

Calentadores solares de agua para viviendas vulnerables en Guanajuato: ¿estrategia socioambiental?

Solar water heaters for vulnerable housing in Guanajuato: socioenvironmental strategy?

DANIEL TAGLE ZAMORA
LORENA DEL CARMEN ÁLVAREZ CASTAÑÓN

Universidad de Guanajuato

Recibido: 3 de octubre de 2018. Aceptado: 5 de diciembre de 2018.

RESUMEN

El rezago social y el cambio climático han acelerado la incorporación de nuevas prácticas sociotécnicas orientadas al alivio de las carencias sociales; asimismo, las tecnologías ecológicas (ecotecnias) han ofrecido múltiples opciones para incrementar el bienestar social con empatía ambiental. Específicamente, los calentadores solares de agua han mostrado la cualidad de incorporarse con facilidad a la dinámica social por la poca atención que demandan, su impacto ambiental positivo y los beneficios socioeconómicos que otorgan. El objetivo central de este trabajo es analizar la pertinencia social, económica y ambiental de los calentadores solares de agua en viviendas vulnerables del estado de Guanajuato, México. Mediante una estrategia cuantitativa se estudian los 46 municipios del estado, y mediante una aproximación cualitativa a los municipios de Pénjamo, Comonfort, Apaseo el Alto, Tierra Blanca y San Felipe se muestran los aportes socioambientales y económicos de este tipo de ecotecnias. El principal hallazgo es la alta relevancia que presentan los calentadores solares para su incorporación universal en viviendas como mecanismo para enfrentar retos propios de la sostenibilidad en municipios en desventaja social.

Palabras clave: viviendas vulnerables, vivienda sustentable, ecotecnia, calentadores solares de agua

ABSTRACT

Social backwardness and climate change are accelerating the incorporation of new social practices oriented towards socio-environmental relief; moreover, green technologies offer multiple options to improve the social welfare with environmental empathy. In this sense, solar heaters have shown the ability to be incorporated easily into social dynamics, as they demand little attention and provide various social, economic and environmental benefits. The main aim of this paper is to analyse the relevance of solar heaters in vulnerable homes in the state of Guanajuato, Mexico. Through qualitative analysis in the municipalities of Pénjamo, Comonfort, Apaseo el Alto, Tierra Blanca and San Felipe, and quantitative analysis in 46 municipalities, the social, the environmental and the economic contributions of the device are shown. The main finding is the highly significant relevance of solar heaters for their universal incorporation into vulnerable dwellings as a mechanism to face the challenges of sustainability in socially disadvantaged municipalities.

Keywords: vulnerable housing, sustainable dwelling, ecotechnology, solar heaters of water

INTRODUCCIÓN

Los calentadores solares de agua (CSA) son una tecnología ecológica que, por medio de la radiación solar, eleva la temperatura del agua. México es privilegiado por su potencial de radiación solar. En este sentido, es relevante entender el fondo sociotécnico de las ecotecnias; estas han sido desarrolladas con el objetivo de armonizar la relación entre el medioambiente, la sociedad y la economía para lograr el bienestar de los usuarios, sobre todo aquellos en condiciones de vulnerabilidad (Ortiz, Masera y Fuentes, 2014). Romero (2012) defiende que ellas son capaces de lograr el equilibrio medioambiental, y las define como *amigables*. Diversas organizaciones ambientalistas y ONG han evidenciado que el uso de las ecotecnias genera cambios en la cultura ambiental de las comunidades que se apropian de ellas, por los múltiples beneficios que tales dispositivos proporcionan (IMTA, 2012). El CSA ha reportado beneficios en su uso y apropiación social en el ámbito productivo y doméstico. El calentamiento de agua consume el 50% de la energía que se utiliza en un hogar (SEMARNAT, 2017). Asimismo, los CSA reportan beneficios multidimensionales cuando se utilizan en comunidades rurales, ya que, además del uso doméstico, se utilizan en procesos productivos; por ejemplo, para calentar agua útil en el lavado del equipo de ordeña, lo que mejora la calidad sanitaria de la leche y reduce el gasto de gas metano (Luna, González y Ramírez, 2012).

El objetivo central del trabajo es analizar la pertinencia social, económica y ambiental de los CSA en viviendas vulnerables del estado de Guanajuato, debido a la amplia difusión e implementación que se ha dado desde los numerosos programas sociales de las diversas dependencias del gobierno en el estado de Guanajuato y de ONG participantes transfiriendo CSA en las viviendas desde 2013. Mediante un análisis de corte cualitativo y cuantitativo se muestran los aportes socioambientales y económicos de este tipo de ecotecnias, tanto de las unidades domésticas como en el colectivo a escala estatal. La región de

estudio está integrada por cinco municipios del estado de Guanajuato: Apaseo el Alto, Comonfort, Pénjamo, San Felipe y Tierra Blanca, donde se han transferido CSA mediante estrategias de la política social.

