

ENERGÍA RENOVABLE

ARTÍCULO ORIGINAL



<https://eqrcode.co/a/bPrrQE>

Influencia de la actitud, calidad y satisfacción de la energía fotovoltaica en la agricultura

Influence of the attitude, quality and satisfaction of photovoltaic energy in agriculture

Ing. Bonifacio Gaona-Ponce¹, Dr. J. Reyes Altamirano-Cárdenas, Dr. Jorge Gustavo Ocampo-Ledesma, Dr. Gilberto de Jesús López-Canteñs

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Chapingo, Texcoco, Estado de México.

RESUMEN. En México, la capacidad instalada de la energía fotovoltaica (EFV) en 2016 fue de 0.004% de la capacidad total nacional, a pesar de la excelente ubicación geográfica del país para explotar la radiación solar, de los bajos costos de producción y del bajo impacto ambiental que ésta representa. En el sector agrícola, los sistemas fotovoltaicos han sido utilizados con éxito, aunque aún con baja difusión. Debido a que no es fácil identificar las causas directas que han limitado la adopción de la EFV, se requiere identificar aquellos factores intrínsecos y extrínsecos que inciden en que sea aceptada y adquirida, dichos hallazgos podrían ser de especial interés para los fabricantes y distribuidores de esa tecnología. Esta investigación tuvo como objetivo determinar los factores de la actitud, calidad y satisfacción que determinan la decisión de adquirir la energía fotovoltaica. Se aplicó una encuesta semiestructurada a 39 productores agrícolas, usuarios de la EFV, en la región de Texcoco, Estado de México. Al obtener coeficientes de correlación entre los elementos de la actitud, calidad y satisfacción se detectaron los que están asociados con la decisión de compra. Mediante la aplicación de un análisis clúster jerárquico se formaron tres grupos con atributos significativamente definidos, que fueron comprobados a través de un análisis canónico discriminante, con estas herramientas se determinaron los niveles de sensibilidad con el que cada elemento influye en la decisión de compra de la EFV.

Palabras clave: energías renovables, adopción, difusión, factores de la energía fotovoltaica

ABSTRACT. In Mexico, the installed capacity of photovoltaic energy (PVE) by 2016 was 0.004% of the entire national capacity, despite the country's excellent geographic location to exploit solar radiation, low production costs and low environment impact that it represents. Photovoltaic systems have been successfully used in the agricultural sector, although still with low diffusion. Since it is not easy to identify the direct causes that have limited the adoption of PVE, it is necessary to identify those intrinsic and extrinsic factors that influence its acceptance and acquisition, these findings could be of special interest to manufacturers and distributors of this technology. The purpose of this research was to determine factors of attitude, quality and satisfaction, which determine the decision of purchase photovoltaic energy technology. A semi-structured survey was conducted to 39 agricultural producers, users of the PVE, in the region of Texcoco, State of Mexico. By obtaining correlation coefficients between the elements of attitude, quality and satisfaction, those associated with purchase decision were detected. A hierarchical cluster analysis was applied and three groups with defined significant attributes were formed, which were verified through a discriminant canonical analysis, these techniques determined sensitivity levels with which each element influences the purchase decision of PVE.

Keywords: Renewable Energies, Adoption, Diffusion, Factors of Photovoltaic Energy

INTRODUCCIÓN

La electricidad es producida por fuentes convencionales y renovables (García *et al.*, 2013; Galetovic y Muñoz, 2011).

Dentro de las primeras se encuentran las que utilizan combustibles fósiles para generar procesos termodinámicos, como las

¹ Autor para correspondencia: Bonifacio Gaona Ponce, e-mail: bgaonap@chapingo.mx

Recibido: 5/10/2020.

Aprobado: 22/02/2021.

centrales carboeléctricas, termoeléctricas y nucleares; mientras que en las segundas se ubican las centrales fotovoltaicas, térmica solar, mareomotriz, hidroeléctricas, biomasa, eólica y geotérmica (García *et al.*, 2013 y Posso 2012).

Las fuentes convencionales tienen la desventaja de utilizar combustibles fósiles para su funcionamiento, en consecuencia, producen una gran cantidad de productos de combustión que son arrojados al medio ambiente, como CO₂, NO y SO₂, entre otros, que son altamente contaminantes según Posso (2012), en contraparte, se sitúa a las energías renovables como las menos contaminantes y, en especial, a la fotovoltaica como la segunda menos contaminante (Merino, 2012).

(Anil *et al.*, 2016)), indican que la emisión mundial anual de CO₂, relacionada con la generación de energía eléctrica por fuentes convencionales, fue de 30 y 35 giga toneladas (Gt) durante 2010 y 2014, respectivamente, dicha tendencia significa que para 2030 se generarán 42 Gt, por lo que recomiendan que, para disminuir las emisiones de CO₂ a poco menos de la mitad, se requiere la puesta en marcha de algún tipo de energía renovable combinada con el uso de equipos de mayor eficiencia.

Internacionalmente se percibe a México con un gran potencial solar fotovoltaico (Mundo Hernández *et al.*, 2014), al ubicarse geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional, con una radiación diaria superior a 4.4 kWh/m² y en algunos sitios hasta 6 kWh/m², lo que hace que cuente con condiciones favorables para explotar la tecnología fotovoltaica (SENER, 2015). IRENA 2018) menciona que los costos de producción a nivel mundial de energía eléctrica por fuentes convencionales se sitúan entre los 0.05 y 0.17 USD/kW mientras que el costo de producción por fuentes fotovoltaicas para la región de Norteamérica es de 0.12 USD/kW.

