, vol. 15, p. 100130, 2019/09/01/ 2019, doi: [10.1016/j.wdp.2019.100130](https://doi.org/10.1016/j.wdp.2019.100130).
- [11] D. Sotelo-Medina, J. I. León-Balderrama, and R. E. Cabanillas-López, "Hurdles to the adoption of solar energy technologies in the Comcaac nation, Desemboque, Sonora, México, a case study," *Journal-urban-rural and regional economy*, vol. 6, no. 11, pp. 15-22, 2022, doi: [10.35429/jurre.2022.11.6.15.22](https://doi.org/10.35429/jurre.2022.11.6.15.22).
- [12] L. Player, P. H. P. Hanel, L. Whitmarsh, and P. Shah, "The 19-Item Environmental Knowledge Test (EKT-19): A short, psychometrically robust measure of environmental knowledge," *Heliyon*, vol. 9, no. 8, p. e17862, 2023/08/01/ 2023, doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e17862](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17862).
- [13] W. P. Wall, B. Khalid, M. Urbański, and M. Kot, "Factors Influencing Consumer's Adoption of Renewable Energy," *Energies*, vol. 14, no. 17, doi: [10.3390/en14175420](https://doi.org/10.3390/en14175420).
- [14] H. V. Tran, A. V. Tran, N. Q. Ai Ho, and D. N. Pham, "Factors Influencing the Decision to Use Rooftop Solar Power Systems in Vietnam," *Journal of Infrastructure Policy and Development*, vol. 8, no. 6, p. 4631, 2024, doi: [10.24294/jipd.v8i6.4631](https://doi.org/10.24294/jipd.v8i6.4631).
- [15] M. A. Gulzar, H. Asghar, J. Hwang, and W. Hassan, "China's Pathway Towards Solar Energy Utilization: Transition to a Low-Carbon Economy," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 12, p. 4221, 2020, doi: [10.3390/ijerph17124221](https://doi.org/10.3390/ijerph17124221).
- [16] I. Waris, I. Hameed, and R. Ali, "Predicting Household Sign Up for Solar Energy: An Empirical Study Based on the Extended Theory of Planned Behavior," *International Journal of Energy Sector Management*, vol. 17, no. 3, pp. 455-473, 2022, doi: [10.1108/ijesm-06-2021-0010](https://doi.org/10.1108/ijesm-06-2021-0010).
- [17] M. M. Hasan Emon, "Unveiling the Progression Towards Solar Power Adoption: A Comprehensive Analysis of Understanding, Awareness, and Acceptance of Solar Technology in Bangladesh," *Economic Growth and Environment Sustainability*, vol. 2, no. 2, pp. 105-111, 2023, doi: [10.26480/egnes.02.2023.105.111](https://doi.org/10.26480/egnes.02.2023.105.111).
- [18] K. Siler-Evans, I. L. Azevedo, M. G. Morgan, and J. Apt, "Regional Variations in the Health, Environmental, and Climate Benefits of Wind and Solar Generation," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, no. 29, pp. 11768-11773, 2013, doi: [10.1073/pnas.1221978110](https://doi.org/10.1073/pnas.1221978110).
- [19] C. Chen, X. Xu, and S. H. Frey, "Who Wants Solar Water Heaters and Alternative Fuel Vehicles? Assessing Social-psychological Predictors of Adoption Intention and Policy Support in China," *Energy Research & Social Science*, vol. 15, pp. 1-11, 2016, doi: [10.1016/j.erss.2016.02.006](https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.02.006).
- [20] I. I. Burgos Espinoza, J. L. García Alcaraz, A. J. Gil López, Y. Aryanfar, and A. Keçebaş, "Achieving behavioral intention to renewable energy through perceived costs and benefits and environmental concern," (in English), *Sustainable Futures*, Article vol. 8, 2024, Art no. 100319, doi: [10.1016/j.sfr.2024.100319](https://doi.org/10.1016/j.sfr.2024.100319).

- [21] M. H. Asif, Z. Tan, A. Borjali, M. Irfan, A. Razzaq, and W. Ameer, "Influencing Factors of Consumers' Buying Intention of Solar Energy: A Structural Equation Modeling Approach," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 11, pp. 30017-30032, 2022, doi: [10.1007/s11356-022-24286-w](https://doi.org/10.1007/s11356-022-24286-w).
- [22] H. J. El-Khozondar and F. El-batta, "Solar Energy Implementation at the Household Level: Gaza Strip Case Study," *Energy Sustainability and Society*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: [10.1186/s13705-022-00343-7](https://doi.org/10.1186/s13705-022-00343-7).