El documento se estructura en cuatro apartados. Primero se presentan los aspectos metodológicos de la investigación, detallando dos fases, una cuantitativa y una cualitativa, como parte de la propia naturaleza de la ecotecnia. Posteriormente se proporciona el marco analítico en el que arraigan los CSA, respecto de la transferencia tecnológica y la adopción social de estos CSA en las viviendas vulnerables. El tercer apartado presenta el desarrollo de la investigación, que consiste en un panorama estadístico de los CSA en el estado de Guanajuato, un análisis cuantitativo que cubre la parte económica y ambiental de estas ecotecnias, y un análisis social a partir de los beneficios tangibles e intangibles percibidos por los beneficiarios de las ecotecnias. Finalmente, la cuarta sección proporciona las conclusiones respectivas.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

La valoración de los calentadores solares de agua (CSA) exige un abordaje multicriterio, por las propias características de la ecotecnia. Los CSA a que refiere esta investigación son artefactos que mediante el aprovechamiento de la radiación solar, permiten elevar la temperatura del agua; se componen de un colector, que concentra la energía solar sobre el agua, y un depósito, que almacena el agua caliente para su posterior distribución dentro de la vivienda. Los usos del CSA son variados en función de la región y el contexto cultural donde se apliquen (figura 1). Por tanto, fue necesaria una aproximación metodológica por fases, una cuantitativa, para aproximarse a la valoración económica y ambiental de la ecotecnia, y otra cualitativa, para incorporar variables sobre las aplicaciones y los beneficios tangibles e intangibles de los CSA registrados por los usuarios en cinco municipios del estado de Guanajuato:

Apaseo el Alto, Comonfort, Pénjamo, San Felipe y Tierra Blanca.

FIGURA 1. Fotografía de un calentador solar de agua en el municipio de Pénjamo, Guanajuato.



Fuente: Imagen propia tomada en trabajo de campo en el municipio de Pénjamo, Guanajuato, 2017.

FASE CUANTITATIVA

Se generaron indicadores económicos y ambientales de vivienda en el estado de Guanajuato para valorar la aportación de los CSA, económica y ambiental. En el componente económico se construyó el indicador “ahorro monetario anual en viviendas con CSA en municipios de Guanajuato, México”,¹ elaborado con información de la encuesta intercensal del INEGI (2015); se consideró el indicador “Porcentaje de viviendas que disponen de calentador solar de agua” del rubro “Hogares, Vivienda y Urbanización”. Se calculó el número de viviendas por municipio, según el dato proporcional que registra la misma fuente, y se multiplicó por el valor monetario de ahorro mensual que proporcionó el “Simulador de hipoteca verde”, del INFONAVIT, para el uso del CSA (Acosta y Aguilar, 2018). En el componente ambiental se consideraron las emisiones evitadas de GEI por cada CSA y se calculó la proyección anual

1. *Ahorro monetario anual en viviendas con CSA en los municipios de Guanajuato* = [(número de viviendas por municipio con CSA) * (Ahorro económico mensual por uso de CSA del simulador de vivienda verde del INFONAVIT)] * Doce meses. En el agregado total para el estado de Guanajuato se suma el monto anual por cada uno de los 46 municipios del estado.

de las emisiones GEI evitadas y de la rentabilidad ambiental por el uso del CSA, en cada municipio del estado.²

FASE CUALITATIVA

Se identificaron los usos y aplicaciones de los CSA, así como los beneficios percibidos por los usuarios para valorar su aportación social, mediante herramientas de recolección como la entrevista y los grupos focales en personas beneficiadas de los distintos programas que promueven ecotecnias. Las entrevistas se realizaron a usuarios de ecotecnias en comunidades rurales de los municipios de Pénjamo, Apaseo el Alto, Comonfort, Tierra Blanca y San Felipe, del estado de Guanajuato, durante 2017. Esto permitió captar el significado de diferentes artefactos ecotecnológicos, a través de hábitos y prácticas. Este instrumento abordó tres planos del objeto de estudio:

- lo que las personas (usuarios) dicen que son los CSA,
- lo que las personas (usuarios) dicen sobre para que sirven (usos) los CSA,
- lo que las personas (usuarios) dicen sobre los beneficios de los CSA.

En el trabajo con los grupos focales se empleó un instrumento para identificar la percepción-reacción respecto de las distintas aplicaciones que los usuarios hacen de los CSA; cada municipio representa características físicas y bióticas propias de cada una de las cinco regiones en que se divide el estado; además, concentran el foco de atención de los diversos programas gubernamentales que incorporan ecotecnias en el estado de Guanajuato.