Pese a lo anterior, la capacidad de generación de energía eléctrica en México, durante el 2015, fue de 41,899.4 MW, de los cuales aproximadamente el 25% se produjo en centrales generadoras basadas en energías renovables (CFE, 2015). De acuerdo con el comportamiento en años anteriores, para 2030 la Secretaría de Energía pronostica que la participación de las energías renovables será poco más del 32% de la generación de energía eléctrica total del Servicio Eléctrico Nacional (SENER, 2016).

La energía eléctrica también es utilizada por diferentes unidades, entre ellas, los sistemas de producción agrícola. En 2015 consumieron el 4.75% de la energía eléctrica total generada en México (CFE, 2015), en ese mismo año se registraron 98 mil pozos para uso agrícola; 1,131,272 unidades de producción lechera, de las cuales 19,300 contaban con sala de ordeño y 8,980 con tanque enfriador según SAGARPA (2016); y más de 25 mil hectáreas con cultivos bajo estructuras de protección, en invernaderos, túneles altos y casas sombra (Bastida, 2017). Se percibe un leve incremento de la utilización de la energía solar fotovoltaica en el ámbito agrícola según CFE (2015), particularmente en los sistemas de baja y mediana escala, pero no están claros los factores que determinan la decisión de los productores agrícolas en la adquisición de tal tecnología.

Diversos autores afirman que existen pautas en el mercado que influyen en el comportamiento de compra de productos y

servicios (Moser (2015); Hessami y Yousefi (2013); Vazifehdoust *et al.* (2013); Jeffrey y Hodge (2007). El estudio de estos factores puede resultar de gran interés para los productores por que podrían adaptarse a las necesidades de los consumidores.

El análisis de las actitudes ha ganado mucho espacio en la psicología social, aún en la actualidad es motivo de múltiples estudios de índole empírico y estudios teóricos, el mayor interés desatado es debido a que se considera que las actitudes, producto de un proceso de socialización, influyen o condicionan fuertemente las distintas respuestas a los diversos estímulos que un individuo recibe de personas, grupos, objetos o situaciones sociales (Ortega, 1986). Bajo este supuesto, si se conoce la actitud de una persona hacia determinados objetos, ésta podría controlarse, inferirse y, aún, modificarse.

Se ha aceptado entonces, que la actitud es la predisposición aprendida a responder de forma consistentemente favorable o desfavorable con respecto a un objeto determinado (Ajzen y Fishbein, 1980). Se divide a la actitud en tres componentes: cognitivo, afectivo y comportamental. El primero de ellos se refiere a las creencias, asociaciones o vínculos que la persona establece entre el objeto y varios atributos Ajzen y Fishbein (1980), el segundo consiste en sentimientos, estados de ánimo, emociones y actividad nerviosa que la persona experimenta en relación al objeto, por último, el tercer componente consiste en las acciones que la persona desarrolla respecto al objeto (Eagly y Chaiken, 1993).

Con respecto a los tres componentes, se desarrolla un aprendizaje cognitivo cuando una persona adquiere información de forma directa o indirecta de un objeto, formándose una creencia al respecto. Las experiencias emocionales o afectivas suelen ser defendidas por varios autores como la principal base de preferencias de las personas. Consecuentemente, se han realizado estudios de las actitudes derivadas del comportamiento pasado (Sanzo *et al.*, 2001). Al respecto Westbrook (1987), realizó estudios de las respuestas efectivas basadas en el producto, consumo y procesos posteriores a la compra.

Sanzo *et al.* (2003) establece la formación de la percepción de la calidad como un proceso de dos etapas. En la primera, los consumidores eligen los atributos de calidad del producto de un conjunto de atributos que posee un producto determinado. En la segunda, los consumidores integran sus valoraciones de esos atributos individuales en un juicio global de la calidad del producto. Para ello, establece una dimensión dicotómica intrínseca-extrínseca como variables relativas a distintas situaciones de compra. Se entiende por calidad a *“la valoración global o multidimensional que realiza el consumidor del producto que le reportará unas expectativas, en base a ciertos atributos condicionantes en su elección, que diferirá de la evaluación realizada por otro consumidor considerando el momento situacional, el tipo de producto y el perfil socio-demográfico que le caracteriza”* (Sulé, 1998).

Sanzo *et al.* (2001) menciona que es importante conocer los atributos de naturaleza central como los de naturaleza periférica de un producto para conocer su influencia en el comportamiento del consumidor. Los componentes centrales son intrínsecos al producto e incrementan su utilidad por encima de su función

básica, mientras que los periféricos o extrínsecos son la calidad, el compromiso medioambiental, entre otros.

En el proceso de adquisición de productos o servicios es importante considerar la utilidad o satisfacción que proporcionan al consumidor según Kotler y Keller (2012), por ello es fundamental conocer los beneficios o utilidades que el consumidor atribuye al producto. Se distinguen tres tipos de beneficios: funcionales, sensoriales y simbólicos. Los beneficios funcionales están relacionados con el grado en que el producto cumple satisfactoriamente su función básica, los beneficios sensoriales se refieren a la experimentación de sensaciones positivas, finalmente, los beneficios simbólicos tienen relación

con la posibilidad de que la compra y consumo de un producto supongan para el individuo una forma de expresar sus valores y estilo de vida hacia las personas de su entorno social, al mismo tiempo que fortalece y enriquece la imagen que tiene de sí mismo.

La actitud de un consumidor hacia algún tipo de producto puede determinar el nivel de satisfacción que este alcanza en una situación específica de consumo de ese producto. Esto puede deberse a un doble efecto: primero, una relación directa de las actitudes con las percepciones de calidad que el consumidor tiene del producto; segundo, un efecto moderador de las actitudes en la relación casual percibida calidad-satisfacción (Figura 1).