- [23] L. Ma, P. Shahbaz, S. u. Haq, and I. Boz, "Exploring the Moderating Role of Environmental Education in Promoting a Clean Environment," *Sustainability*, vol. 15, no. 10, p. 8127, 2023, doi: [10.3390/su15108127](https://doi.org/10.3390/su15108127).
- [24] T. D. Vu, H. V. Nguyen, and T. M. N. Nguyen, "Extend theory of planned behaviour model to explain rooftop solar energy adoption in emerging market. Moderating mechanism of personal innovativeness," *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 9, no. 2, p. 100078, 2023/06/01/ 2023, doi: [10.1016/j.joitmc.2023.100078](https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100078).
- [25] A. Maqsoom, M. Hammad, M. Umer, A. Salman, and H. Ashraf, "From intentions to actions: unveiling the socio-psychological drivers of solar home system adoption in developing nations," *Architectural Engineering and Design Management*, pp. 1-18, 2024, doi: [10.1080/17452007.2024.2316658](https://doi.org/10.1080/17452007.2024.2316658).
- [26] I. I. Burgos-Espinoza, J. L. García-Alcaraz, A. J. Gil-López, and J. R. Díaz-Reza, "Effect of environmental knowledge on pro-environmental attitudes and behaviors: a comparative analysis between engineering students and professionals in Ciudad Juárez (Mexico)," (in English), *J. Environ. Stud. Sci.*, Article 2024, doi: [10.1007/s13412-024-00991-5](https://doi.org/10.1007/s13412-024-00991-5).
- [27] P. C. Sun, H.-M. Wang, H.-L. Huang, and C.-W. Ho, "Consumer Attitude and Purchase Intention Toward Rooftop Photovoltaic Installation: The Roles of Personal Trait, Psychological Benefit, and Government Incentives," *Energy & Environment*, vol. 31, no. 1, pp. 21-39, 2018, doi: [10.1177/0958305x17754278](https://doi.org/10.1177/0958305x17754278).
- [28] H.-L. Huang and L. K. Cheng, "Predicting Intention of Residential Solar Installation: The Role of Ecological Lifestyle, Consumer Innovativeness, Perceived Benefit, Government Incentives, and Solar Product Knowledge," *Energy & Environment*, vol. 34, no. 6, pp. 1826-1843, 2022, doi: [10.1177/0958305x221100525](https://doi.org/10.1177/0958305x221100525).
- [29] J. Jeong and G. S. Maddala, "Testing the Rationality of Survey Data Using the Weighted Double-Bootstrapped Method of Moments," *The Review of Economics and Statistics*, vol. 78, no. 2, pp. 296-302, 1996, doi: [10.2307/2109931](https://doi.org/10.2307/2109931).
- [30] G. Kisokanth, S. Prathapan, J. Indrakumar, and I. Ilankoon, "Validation of educational material for diabetes self-management education: Judgemental and criterion validity," *Biomedical Research (0970-938X)*, Article vol. 29, no. 11, pp. 2290-2295, 2018, doi: [10.4066/biomedicalresearch.41-17-3601](https://doi.org/10.4066/biomedicalresearch.41-17-3601).
- [31] P. Vonglao, "Application of fuzzy logic to improve the Likert scale to measure latent variables," *Kasetsart Journal of Social Sciences*, vol. 38, no. 3, pp. 337-344, 2017/09/01/ 2017, doi: [10.1016/j.kjss.2017.01.002](https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.01.002).
- [32] J. I. E. Hoffman, "Chapter 9 - Outliers and Extreme Values," in *Basic Biostatistics for Medical and Biomedical Practitioners*, J. I. E. Hoffman Ed., 2 edition ed. Boston, MA, USA: Academic Press, 2019, pp. 149-155.
- [33] N. Kock, *WarpPLS User Manual: Version 7.0*. Laredo, TX, USA: ScriptWarp Systems, 2021, p. 142.
- [34] J. L. García Alcaraz, F. A. Martínez Hernández, J. E. Olgún Tiznado, A. Realyvásquez Vargas, E. Jiménez Macías, and C. Javierre Lardies, "Effect of Quality Lean Manufacturing Tools on Commercial Benefits Gained by Mexican Maquiladoras," *Mathematics*, vol. 9, no. 9, p. 971, 2021, doi: [10.3390/math9090971](https://doi.org/10.3390/math9090971).
- [35] J. Hair, R. Hult, C. Ringle, and M. Sarstedt, *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling*, Second ed. Newcastle upon Tyne, England, United Kingdom: Sage, 2016.