2. A) *Emisiones GEI evitadas con CSA a diez años* = [(número de viviendas por municipio con CSA) * (10,5 de toneladas de CO₂)].
B) *Rentabilidad ambiental por uso de CSA* = [(Emisiones GEI evitadas anualmente) * (rentabilidad ambiental promedio por CSA de 571.43 pesos por tonelada de CO₂eq)].

MARCO ANALÍTICO

En términos generales, las ecotecnias son esfuerzos sociales prácticos que intentan mejorar las capacidades de aprovechamiento y de producción de los recursos naturales empleados en la relación de la vivienda con su medioambiente, y dan espacio para plantear nuevos procesos de racionalidad del tipo más ambiental que económico (Leff, 2002). Entre las ecotecnias más reconocidas se encuentran los calentadores solares, los captadores de agua de lluvia, los paneles fotovoltaicos, los baños secos o con biodigestor, las estufas solares o ahorradoras de leña, los huertos de traspatio, y los focos ahorradores, entre otros. Estos artefactos tienen virtudes de carácter multidimensional, ya que favorecen de manera directa e indirecta componentes económicos, sociales y ambientales (Tagle, Ramírez y Caldera, 2017).

Según Ortiz *et al.*, (2014), las ecotecnias pueden aplicarse en varias dimensiones con beneficios sociales y técnicos; sin embargo, la transferencia de las tecnologías ecológicas requiere de un apoyo sostenido del Estado, a través de las instituciones de bienestar social, de las Universidades y Centros de Investigación para garantizar la adopción social de dicha tecnología. Del modelo de transferencia tecnológica hacia las comunidades depende que estas las normalicen en sus prácticas y hábitos cotidianos (Álvarez, Tagle y Romero, 2018); es decir, la transferencia de ecotecnologías debe responder a las particularidades de la zona de intervención, a través de diagnósticos (socioeconómicos), distribución de información, capacitación a la población y seguimiento, lo cual se logrará por medio de una perspectiva de género y de educación ambiental.

El reto fundamental de las ecotecnias es consolidar la adopción social en las comunidades hacia donde se transfieren. La apropiación física no implica su uso, mantenimiento y sostén; se requiere una nueva dinámica social derivada de la relación artefacto-sociedad que culmine con su uso cotidiano y que encamine procesos de transformaciones sociales con mejoras en las condiciones de vida en la vivienda.

En los procesos de transferencia de tecnología se considera que la meta final es que el destinatario se “apropie” del producto o servicio, pero ello no asegura la incorporación a su patrón cultural que sustente su aprobación y uso correcto; es decir, se puede ser propietario de la tecnología o se tiene derecho al servicio como usuario, pero ello no implica la aceptación ni haber adquirido la conciencia, habilidad y responsabilidad de conservar y mantener el producto o servicio por parte de los beneficiarios para que puedan disponer de agua y saneamiento. Por ello es necesario transitar de la apropiación de tecnologías a la adopción social de las tecnologías. En forma esquemática, habría que cambiar el paradigma de tener-recibir-poseer al paradigma de haber-saber-conservar. En otras palabras, habría que abandonar la relación paternalista autoritaria y transitar hacia una relación de corresponsabilidad y cooperación entre el Estado y los ciudadanos (Martínez, 2013, p. 47).

A diferencia de otro tipo de ecotecnias, los CSA gozan de una gran aceptación debido a su sencillo uso y su fácil mantenimiento (Álvarez y Tagle, 2019). El tiempo y los requerimientos del artefacto para su manejo y mantenimiento son mínimos, frente a sus múltiples beneficios dentro de la vivienda, lo cual lo hace tener una amplia difusión dentro del mundo ecotecnológico (Pineda, Pérez y González, 2018).

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

LOS CALENTADORES SOLARES DE AGUA EN GUANAJUATO

En la encuesta intermedia 2015 de INEGI se incorporan dos nuevos componentes relacionados con las ecotecnologías para el indicador “Hogares, Vivienda y Urbanización”: el “Porcentaje de viviendas que disponen de calentador solar de agua” y el “Porcentaje de viviendas que disponen de panel solar para tener electricidad”. A escala nacional, Guanajuato ocupa el quinto lugar en proporción de viviendas con CSA; Aguascalientes es el líder nacional, con el 16.1%, mientras los

estados de Tabasco y Chiapas son los más rezagados en este ámbito, con el 0.3% de presencia de CSA en las viviendas (figura 2).

Las estadísticas respectivas muestran que, de 1,443,035 viviendas particulares habitadas en Guanajuato, el 7.1% cuenta con un CSA, por lo menos cien litros de agua; esto se traduce en más de cien mil viviendas equipadas con esta ecotecnía, y más de cuatrocientas mil personas involucradas en la gestión ecotecnológica. En el caso de los paneles fotovoltaicos, el porcentaje se reduce significativamente a 0.6%; es decir, apenas 8,658 viviendas y 35,497 personas en el estado.