FIGURA 1. Factores que determinan la intención de compra de un producto.
Fuente: Elaboración propia, con datos de Sanzo *et al.* (2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

A través del análisis del estado del arte, se desarrollaron 9 ítems para medir la actitud, 9 para evaluar la calidad, 7 para medir la satisfacción y 1 para evaluar la determinación de compra. Posteriormente se diseñó una encuesta semiestructurada dividida en cinco secciones. La primera sección se utilizó para identificar a la persona entrevistada. La segunda se empleó para medir la actitud que tienen los entrevistados con respecto a la energía solar fotovoltaica. La tercera se utilizó para medir la calidad de la energía fotovoltaica percibida por el entrevistado. En la cuarta sección se midió la satisfacción de los usuarios con el uso y consumo de la energía solar fotovoltaica.

Los sujetos de estudios tomados en cuenta fueron 39 productores agrícolas usuarios de la energía fotovoltaica. La investigación se llevó a cabo en el municipio de Texcoco, Estado de

México, ubicado en la región centro de la República Mexicana, durante los meses de noviembre a diciembre de 2019.

Se emplearon técnicas de estadística inferencial para determinar la relación entre los factores y para establecer el grado de sensibilidad con el que influyen en la decisión de compra, de acuerdo con lo recomendado por Martínez *et al.* (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se muestran los promedios registrados de las respuestas para cada ítem. Como podrá notarse, las respuestas se encuentran comprendidas entre los valores 3 a 5. Para magnificar estas mediciones y poder realizar con eficacia el análisis estadístico, se recategorizaron en respuestas dicotómicas, a los valores 3 y 4 se les asignó el valor de 0, y a los valores de 5 el valor de 1.

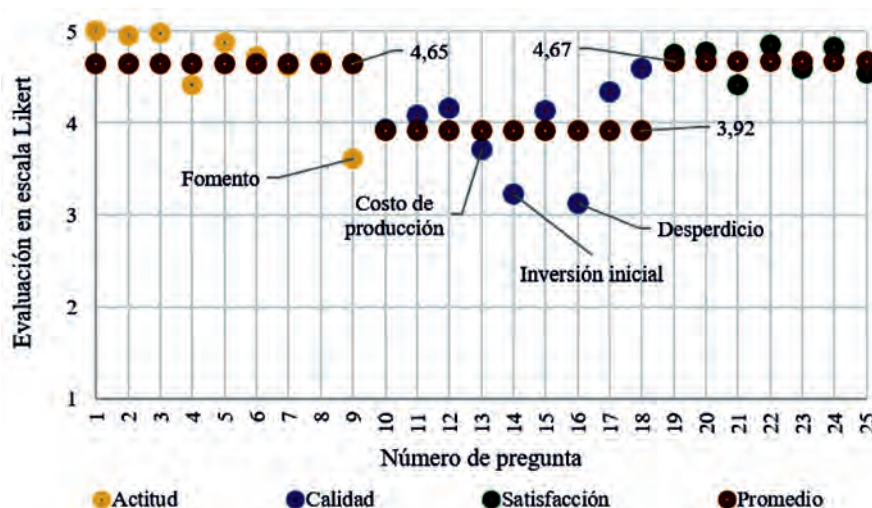


FIGURA 2. Promedios de respuestas de la actitud, calidad y satisfacción.

Análisis de correlación

Con los nuevos valores dicotómicos obtenidos, se empleó un modelo de correlación, en este caso, de acuerdo con lo recomendado por Martínez *et al.* (2009) para variables binarias, se obtuvo la correlación Rho de Spearman.

Tomando en cuenta lo recomendado por Santoyo *et al.* (2002), de los coeficientes de correlación calculados entre los ítems de la actitud y los de la calidad, destacan cinco ítems de la actitud con asociación significativa sobre siete ítems de la calidad, según se muestra en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Correlación entre la actitud y la calidad

		Correlaciones								
		Cal01	Cal02	Cal03	104	Cal05	Cal06	Cal07	Cal08	Cal09
Act01	Rho de Spearman	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a
	Sig. (bilateral)									
Act02	Rho de Spearman	-0.239	-0.227	0.006	-0.068	0.109	-0.018	-0.305	0.018	0.0684
	Sig. (bilateral)	0.144	0.165	0.971	0.679	0.510	0.914	0.059	0.914	0.679
Act03	Rho de Spearman	-0.166	-0.158	-0.158	-0.217	-.347*	-0.175	-.480**	-0.150	-0.121
	Sig. (bilateral)	0.311	0.336	0.336	0.185	0.031	0.286	0.002	0.361	0.462
Act04	Rho de Spearman	0.041	-0.155	-0.041	-0.006	-0.004	-0.106	0.212	0.106	.362*
	Sig. (bilateral)	0.805	0.346	0.805	0.971	0.982	0.523	0.195	0.523	0.023
Act05	Rho de Spearman	0.220	0.087	-0.067	-0.033	-0.020	-0.107	-0.123	-0.047	0.033
	Sig. (bilateral)	0.178	0.600	0.686	0.843	0.901	0.519	0.455	0.775	0.843
Act06	Rho de Spearman	0.290	.318*	0.197	0.156	-0.220	.385*	0.1852	0.225	-0.029
	Sig. (bilateral)	0.073	0.048	0.230	0.343	0.179	0.016	0.259	0.168	0.860
Act07	Rho de Spearman	0.169	.318*	.318*	0.156	-0.061	0.263	0.185	.470**	-0.156
	Sig. (bilateral)	0.305	0.048	0.048	0.343	0.712	0.106	0.259	0.003	0.343
Act08	Rho de Spearman	0.0468	0.0749	-0.047	-0.098	0.098	0.0188	-0.015	-0.019	-0.029
	Sig. (bilateral)	0.777	0.650	0.777	0.554	0.554	0.910	0.926	0.910	0.860
Act09	Rho de Spearman	-0.169	0.047	-0.075	0.098	-0.098	0.103	0.015	0.141	.410**
	Sig. (bilateral)	0.305	0.777	0.650	0.554	0.554	0.531	0.926	0.392	0.010

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral). * La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).
a. No se puede calcular porque, como mínimo, una de las variables es constante.
Fuente: elaboración propia.

