

Sustentabilidad y desempeño ambiental de la agricultura protegida: el caso de Zacatecas

Luz E. Padilla-Bernal^{1§}
Alfredo Lara-Herrera²
Alberto Vélez-Rodríguez³

¹Unidad Académica de Contaduría y Administración-Universidad Autónoma de Zacatecas. ²Unidad Académica de Agronomía-Universidad Autónoma de Zacatecas. ³Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica-Universidad Autónoma de Zacatecas. Comercio y Administración S/N, Col. Progreso, Zacatecas, Zacatecas, México. CP. 98066.

§Autora para correspondencia: luz@uaz.edu.mx.

Resumen

El diseño de un programa público que implique medidas agroambientales requiere del conocimiento de opiniones de productores y de las prácticas de producción aplicadas. En este trabajo se clasifican las opiniones sobre sustentabilidad en las unidades de producción (UPs) bajo agricultura protegida en el estado de Zacatecas, se determinan sus prácticas ambientales, así como impulsores y barreras para la adopción de programa agroambiental. Se pretende apoyar estrategias para el diseño de políticas públicas que contribuyan a la sustentabilidad del sector agrícola en México. La información se obtuvo; a través, de un cuestionario aplicado a propietarios o técnicos de las UPs durante los meses de mayo a diciembre de 2016. La información se procesó; a través, de análisis de componentes principales y análisis de conglomerados. También se obtuvo el índice de desempeño ambiental (IDA). Las opiniones sobre sustentabilidad en las UPs muestran dos grandes visiones: una que se fundamenta considerando aspectos internos de la organización y el acceso a mercados y la otra que tiene una visión relajada sobre el cuidado al ambiente, considerando para estos fines menor relevancia a los aspectos de mercado, organizacionales y sociales. El IDA mostró que en las UPs aún falta mucho por cambiar para lograr sistemas de producción sustentables. Para el diseño e implementación de un programa agroambiental se sugiere condicionar los apoyos directos a los productores al establecimiento de prácticas agrícolas sustentables o a la adquisición de infraestructura amigable con el medio ambiente.

Palabras clave: gestión ambiental, invernaderos, prácticas agrícolas sustentables.

Recibido: diciembre de 2019

Aceptado: febrero de 2020

Introducción

De acuerdo con la FAO (2014a) la sustentabilidad en la agricultura es mucho más que asegurar la protección de la base de recursos naturales en la producción de bienes y servicios. Para ser sustentable, la agricultura debe satisfacer las necesidades de la presente y futuras generaciones, a la vez que asegura la rentabilidad, salud ambiental y la equidad social y económica. De esta forma, la agricultura sustentable debe conservar la tierra, agua, recursos genéticos de animales y plantas, no degradar el ambiente y ser técnicamente apropiada, viable económicamente y aceptable socialmente. La sustentabilidad es un tópico cada vez más relevante para el sector agrícola debido a sus altos impactos ambientales y sociales.

Las áreas agrícolas, pastizales y bosques ocupan alrededor de 60% de la superficie terrestre. El sector agrícola depende de los recursos naturales para sus procesos de producción y puede causar tanto daños como generar beneficios ambientales. Por un lado, las prácticas agrícolas no sustentables y cambio en el uso de la tierra son las causas más importantes de la degradación de la tierra, lo que resulta en pérdida de servicios ecosistémicos, decremento de rendimientos y el abandono de tierras agrícolas (FAO, 2012). La agricultura usa 70% del agua dulce. El uso ineficiente del agua ha mermado la capacidad de los acuíferos, reducido la vida silvestre y ha causado salinización en la superficie de riego agrícola (FAO, 2014a). Las prácticas agrícolas actuales contribuyen de 10 a 12% de emisión de gases de efecto invernadero antropogénicos totales (IPPC, 2014).

Por otro lado, las buenas prácticas neutralizan el carbono, generan servicios ambientales y energía renovable, mientras contribuyen a la seguridad alimentaria (FAO, 2012). En México 77% del agua es de uso agrícola, reportándose ineficiente aplicación en gran parte de la superficie de riego e impactos negativos en la calidad del ambiente por las prácticas agrícolas (Pérez-Espejo *et al.*, 2012).