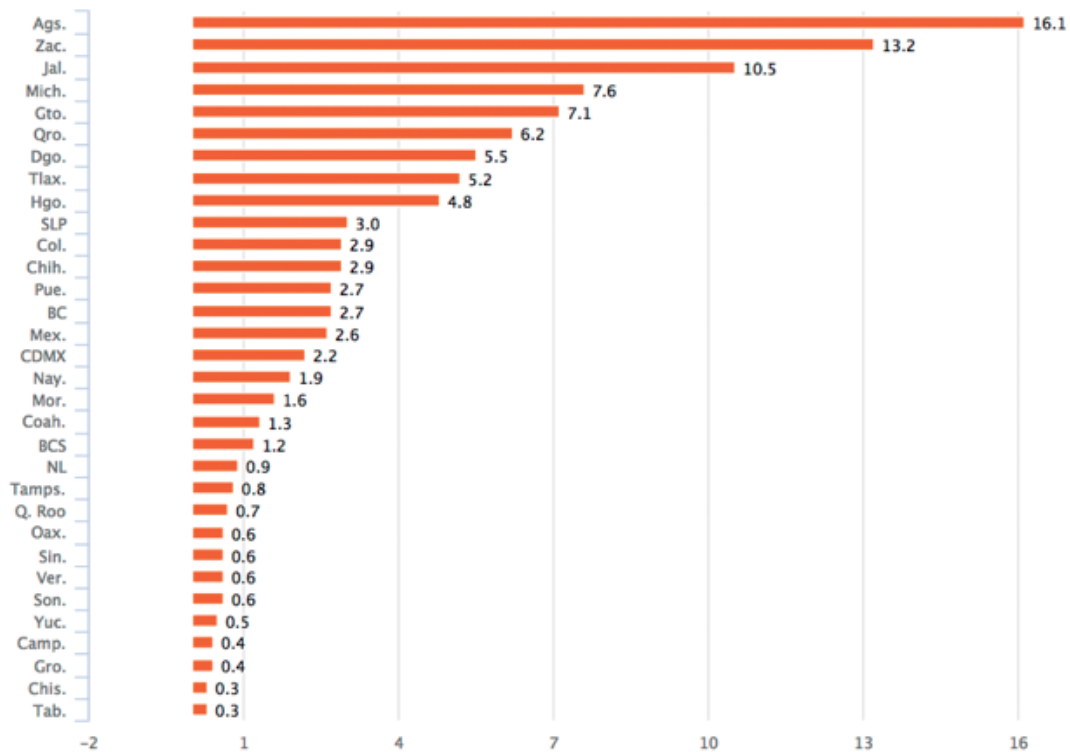
La experiencia ecotecnológica en Guanajuato se identifica desde hace más de cinco décadas; la presencia de baños secos, captadores de agua de lluvia y huertos de traspatio ha sido una constante para la sociedad guanajuatense (Tagle *et al.*, 2017), lo que ha motivado el desarrollo de un componente cultural ecotecnológico en especial en las zonas rurales. El conocimiento y las experiencias a partir de las múltiples necesidades

han permitido la apropiación y el sostén de ecotecnias, facilitando recientemente la incorporación de ecotecnias más sofisticadas como son los calentadores solares y los paneles fotovoltaicos.

El fenómeno creciente de presencia de ecotecnias en el estado es evidente, en su mayoría las promueven las diferentes dependencias de gobierno.³ El objetivo de estos instrumentos de política es aliviar los múltiples indicadores sociales, económicos y ambientales que padece Guanajuato, en especial en zonas rurales. No obstante, existen fuertes limitaciones del proceso de transferencia desde los distintos programas que incorporan ecotecnias; se han identificado casos de resistencia y rechazo por parte de los

3. Secretaría de Desarrollo Social y Humano, Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural, Instituto de Ecología del Estado, Comisión Estatal del Agua y Secretaría de Salud son las principales instituciones promotoras de las ecotecnias. De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social y Humano del Estado de Guanajuato (2015), entre 2013 y 2015 se instalaron 2,706 ecotecnias en todo el estado: 1,057 CSA, 211 paneles fotovoltaicos, 967 baños dignos, 185 baños secos y 286 estufas ecológicas.

FIGURA 2. Ranking estatal en México respecto de “Porcentaje de viviendas que disponen de calentador solar de agua”



Fuente: INEGI (2015).

beneficiarios, ya que no son encauzados con los debidos procesos de transferencia tecnológica para su adopción social (Tagle *et al.*, 2017). La estrategia de la política social en Guanajuato, a pesar de sus limitaciones, resulta significativa. Esta es una iniciativa para establecer procesos de mejora en la calidad de la vivienda que no es capaz de sostener una línea básica de bienestar, en mayor medida para quienes logran normalizar ecoprácticas en su cotidianidad a través de la adopción social de la tecnología mediante procesos de transferencia tecnológica que consideren la educación ambiental con perspectiva de género para lograr la adopción social de estas (Álvarez *et al.*, 2018).