Bajo las mismas consideraciones, se determinó el índice Rho de Spearman para los ítems de la calidad, comparados con los de la satisfacción, resultando seis ítems de la calidad con asociación significativa sobre seis ítems de la satisfacción, como se muestra en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Correlación entre la calidad y la satisfacción

		Correlaciones						
		Sat01	Sat02	Sat03	Sat04	Sat05	Sat06	Sat07
Cal01	Rho de Spearman	.322*	0.241	0.032	-0.104	-0.017	-0.009	.337*
	Sig. (bilateral)	0.045	0.139	0.845	0.530	0.918	0.958	0.036
Cal02	Rho de Spearman	0.079	0.267	0.073	0.104	0.017	0.178	.485**
	Sig. (bilateral)	0.633	0.100	0.659	0.530	0.918	0.279	0.002
Cal03	Rho de Spearman	0.213	.394*	0.178	0.296	0.017	0.178	.368*
	Sig. (bilateral)	0.194	0.013	0.277	0.067	0.918	0.279	0.021
Cal04	Rho de Spearman	0.071	0.248	0.262	0.015	0.151	-0.099	0.072
	Sig. (bilateral)	0.666	0.128	0.107	0.926	0.357	0.547	0.662
Cal05	Rho de Spearman	0.219	-0.093	-0.180	-.366*	-0.122	-0.282	-0.184
	Sig. (bilateral)	0.181	0.572	0.274	0.022	0.458	0.082	0.261
Cal06	Rho de Spearman	0.299	.343*	0.203	0.267	0.283	0.313	.426**
	Sig. (bilateral)	0.064	0.033	0.214	0.100	0.081	0.052	0.007

		Correlaciones						
		Sat01	Sat02	Sat03	Sat04	Sat05	Sat06	Sat07
Cal07	Rho de Spearman	0.158	0.172	0.267	0.098	0.225	0.114	0.199
	Sig. (bilateral)	0.336	0.296	0.100	0.554	0.168	0.488	0.226
Cal08	Rho de Spearman	.371*	.421**	.325*	0.312	0.274	.365*	.399*
	Sig. (bilateral)	0.020	0.008	0.043	0.053	0.091	0.022	0.012
Cal09	Rho de Spearman	0.068	0.017	0.177	-0.216	0.312	-0.253	-0.195
	Sig. (bilateral)	0.681	0.918	0.280	0.187	0.053	0.120	0.235

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral). * La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).
Fuente: elaboración propia

Con base en las correlaciones calculadas, se establecieron tres tipos de ítems:

- Tipo 1. Ítems sin trascendencia. Son los que no presentaron asociación con ningún otro.
- Tipo 2. Ítems con trascendencia leve. Son los que presentaron correlación significativa con un sólo ítem.
- Tipo 3. Ítem con trascendencia alta. Aquellos que presentaron asociación con ítems continuos hasta llegar a la decisión de compra.

- Tipo 3. Ítems no medibles. Este tipo de ítems no pudo ser medido por que no presentaron variación.

La correlación entre los diferentes ítems de la actitud, calidad y satisfacción puede observarse gráficamente en la Figura 3. Los que tuvieron una asociación significativa se unieron con una flecha, los marcados en color azul presentaron una correlación positiva y los marcados en rojo tuvieron una asociación negativa.

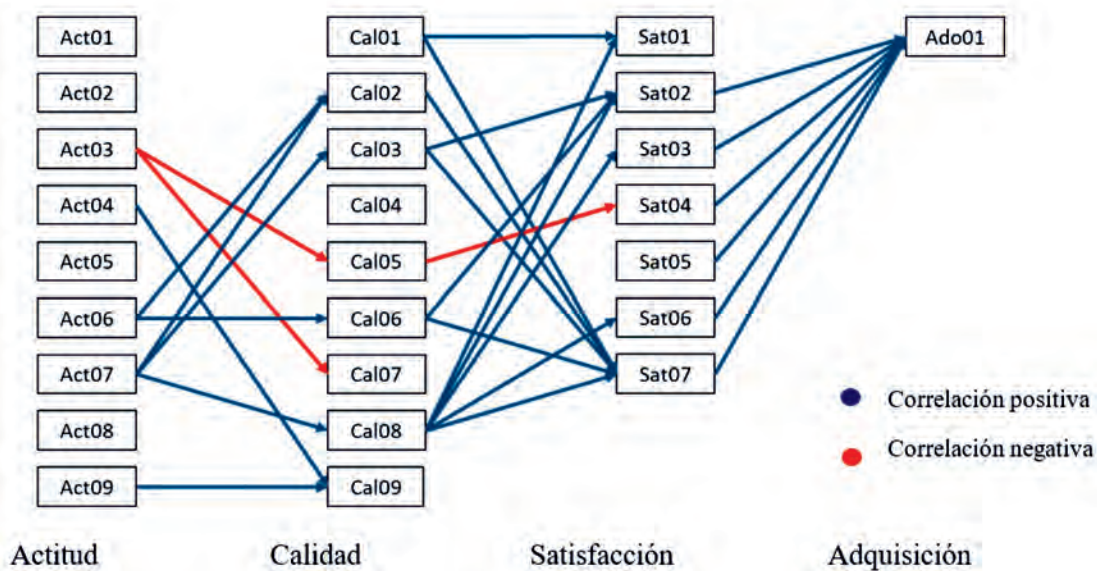


FIGURA 3. Correlación entre los ítems de la actitud, calidad, satisfacción y adquisición.