En las regiones áridas y semiáridas estos problemas ambientales se presentan de manera más severa, como es el caso del estado de Zacatecas, donde 87.7% de la superficie agrícola es de temporal y 13.3% de riego (SIAP-SAGARPA, 2017). El agua usada para el riego de ésta última superficie se obtiene de 34 acuíferos de los cuales 41% se encuentran sobreexplotados (CNA, 2015). En el estado de Zacatecas la agricultura protegida ha presentado altas tasas de crecimiento. Durante el periodo 2003 a 2010, ésta reportó una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 25%, registrando un total de 277 ha en el 2010 (Padilla-Bernal *et al.*, 2012). Sin embargo, esta tasa ha disminuido en los últimos años debido en gran medida al cambio de políticas de apoyo gubernamental (Padilla-Bernal *et al.*, 2018), reportándose para 2017 una superficie de 475 ha (SIAP-SAGARPA, 2017).

El concepto de agricultura protegida se aplica a los sistemas de producción que realizan sus actividades bajo una cubierta con el fin de proteger al cultivo de las condiciones ambientales (García *et al.*, 2011) y de incidencia de otros organismos vivos. El rápido crecimiento de los sistemas de producción con agricultura protegida se atribuye tanto a factores técnicos de producción, como a factores sociales (Padilla-Bernal *et al.*, 2015).

En el estado de Zacatecas todos los sistemas de producción bajo agricultura protegida para el riego de sus cultivos usan agua subterránea. Sin embargo, se reporta uso ineficiente del agua de riego, exagerada e inapropiada aplicación de productos de síntesis química y mal manejo de suelos (Lara-Herrera *et al.*, 2016). Estos excesos han presentado consecuencias ambientales, económicas y de productividad en los cultivos en ambiente protegido (Padilla-Bernal *et al.*, 2012).

Adicionalmente, en la agricultura protegida se presentan otros problemas que pueden impactar en el medio ambiente y en la salud pública. Esto se refiere a las grandes cantidades de residuos sólidos y verdes, tales como los plásticos desechados al renovar cubiertas y tuberías de riego, así como los residuos vegetales que pueden ser portadores de microorganismos patógenos y fitopatógenos y los sustratos; además de las grandes cantidades de agua de riego aplicadas a los cultivos (Padilla-Bernal *et al.*, 2015). La sustentabilidad se ha convertido en un gran reto para las unidades de producción (UPs) bajo agricultura protegida.

Los productores agrícolas en México reportan escasez de información sobre aspectos ambientales y su gestión, así como de las políticas agroambientales establecidas (FAO, 2014c). Padilla Bernal *et al.* (2018) señalan que hay pocos estudios que muestren opiniones de productores agrícolas sobre sustentabilidad y el desempeño ambiental de las UPs, así como los impulsores y barreras para la adopción de programas agroambientales, como en el caso de la agricultura protegida.

Perez-Espejo *et al.* (2011) señalan que antes y después de establecer un programa público que conlleve medidas agroambientales se requiere conocer las opiniones y actitudes de los productores. Tener claridad sobre las motivaciones de los productores para participar en un programa agroambiental, más allá de una compensación financiera, es crucial para quienes diseñan las políticas públicas. El objetivo de este trabajo es clasificar las opiniones sobre sustentabilidad en las UPs bajo agricultura protegida en el estado de Zacatecas, determinar las prácticas ambientales aplicadas, así como los impulsores y barreras para la adopción de un programa agroambiental. El estudio tiene la intención de apoyar estrategias para el diseño de las políticas públicas que contribuyan a la sustentabilidad del sector agrícola en México.

Se debe señalar, que en la actualidad existe gran cantidad de herramientas, medidas y estándares que tratan las diferentes dimensiones de la sustentabilidad en las UPs agrícolas y la cadena de valor (FAO, 2014a). Sin embargo, el trabajo hace mayor énfasis en la sustentabilidad ambiental y su gestión. Las preguntas de investigación son las siguientes: ¿cuál es la opinión sobre la sustentabilidad de los tomadores de decisiones en las UPs bajo agricultura protegida?, ¿qué tipo de prácticas agrícolas están siendo aplicadas en estas UPs?, ¿cuáles son las estrategias de cuidado y protección al ambiente seguidas en las UPs bajo agricultura protegida?