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS CALENTADORES SOLARES EN GUANAJUATO

La norma oficial mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018, que regula el rendimiento térmico, el ahorro

de gas y los requisitos de seguridad de los CSA, garantiza que el tiempo de vida mínimo de un CSA será de diez años, financieramente genera ahorros netos entre siete y diecisiete años en el consumo de gas, por su retorno sobre la inversión de tres años (SEMARNAT, 2017). En promedio, un CSA ahorra 400 kg de gas LP anualmente; si se considera que el precio por kilogramo es de \$16.00, en los diez años que garantizan la vida de cada CSA, éste generará ahorros nominales por \$6,400 anuales, lo que implica \$64,000 en un tiempo de diez años, como mínimo.

En la tabla 1 se muestra el ahorro monetario anual en viviendas con CSA de los 46 municipios de Guanajuato, tomando como referente el monto económico de ahorro proporcionado por el simulador Hipoteca Verde del INFONAVIT.

Como se aprecia en la tabla 1, a partir de datos del INEGI y el INFONAVIT, el ahorro monetario por el uso de CSA para todo el estado es aproximada-

TABLA 1. Ahorro monetario anual en viviendas con CSA para los municipios de Guanajuato

Municipio	Número de viviendas con CSA	Ahorro mensual agregado	Ahorro anual por uso de CSA
Abasolo**	669	\$113,730	\$1,364,760
Acámbaro*	2,252	\$90,080	\$1,080,960
Apaseo el Alto**	1,597	\$271,490	\$3,257,880
Apaseo el Grande*	1,010	\$40,400	\$484,800
Atarjea**	11	\$1,870	\$22,440
Celaya**	9,987	\$1,697,790	\$20,373,480
Comonfort**	571	\$97,070	\$1,164,840
Coroneo**	1,519	\$258,230	\$3,098,760
Cortazar*	952	\$38,080	\$456,960
Cuerámara**	199	\$33,830	\$405,960
Doctor Mora**	1,849	\$314,330	\$3,771,960
Dolores Hidalgo**	1,558	\$264,860	\$3,178,320
Guanajuato**	1,894	\$321,980	\$3,863,760
Huanímaro**	351	\$59,670	\$716,040
Irapuato**	7,586	\$1,289,620	\$15,475,440
Jaral del Progreso*	272	\$10,880	\$130,560
Jerécuaro**	1,689	\$287,130	\$3,445,560
León**	33,666	\$5,723,220	\$68,678,640
Manuel Doblado*	1,194	\$47,760	\$573,120
Moroleón**	1,454	\$247,180	\$2,966,160
Ocampo**	1,293	\$219,810	\$2,637,720
Pénjamo*	2,819	\$112,760	\$1,353,120
Pueblo Nuevo**	109	\$18,530	\$222,360
Purísima del Rincón**	2,259	\$384,030	\$4,608,360

Municipio	Número de viviendas con CSA	Ahorro mensual agregado	Ahorro anual por uso de CSA
Romita*	583	\$23,320	\$279,840
Salamanca**	3,228	\$548,760	\$6,585,120
Salvatierra*	1,365	\$54,600	\$655,200
San Diego de la Unión**	1,427	\$242,590	\$2,911,080
San Felipe**	880	\$149,600	\$1,795,200
San Francisco del Rincón**	3,360	\$571,200	\$6,854,400
San José Iturbide**	1,914	\$325,380	\$3,904,560
San Luis de la Paz**	1,032	\$175,440	\$2,105,280
San Miguel de Allende**	2,006	\$341,020	\$4,092,240
Santa Catarina**	25	\$4,250	\$51,000
Santa Cruz de Juventino Rosas*	1,422	\$56,880	\$682,560
Santiago Maravatío**	302	\$51,340	\$616,080
Silao**	1,519	\$258,230	\$3,098,760
Tarandacuaio**	689	\$117,130	\$1,405,560
Tarimoro**	265	\$45,050	\$540,600
Tierra Blanca**	100	\$17,000	\$204,000
Uriangato**	1,075	\$182,750	\$2,193,000
Valle de Santiago*	1,682	\$67,280	\$807,360
Victoria**	91	\$15,470	\$185,640
Villagrán**	1,685	\$286,450	\$3,437,400
Xichú**	15	\$2,550	\$30,600
Yuriria**	1,215	\$206,550	\$2,478,600
Total	102,640	\$15,687,170	\$188,246,040

Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2015).

* Valor de \$40 pesos de ahorro por el uso de CSA calculado por el simulador Hipoteca Verde del INFONAVIT.