Fuente: elaboración propia con datos del índice de correlación.

Análisis clúster jerárquico por indicadores

Se propuso un indicador $InAt_k$ que es una adaptación del índice de adquisición de innovaciones propuesto por Muñoz *et al.* (2007). Se obtuvo un indicador por cada atributo (actitud, calidad o satisfacción). En el caso de esta investigación es la razón que resulta de dividir el número de ítems con respuesta de éxito (con valor de 1), sobre el número total de ítems, multiplicado por cien (Ecuación 1). En el Cuadro 3 se muestran los indicadores obtenidos por la actitud, calidad y satisfacción, calculados por medio de la Ecuación 1.

$$InAt_k = \frac{n_1}{n_k} \times 100 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

donde:

$InAt_k$ -Indicador del atributo k;

n_1 - número de ítems con valor de 1 por atributo (actitud, calidad o satisfacción);

n_k -número de ítems por atributo (actitud, calidad o satisfacción).

Puede identificarse que el indicador muestra la proporción en que los individuos entrevistados demostraron estar totalmente de acuerdo con lo que se aseveraba, contra el total de ítems considerados en cada rubro. En este sentido, entre mayor es el indicador, el individuo percibió estar más de acuerdo con los ítems de la actitud, calidad y satisfacción.

Estos indicadores fueron utilizados en el análisis de agrupamiento jerárquico considerando el método de Ward y distancias Euclidianas, mediante esta herramienta se obtuvieron tres grupos estadísticamente diferenciados.

CUADRO 3. Indicadores de actitud, calidad y satisfacción por individuo entrevistado

Individuo	Indicador		
	Actitud	Calidad	Satisfacción
Ind 1	55.6	100.0	100.0
Ind 2	88.9	88.9	100.0
Ind 3	55.6	33.3	57.1
Ind 4	100.0	11.1	100.0
Ind 5	77.8	22.2	100.0
Ind 6	77.8	33.3	0.0
Ind 7	77.8	11.1	85.7
Ind 8	100.0	33.3	100.0
Ind 9	66.7	44.4	85.7
Ind 10	66.7	33.3	14.3
Ind 11	66.7	33.3	14.3
Ind 12	77.8	77.8	71.4
Ind 13	88.9	0.0	100.0
Ind 14	88.9	0.0	100.0
Ind 15	88.9	66.7	100.0
Ind 16	100.0	77.8	100.0
Ind 17	77.8	22.2	85.7
Ind 18	55.6	44.4	42.9
Ind 19	66.7	0.0	42.9
Ind 20	77.8	22.2	71.4
Ind 21	88.9	77.8	100.0
Ind 22	77.8	44.4	100.0
Ind 23	66.7	0.0	42.9
Ind 24	77.8	66.7	100.0
Ind 25	88.9	66.7	100.0
Ind 26	55.6	11.1	42.9
Ind 27	66.7	0.0	71.4
Ind 28	77.8	44.4	71.4
Ind 29	88.9	100.0	100.0
Ind 30	77.8	44.4	71.4
Ind 31	66.7	55.6	85.7
Ind 32	77.8	55.6	100.0
Ind 33	77.8	55.6	85.7
Ind 34	100.0	66.7	100.0
Ind 35	88.9	44.4	71.4
Ind 36	77.8	33.3	100.0
Ind 37	77.8	11.1	71.4
Ind 38	88.9	77.8	100.0
Ind 39	77.8	33.3	71.4

Fuente: elaboración propia.

El grupo 1 fue formado por 11 individuos, con una media en la actitud de 85.87, calidad de 76.79 y satisfacción de 100; mientras que el grupo 2 estuvo constituido por 22 individuos, con una media en la actitud de 77.8, calidad de 31.29 y satisfacción de 81.80; por último, el grupo 3, compuesto por 6 individuos, con una media en la actitud de 66.7, calidad de 18.50 y satisfacción de 26.22. Como se puede observar, el grupo 1 tiene los más altos valores en los

atributos de la actitud, calidad y satisfacción, en contraposición, el grupo 3 tiene los más bajos valores. Al hacer el análisis de varianza, los tres grupos fueron significativamente diferentes.

Análisis canónico discriminante por indicadores

Los tres agrupamientos resultantes por el método de Ward fueron corroborados mediante un análisis discriminante canónico

que utiliza como variables clasificadoras precisamente a los tres grupos. La discriminación es una técnica multivariada relacionada con separar las observaciones y con la asignación de nuevos objetos a grupos previamente definidos, como los formados previamente (Johnson y Wichern, 2007). El análisis discriminante es más bien de naturaleza exploratoria. Como procedimiento de separación, a menudo se emplea una sola vez para investigar las diferencias observadas cuando las relaciones causales no son bien entendidas (Palmer *et al.*, 2004; Lorbes *et al.*, 2015). A través de este análisis se identificó la actitud, calidad y satisfacción que

tuvo mayor relevancia en la definición de estos grupos.

Se determinaron dos funciones discriminantes canónicas (FCD1 y FCD2) que describieron el 100% acumulado de la variabilidad conjunta de los 37 caracteres secundarios para definir los grupos; la primera representó el 93.2% y la segunda el 6.8%.

Al graficar ambas funciones, tomando la FCD1 en el eje X y FCD2 en el eje Y, se pueden apreciar los tres grupos diferenciados (Figura 4). Puede notarse que en el eje X los grupos están claramente definidos y separados unos de otros, mientras que en el eje Y no se encuentran tan bien definidos.