Materiales y métodos

Diseño del cuestionario y recopilación de datos

La información requerida se obtuvo a través de un cuestionario aplicado a técnicos o propietarios de UPs bajo agricultura protegida del estado de Zacatecas. Para el diseño del cuestionario se tomó como referencia el aplicado en el año 2015 por Padilla-Bernal *et al.* (2018). El cuestionario se aplicó durante los meses de mayo a diciembre de 2016 en reuniones del Cluster de agricultura Protegida AC y visitas a las UPs.

Se aplicaron 86 cuestionarios, sólo 81 fueron completamente contestados y no duplicados, resultando ser útiles para el estudio. Los criterios de selección de las unidades de análisis a ser encuestada fueron: una superficie bajo agricultura protegida ≥ 1 ha, haber reportado actividad en el año agrícola 2015 y la disponibilidad del técnico o propietario para responder a las preguntas. El número de UPs y su ubicación se obtuvo de los padrones de productores registrados en el Cluster de Agricultura Protegida, AC, el Sistema Producto Tomate y algunos otros identificados; a través, del Sistema Producto Chile o en reuniones de productores.

Las UPs encuestadas cubren una superficie de 472.6 ha bajo agricultura protegida y 2 665 ha en campo abierto (la mayoría de las UPs con agricultura protegida también cultivan productos en campo abierto), distribuidas en 19 municipios del estado (Calera, Cañitas de Felipe Pescador, Fresnillo, General Enrique Estrada, Gral. Pánfilo Natera, Guadalupe, Jerez, Loreto, Morelos, Ojocaliente, Pánuco, Pinos, Tepetongo, Trancoso, Vetagrande, Villa de Cos, Villa Hidalgo, Villanueva y Zacatecas).

La superficie con sistemas de producción bajo agricultura protegida en donde se encuentran las UPs estudiadas representa 99.5% de la superficie estatal cultivada bajo esta modalidad (SIAP-SAGARPA, 2017). La estructura de la mayor parte de la UPs es raspa y amagado, tiene control de clima pasivo y cultivan en suelo. Sólo 34 cuentan con alguna certificación, de las cuales 15 exportan sus productos (Cuadro 1). El grado máximo de estudios de 65% de los encuestados es licenciatura o posgrado y 47% tiene edad mayor a 50 años.

Cuadro 1. Características de las unidades de producción.

Características	Descripción	(%)	
Tipo de agricultura (superficie cultivada en ha)	Agricultura protegida (ha)	472.6	15.1
	Campo abierto (ha)	2 665	84.8
	Total (ha)	3 137.6	100
Tipo de estructura en agricultura protegida (superficie cultivada en ha)	Malla sombra	170.2	36
	Raspa y amagado	217.9	46.1
	Multitúnel	84.5	17.9
	Superficie total (ha)	472.6	100
Control de clima (UPs)	Activo	5	6.2
	Pasivo	76	93.8
Forma de cultivo (UPs)	Suelo	76	93.8
	Hidroponía	5	6.2
Tipo de mercado donde venden sus productos	Local	15	18.5
	Nacional	34	42
	Local y nacional	17	21
	Nacional e internacional	15	18.5
Certificaciones de la unidad de producción	Cuenta con alguna certificación	34	42
	No cuenta con certificaciones	35	43.2
	En proceso de certificación	12	14.8

Elaboración basado en el trabajo de campo.

Procesamiento de datos

La determinación de las opiniones sobre sustentabilidad se hizo a través de 12 preguntas, adaptando lo propuesto por Rankin *et al.* (2011); Hauschildt y Schulze-Ehlersb (2014) y lo usado por Padilla-Bernal *et al.* (2018). Las preguntas se presentaron dentro de una escala del 1 al 5 en donde 1= no estar de acuerdo y 5= totalmente de acuerdo. Para reducir opiniones sobre sustentabilidad, tener mayor claridad en el manejo de datos, la información se sometió a un análisis de componentes principales (ACP) con rotación Varimax.