** Valor de \$170 pesos de ahorro por el uso de CSA calculado por el simulador de Hipoteca Verde del INFONAVIT

mente de 188.2 millones de pesos al año; es decir, 1,882 millones de pesos tomando como referencia diez años como mínimo de vida de los CSA. Esta es una renta que se libera para ser empleada por las familias para cubrir otro tipo de necesidades dentro de la vivienda. En específico para los municipios considerados en el estudio cualitativo, el ahorro conjunto por el uso de estos artefactos ecotecnológicos fue de 7.7 millones de pesos al año, lo que contribuyó al alivio de la economía de las familias.

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de un CSA con vida útil garantizada de diez años evitadas se calculan en 10.5 toneladas de CO₂ (SEMARNAT, 2017). En la tabla 2 se muestra el impacto ambiental mediante la proyección de las emisiones GEI evitadas y la rentabilidad ambiental en los municipios del estado de Guanajuato.

La tabla 2 presenta cifras sobre las emisiones de CO₂eq que se evitan al utilizar CSA en las viviendas del estado. Se observa que se dejarían de emitir 1,077,720 toneladas de CO₂eq en diez años, suponiendo que no haya incremento en el número de viviendas dotadas con CSA. Además, la cifra podría tener un incremento significativo bajo dos supuestos: el prolongamiento de la vida útil del equipo —hasta veinticinco años—, lo cual es altamente probable, y el aumento en el número de viviendas con CSA para el censo INEGI en 2020, por el fuerte impulso que estos artefactos han tenido en las viviendas de los guanajuatenses en los últimos años. La tabla también muestra los cálculos de la razón entre el costo del CSA y las emisiones evitadas en términos de rentabilidad ambiental, que rondaría los 615 millones de pesos en diez años; bajo los supuestos anteriores, tam-

TABLA 2. Impacto ambiental de las viviendas con calentadores solares en Guanajuato

Municipio	Viviendas	Emisiones evitadas en diez años, GEI evitado ton CO ₂ eq	Rentabilidad ambiental en diez años, pesos mexicanos	Proyección anual de las emisiones gei evitadas	Proyección anual de la rentabilidad ambiental
Abasolo	669	7,025	4,010,990	702	401,099
Acámbaro	2,252	23,646	13,501,866	2,365	1,350,187
Apaseo el Alto	1,597	16,769	9,574,814	1,677	957,481
Apaseo el Grande	1,010	10,605	6,055,455	1,061	605,546
Atarjea	11	116	65,951	12	6,595
Celaya	9,987	104,864	59,877,059	10,486	5,987,706
Comonfort	571	5,996	3,423,431	600	342,343
Coroneo	1,519	15,950	9,107,165	1,595	910,716
Cortazar	952	9,996	5,707,716	1,000	570,772
Cuerámara	199	2,090	1,193,105	209	119,310
Doctor Mora	1,849	19,415	11,085,680	1,941	1,108,568
Dolores Hidalgo	1,558	16,359	9,340,989	1,636	934,099
Guanajuato	1,894	19,887	11,355,477	1,989	1,135,548
Huanímara	351	3,686	2,104,421	369	210,442
Irapuato	7,586	79,653	45,481,863	7,965	4,548,186
Jaral del Progreso	272	2,856	1,630,776	286	163,078
Jerécuara	1,689	17,735	10,126,400	1,773	1,012,640
León	33,666	353,493	201,844,503	35,349	20,184,450
Manuel Doblado	1,194	12,537	7,158,627	1,254	715,863
Moroleón	1,454	15,267	8,717,457	1,527	871,746
Ocampo	1,293	13,577	7,752,182	1,358	775,218
Pénjama	2,819	29,600	16,901,315	2,960	1,690,131
Pueblo Nuevo	109	1,145	653,510	114	65,351
Purísima del Rincón	2,259	23,720	13,543,835	2,372	1,354,383
Romita	583	6,122	3,495,377	612	349,538
Salamanca	3,228	33,894	19,353,474	3,389	1,935,347
Salvatierra	1,365	14,333	8,183,858	1,433	818,386
San Diego de la Unión	1,427	14,984	8,555,579	1,498	855,558
San Felipe	880	9,240	5,276,040	924	527,604
San Francisco del Rincón	3,360	35,280	20,144,880	3,528	2,014,488
San José Iturbide	1,914	20,097	11,475,387	2,010	1,147,539
San Luis de la Paz	1,032	10,836	6,187,356	1,084	618,736
San Miguel de Allende	2,006	21,063	12,026,973	2,106	1,202,697
Santa Catarina	25	263	149,888	26	14,989
Santa Cruz de Juventino Rosas	1,422	14,931	8,525,601	1,493	852,560
Santiago Maravatío	302	3,171	1,810,641	317	181,064