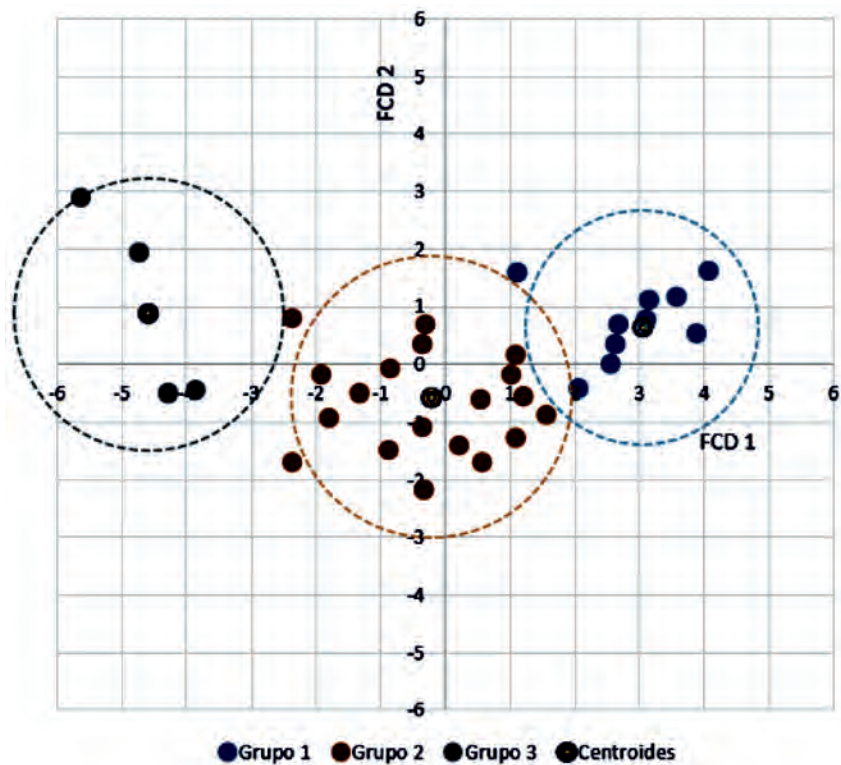


FIGURA 4. Formación de los tres grupos discriminantes.
Fuente: elaboración propia.

Análisis canónico discriminante por ítems

En este análisis se utilizaron los tres grupos formados en el análisis clúster jerárquico por indicadores, con las mismas características, pero ahora considerando todos los ítems de los tres atributos. Mediante la comprobación por el análisis canónico discriminante, se generaron dos FCD, la primera describe en

68.3% a la varianza, mientras la segunda la describe en 31.7%, ambas funciones fueron significativas.

Mediante la aplicación de las FCD obtenidas, se obtuvieron los coeficientes de cada ítem para analizar su sensibilidad dentro del proceso de adquisición. Los coeficientes en orden de discriminación se mencionan en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Ítems ordenados por grado de discriminación

Nombre del ítem	Función	1	2
La energía del sol se puede utilizar para generar electricidad	Item		
Estoy satisfecho con el uso de la energía solar fotovoltaica	Sat02	3.536	-5.630
Me siento importante al colaborar con la generación de electricidad de mi país	Sat07	2.857	-5.024
La contaminación al medio ambiente durante el uso de los sistemas fotovoltaicos es baja o inexistente	Cal02	2.633	6.118
Estoy convencido de recomendar a otras personas el uso de la energía solar fotovoltaica	Sat04	2.523	6.792
He escuchado de la energía solar fotovoltaica	Act03	2.395	-2.438

Nombre del ítem		Función	
La energía solar fotovoltaica es una alternativa para sustituir a la energía eléctrica convencional	Act07	1.929	-1.499
He utilizado la energía solar fotovoltaica	Act04	1.594	2.154
Desde que instalé el sistema fotovoltaico he ahorrado en el costo por energía eléctrica	Sat05	1.315	0.955
La energía solar fotovoltaica es más barata que la convencional	Cal09	1.218	-0.776
No hay afectación a la imagen de su negocio o sistema de producción	Cal06	0.998	0.444
La radiación generada al usar los paneles es baja o inexistente	Cal03	0.727	-2.601
El costo de la inversión inicial no es una limitante para su adquisición	Cal05	0.598	-0.188
La calidad de la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos es igual a la convencional	Cal08	0.406	1.137
El desperdicio de material, después de cubrir la vida útil del sistema, afecta el medio ambiente	Cal07	0.358	2.104
Prefiero usar la energía solar fotovoltaica que la energía eléctrica convencional que ofrece CFE	Sat01	0.311	2.979
La energía solar fotovoltaica es segura de utilizar	Act06	0.035	-2.470
Estoy feliz con la persona que me vendió el sistema que me provee de energía solar fotovoltaica	Sat03	0.031	3.071
México tiene una ubicación para utilizar la energía solar	Act02	-0.009	2.967
El bajo costo de producción de la energía solar fotovoltaica fomenta su uso	Cal04	-0.233	0.595
En México se fomenta el uso de la energía solar fotovoltaica	Act09	-0.559	1.027
La energía solar fotovoltaica es amigable con el medio ambiente	Act05	-0.622	2.697
En México está permitido el uso de la energía solar fotovoltaica	Act08	-1.269	0.461
Estoy feliz de contribuir con la disminución del deterioro ambiental	Sat06	-1.561	-2.827
La emisión de CO2 de los sistemas fotovoltaicos en funcionamiento es baja o inexistente	Cal01	-1.621	1.291

Fuente: elaboración propia, con datos del análisis canónico discriminante.

Si se señalan los ítems con coeficiente mayor a 0, en el diagrama de correlaciones de la Figura 3, se podrán visualizar aquellos con mayor importancia discriminativa. En la Figura 5 se muestran con color azul claro los ítems con coeficiente de la FCD1 mayor a cero

y con color azul fuerte a los ítems con ambos coeficientes (FCD1 y FCD2) mayor a cero. Podrá notarse que coinciden con los que habían demostrado tener un índice significativo de correlación, pero el análisis canónico discriminante ahora marca un orden de importancia.