Municipio	Viviendas	Emisiones evitadas en diez años, GEI evitado ton CO ₂ eq	Rentabilidad ambiental en diez años, pesos mexicanos	Proyección anual de las emisiones gei evitadas	Proyección anual de la rentabilidad ambiental
Silao	1,519	15,950	9,107,165	1,595	910,716
Tarandacuao	689	7,235	4,130,900	723	413,090
Tarimoro	265	2,783	1,588,808	278	158,881
Tierra Blanca	100	1,050	599,550	105	59,955
Uriangato	1,075	11,288	6,445,163	1,129	644,516
Valle de Santiago	1,682	17,661	10,084,431	1,766	1,008,443
Victoria	91	956	545,591	96	54,559
Villagrán	1,685	17,693	10,102,418	1,769	1,010,242
Xichú	15	158	89,933	16	8,993
Yuriria	1,215	12,758	7,284,533	1,276	728,453
Total	102,640	1,077,720	615,378,120	107,772	61,537,812

* Supuestos: precio promedio de un CSA 6,000 pesos mexicanos, rentabilidad ambiental promedio por CSA de 571.43 pesos por tonelada de CO₂eq.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2015) y SEMARNAT (2017).

bién sería una cifra con crecimiento altamente probable.

ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS CALENTADORES SOLARES EN GUANAJUATO

Sobre la base de los resultados del trabajo de campo en la aproximación cualitativa, se encontró que los usos y aplicaciones de los CSA en los municipios de Pénjamo, Comonfort, Apaseo el Alto, Tierra Blanca y San Felipe se agrupan en tres estratos:

1. aseo personal,
2. aseo de bienes muebles (trastos o instrumentos de cocina, ropa, entre otros),
3. preparación de alimentos (cocción de alimentos, preparación de bebidas calientes, desplumar gallinas o pollos, entre otros).

De acuerdo con Álvarez y Tagle (2019), los beneficios tangibles e intangibles de los CSA, identificados en los municipios estudiados, se agrupan en tres categorías.:

1. *Sociales*: se identifica mejor convivencia familiar y se favorecen las relaciones familiares, ya que niños y adultos disfrutaban de la ducha caliente y de los diversos beneficios del

artefacto. Asimismo, hay un impacto positivo en la salud, pues se reducen las enfermedades en vías respiratorias (duchas con agua caliente) y se mejora la higiene.

2. *Medioambientales*: se identifica una reducción significativa de emisiones de gases contaminantes y menor impacto en la deforestación, ya que el uso de los CSA disminuye el consumo de leña y gas.
3. *Económicos*: se identifica una reducción significativa en el gasto por uso de gas LP, uso de resistencia eléctrica o compra de leña. En consecuencia, se reducen los gastos médicos y las pérdidas de ingresos por ausencias al trabajo por motivos de salud. Asimismo, el tiempo asignado a la recolección de leña y encendido del fogón para calentar el agua se elimina.

A MANERA DE CONCLUSIONES

1. El principal hallazgo es la significativa pertinencia de ejecutar un proceso de transferencia tecnológica basada en CSA a las viviendas vulnerables, ya que son una ecotecnia amiga-