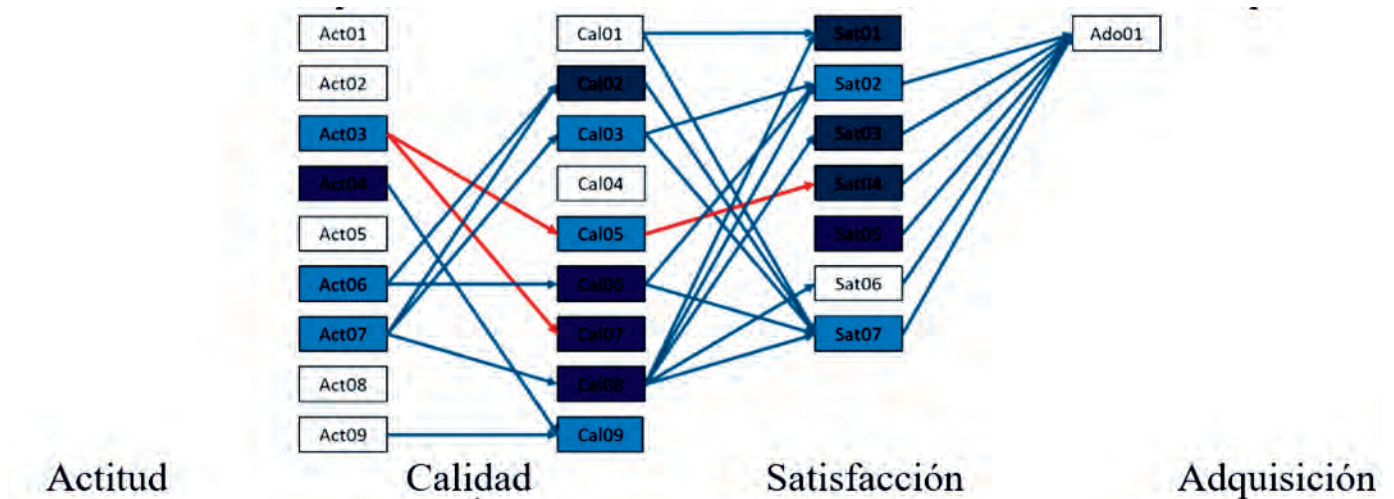


FIGURA 5. Ítems en orden de importancia discriminativa.

CONCLUSIONES

- La solar fotovoltaica es una de las principales energías limpias utilizadas en México, puesto que es de las que menos

- contamina y de menor costo de producción. El país se encuentra en una excelente ubicación para explotarla.
- Se comprobó que existe asociación entre algunos factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en la adquisición de

la EFV. El análisis de correlación permitió visualizar la asociación entre factores de la actitud con los de la calidad, a éstos con los de la satisfacción y, a estos últimos con la adquisición de la EFV.

- El análisis canónico discriminante pudo comprobar, a través de tres grupos realizados utilizando el análisis clúster jerárquico, que los factores ubicados en el análisis de correlación representan una acción con diferentes niveles de sensibilidad.
- Como estrategia para fomentar la EFV, se propone promover el grado de satisfacción al hacer uso de la EFV, hacer saber que los usuarios se sienten importantes al colaborar con la generación de la electricidad del país, informar que no hay contaminación al medio ambiente por el uso de los sistemas FV, hacer partícipes de que los usuarios están convencidos de recomendar a otras personas la EFV, continuar educando