- ble para el usuario en términos de uso-mantenimiento-beneficio.
2. Son artefactos imperceptibles a las familias que les facilitan los procesos de adopción social, puesto que la única demanda es vigilar los niveles de agua del sistema de abastecimiento del CSA, así como el mantenimiento anual; esto como algo recomendable.
 3. Los beneficios de los CSA dentro de la vivienda se agrupan en sociales, ambientales y económicos, y en tres estratos de uso: aseo personal, aseo de bienes muebles y preparación de alimentos.
 4. Uno de los objetivos de esta investigación es mostrar los beneficios ocultos de los CSA identificados por los propios usuarios. Son elementos a destacar aspectos relevantes como la mejora de las relaciones familiares dentro de la vivienda y la liberación de tiempo. Los miembros de la familia identifican como componente para una mejor convivencia dentro de la vivienda la eliminación de la asignación de tareas específicas, tales como la recolección de leña y la preparación del fogón.
 5. Como valor agregado, los CSA representan una estrategia idónea para enfrentar retos multidimensionales, en zonas rurales o urbanas. En el caso de Guanajuato, el uso de CSA implica un ahorro económico importante en la estructura dentro del gasto familiar, 188 millones de pesos de manera anual según el número de CSA incorporados en viviendas y registrado por el INEGI 2015; este ahorro puede ser reasignado a otro tipo de necesidades dentro de la vivienda.
 6. En el caso del impacto ambiental, el uso de los CSA representa la disminución de 1,077,720 toneladas de CO₂eq en diez años, lo que contribuye a enfrentar de manera frontal el tema del cambio climático; este último es uno de los puntos principales en la agenda de los gobiernos en términos medioambientales, a escala tanto local como global.
 7. Si bien el artículo no se enfoca en analizar el proceso de implementación de los CSA por alguna de las dependencias del gobierno de Guanajuato, sí propone, a partir del trabajo de campo realizado, la necesidad de reformular la orientación de la política social en materia de vivienda en el estado para lograr que la ecotecnología sea una herramienta que favorezca la mejora de las condiciones de la vivienda de la población vulnerable donde estos programas inciden. Puntualmente, el proceso de implementación de CSA efectuado en Guanajuato en la administración 2012-2018 está carente de componentes como capacitación, información y seguimiento, que son elementos esenciales para favorecer la adopción social de la ecotecnia en la vivienda.
 8. Finalmente, la amplia aceptación social de la que gozan los CSA puede servir de experiencia dentro del ámbito de las políticas públicas, sociales o ambientales, para impulsar y difundir masivamente más variedades de ecotecnologías en las viviendas. Para ello será necesario una cuidadosa revisión del proceso socio-técnico que implica la implementación de estos artefactos, con la finalidad de impulsar verdaderas transformaciones socioculturales que planteen una nueva relación entre sociedad, economía y medioambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. R. y G. Aguilar (2018), "El programa hipoteca verde del INFONAVIT: ¿Hacia una política de vivienda sustentable?", *Vivienda y Comunidades Sustentables*, año 2, núm. 3, pp. 25-34.
- Álvarez L. y D. Tagle (2019), "Transferencia de ecotecnologías y su adopción social en localidades vulnerables: una metodología para valorar su viabilidad", *Ciencia UAT*, 13 (2), pp. 83-99.
- Álvarez, L.; Tagle, D. y M. Romero (2018), "Transference of Ecotechnology in Disadvantaged Regions of Mexico, towards Sustainable Development", en Leal-Filho *et al.* (ed.), *Sustainable Development Research and Practice in Mexico and Selected Latin American Countries. World Sustainability Series*, Springer, Cham., pp. 139-152.
- Secretaría de Gobernación (2018), Norma Oficial Mexicana, NOM-027-ENER/SCFI-2018, "Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos

- de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas lp o gas natural. Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado”, *Diario Oficial de la Federación*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5536063&fecha=28/08/2018.
- IMTA (2012), *Transferencia de ecotecnias (tecnologías apropiadas)*. Disponible en: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/07/Transferencia-Ecotecnias_MERB_IMTA.pdf.
- INEGI (2010), *Sistema para la consulta de las Síntesis Estadísticas Municipales 2010*. Disponible en: <http://sc.inegi.org.mx/cobdem/resultados.jsp?w=51&Backidhecho=509&Backconstem=508&constembd=177&tm=%27Backidhecho:3,Backconstem:3,constembd:3%27>.
- (2015), *México en cifras. Hogares, vivienda y urbanización*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=11#>.
- INFONAVIT (2016), *Manual explicativo de la vivienda ecológica: Hipoteca Verde*, México, INFONAVIT.
- Leff, E. (2002), *Saber ambiental: Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*, Siglo XXI.
- Luna A.; González A. y M. Ramírez (2012), “Grupos de ganaderos para la validación y transferencia de tecnología: una contribución para reducir el deterioro ambiental en Guanajuato”, en *La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de estado* vol. 1, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 221-227.
- Martínez, J. L. (2013), *Metodología de evaluación de tecnologías apropiadas*, IMTA-SEMARNAT. Disponible en: <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/787>.
- Ortiz, J.; O. Maseray A. Fuentes (2014), *La ecotecnología en México. Morelia: Unidad de Ecotecnologías*, IMAGIA, CIECO, UNAM.
- Romero, N. (2012), *Manual básico de ecotecnias. Un acercamiento a las ecotecnias y buenos hábitos*, México, Centro de las Artes Indígenas.
- Pineda, R.; Pérez, M. y L. González (2018), “Ecotecnologías, manejo de cuencas, desarrollo humano y cambio climático”, en D. Tagle y J. Herrera (coord.), *Análisis multidimensional en la implementación de ecotecnias: reflexiones teórico-prácticas*, México, Fontamara, pp. 119-139.
- Secretaría de Desarrollo Social y Humano (2015), *Términos de referencia: Transformación socio-cultural. Uso y aplicación de ecotecnias para el mejoramiento de la vivienda en San Felipe, Pénjamo, Apaseo el Alto, Tierra Blanca y Comonfort del estado de Guanajuato 2015*.
- Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (2017), *Nota conceptual del proyecto de calentadores solares de agua*, México, SEMARNAT.
- Tagle, D.; Ramírez, R. y R. Caldera (2017), “Retos sociales y ambientales en la implementación de ecotecnias en Guanajuato, México”, *Revista Administración y Organizaciones*, México, UAM-X, pp. 163-184.