a la población acerca de los beneficios del uso de la EFV y de que es una alternativa para sustituir a la energía convencional, dar a conocer el ahorro por energía eléctrica al usar los sistemas FV dado que es más barata que la convencional, informar que la instalación de los sistemas FV no afectan la imagen del negocio, comunicar que la EFV no genera ningún tipo de radiación, hacer extensivo que la inversión inicial no es una limitante para su adquisición, dar a conocer que la calidad de la energía generada por los sistemas FV es igual a la convencional, atender el problema del desperdicio del material después del cubrir la vida útil de los sistemas FV, informar que los usuarios de la EFV la prefieren en lugar de la energía convencional, dar a conocer que la EFV es segura de utilizar y finalmente, informar que los usuarios se sienten satisfechos con el proveedor del sistema FV.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADJEN, I.; FISHBEIN, M.: *Understanding and predicting social behavior*, Ed. Prentice-Hall, 2a ed., Englewood Cliffs, New Jersey, 1980, ISBN: 978-0139364358.
- ANIL, M.; SAYGIN, D.; MIKETA, A.; GIELEN, D.; NICHOLAS, W.: "The True Cost of Fossil Fuels: Saving on the Externalities of Air", *IRENA*; 1-12, 2016.
- BASTIDA, A.: "Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México", En: *Sexto Congreso Internacional de investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas*, Ed. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, p. 287, 2017.
- CFE: *Informe anual 2015*, Comisión Federal de Electricidad. México, 14-34 p., 2015, ISBN: 9788578110796.
- EAGLY, A.H.; CHAIKEN, S.: *The Psychology of Attitudes*, Ed. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, Orlando, Florida, 794 p., 1993.
- GALETOVIC, A.; MUÑOZ, C.: "Carbón versus viento. Los costos de generar electricidad incluyendo las externalidades ambientales", *El Trimestre Económico*, LXXVIII(4): 753-779, 2011.
- GARCÍA, H.; CORREDOR, A.; CALDERÓN, L.; GÓMEZ, M.: "Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia", *Centro de Investigación Económica y Social*, 2(5): 204-222, 2013, DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/JCM-10-2014-1179>.
- HESSAMI, H.Z.; YOUSEFI, P.: "Investigation of major factors influencing green purchasing behavior: Interactive approach", *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 2(4): 584-596, 2013.
- IRENA: "Power Generation Costs in 2017", *Renewable power generation costs in 2017*, Abu Dhabi, 2018.
- JEFFREY, S.A.; HODGE, R.: "Factors influencing impulse buying during an online purchase", *Electron Commerce*, 7(2007): 367-379, 2007, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10660-007-9011-8>.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W.: *Applied multivariate statistical analysis*, Hall, P.P. (ed.), Sixth ed., New Jersey, EEUU, 773 p., 2007, ISBN: 9780131877153.
- KOTLER, P.; KELLER, K.L.: *Dirección de marketing*, Pearson Educación (ed.), Decimocuar ed., México, D.F., 808 p., 2012, ISBN: 9786073212458.
- LORBES, J.; GARCIA, Y.; MILLA, M.; DIAZ, L.: "Análisis discriminante canónico con técnicas gráficas multivariadas aplicado a un diseño con dos factores", *Investigación en Ingeniería*, 11(2): 38-47, 2015.
- MARTÍNEZ, R.M.; TUYA, L.C.; MARTÍNEZ, M.; PÉREZ, A.; CÁNOVAS, A.M.: "El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman", *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, VIII(2): 1-19, 2009.
- MERINO, L.: "Energías renovables", *Energías renovables*, 1(1): 20, 2012.
- MOSER, A.K.: "Thinking green, buying green? Drivers of pro-environmental purchasing behavior", *Journal of Consumer Marketing*, 32(3): 167-175, 2015, DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/JCM-10-2014-1179>.
- MUNDO, J.; DE CELIS, B.; HERNÁNDEZ, J.; DE CELIS, B.: "An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31: 639-649, 2014, ISSN: 1364-0321, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.029>.
- MUÑOZ, M.; AGUILAR, J.; RENDÓN, R.; ALTAMIRANO, J.R.: *Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias*, CIESTAAM, U.A.C.- (ed.), Primera ed., Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo, 73 p., 2007, ISBN: 9789680203895.
- ORTEGA, P.: "La investigación en la formación de actitudes: Problemas metodológicos y conceptuales", *Anales de pedagogía*, 1(4): 187-201, 1986.
- PALMER, M.; LINDE, M.; PONS, G.X.: "Correlational patterns between invertebrate species composition and the presence of an invasive plant", *Acta Oecologica*, 26(3): 219-226, 2004, ISSN: 1146609X.
- POSSO, F.: "Energía y ambiente: pasado, presente y futuro.", *Revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 12(3): 54-75, 2012.
- SAGARPA: *Eficiencia Energética en el Sector Agropecuario*, México, D.F., 21 p., 2016.
- SANTOYO, H.; SUVEDI, M.; RAMÍREZ, P.: *Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural*, Mundiprensa (ed.), Ed. Mundiprensa, Segunda ed., Texcoco, Edo. de México, 255 p., 2002, ISBN: 968-7462-31-0.

Gaona-Ponce *et al.*: Influencia de la actitud, calidad y satisfacción de la energía fotovoltaica en la agricultura

SANZO, M.J.; DEL RÍO, A.B.; IGLESIAS, V.; VÁZQUEZ, R.: "Attitude and satisfaction in a traditional food product", *British Food Journal*, 105(11): 771-790, 2003, DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/00070700310511807>.

SANZO, M.J.; DEL RÍO, A.B.; IGLESIAS, V.; VÁZQUEZ, R.: "El efecto de la actitud y de la calidad percibida sobre la intención de compra de un producto agroalimentario tradicional", En: *XI Congreso Nacional de ACEDE*, vol. 1, pp. 1-24, 2001.

SENER: "Prospectiva de Energías Renovables", *Diario Oficial de la Federación*, 1: 156, 2015, ISSN: 1098-6596, DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

SENER: "Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles Mas Limpios", *Secretaría de Energía*, 2016.

SULÉ, M.A.: *Calidad percibida: Aplicación de los modelos de ecuaciones estructurales al ámbito agroalimentario*, Universidad de Salamanca, 282 p., 1998.

VAZIFEHDOUST, H.; TALEGHANI, M.; ESMAEILPOUR, F.; NAZARI, K.; KHADANG, M.: "Purchasing green to become greener: Factors influence consumers' green purchasing behavior", *Management Science Letters*, 3(2013): 2489-2500, 2013, ISSN: 19239335, DOI: <http://dx.doi.org/10.5267/j.msl.2013.08.013>.

WESTBROOK, R.A.: "Product / Consumption-Based Affective Responses and Postpurchase Processes", *Journal of Marketing Research*, 24(3): 258-270, 1987.

Bonifacio Gaona-Ponce, Profesor e Investigador, Candidato a Maestro en Ciencias en Estrategia Agroempresarial. Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. México. Líneas de interés: Energías renovables, energía fotovoltaica, medio ambiente. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-2835-8253>. Correo electrónico: bgaonap@chapingo.mx

J. Reyes Altamirano-Cárdenas, Profesor investigador del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo. México. Línea de interés: Redes de innovación. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-9937-7179>. Correo electrónico: jreyesa@ciestaam.edu.mx

Jorge Gustavo Ocampo-Ledesma, Profesor investigador del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo. México. Línea de interés: Políticas públicas, desarrollo rural. Correo electrónico: jocampo@ciestaam.edu.mx

Gilberto de Jesús López-Canteñs, Profesor investigador del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo. México. Línea de interés: Políticas públicas, desarrollo rural. Correo electrónico: jocampo@ciestaam.edu.mx

Profesor investigador del Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. México. Línea de interés: agricultura de precisión. Correo electrónico: alelopez10@gmail.com

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de [Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