Los datos se procesaron usando el SPSS v23. Para incluir un indicador en un factor se consideró una carga factorial mayor o igual a 0.5 y para determinar la consistencia interna y confiabilidad de los factores se consideró un coeficiente Alfa Cronbach mayor o igual a 0.70. Este coeficiente puede tomar valores desde 0 hasta 1, Tavakol y Dennick (2011) exponen que un valor mayor a 0.7 es considerado como aceptable. Con el fin de agrupar a los encuestados con base en sus opiniones sobre sustentabilidad, se hizo un análisis de conglomerados jerárquico (ACJ), aplicando el método Ward y haciendo uso de la tabla de aglomeración y el dendrograma (Czillingová *et al.*, 2012). El perfil de los grupos fue determinado usando análisis de varianza (Anova).

El desempeño ambiental de la UP se obtuvo tomando de referencia lo propuesto por Carruthers (2005). A diferencia de Padilla-Bernal *et al.* (2018) en donde se hacían preguntas sobre percepción de las acciones realizadas, las preguntas se hicieron de acuerdo a las prácticas agroambientales, así como la infraestructura existente en la UP. Las variables evaluadas fueron: agua, suelo, biodiversidad, agroquímicos, polución, manejo de residuos y gestión ambiental del negocio.

Cada variable tenía cuatro preguntas (indicadores), con opciones de respuesta del 1 al 5, donde 1 era no aplicación de la práctica agrícola o aplicación en forma más rudimentaria o menos amigable con el ambiente o en su caso la no disponibilidad de infraestructura y 5 aplicación de las mejores prácticas agrícolas de forma sustentable o disponibilidad de infraestructura orientada a cuidar y proteger el ambiente. El índice por variable representa la relación entre el puntaje de la variable estudiada respecto al máximo posible. Para hacer comparable todas las puntuaciones, se consideró al puntaje máximo como diez. El índice de desempeño ambiental (IDA) se obtuvo como un promedio de las variables consideradas.

Para la determinación de los motivadores y barreras para la adopción de un programa agroambiental se siguió lo propuesto por Padilla-Bernal *et al.* (2018), se hicieron siete preguntas en cada caso, con opciones del 1 al 5 en donde 1= no importante y 5= totalmente importante. El valor de los motivadores y barreras se determinaron como un promedio por grupo de indicadores.

Resultados y discusión

Opinión sobre sustentabilidad y su gestión

Las opiniones sobre sustentabilidad, la media, desviación estándar y las cargas factoriales del ACP se presentan en el Cuadro 2. Se obtuvieron tres factores con eigenvalores mayores a la unidad que explican 65.52% de la varianza total. Éstos se denominaron ‘ambientalista y normativo’, ‘orientado a la organización y mercado’ e ‘impulsado por la rentabilidad’. A diferencia de lo obtenido por

Hauschildt y Schulze-Ehlersb (2014); Padilla-Bernal *et al.* (2018), sólo dos factores resultaron estadísticamente significativos. El tercer factor ‘impulsado por la rentabilidad’ se excluyó en análisis posteriores al ser explicado por solo el indicador una estrategia para ahorrar costos. El indicador una oportunidad para mejorar el ingreso de la UP al obtener una carga factorial mayor a 0.5 en dos factores no se considera dentro del tercer factor.

Cuadro 2. Media, desviación estándar y cargas factoriales del ACP de las opiniones sobre sustentabilidad.

Opiniones sobre sustentabilidad	Media [†]	Desviación estándar	Ambientalista y normativo	Orientado a la organización y mercado	Impulsado por la rentabilidad
Una creencia que conduce a cuidar y proteger el ambiente	4.38	0.845	0.849	0.078	0.201
Reducir el impacto en el ambiente para su preservación en el futuro	4.38	0.86	0.821	0.238	0.138
Una forma de reducir riesgo en la UP	4.4	0.832	0.711	0.447	-0.192
Cumplir con las leyes y estándares de protección al ambiente	4.11	0.962	0.698	0.136	0.259
Una estrategia para mejorar la posición de la UP a largo plazo	4.2	0.813	0.618	0.385	-0.117
Producir productos inocuos, seguros para los consumidores	4.46	0.759	0.504	0.428	0.181
Una forma de mejorar el ambiente de trabajo	4	0.88	0.137	0.793	0.191
Conjunto de valores sobre los que se trabaja en la UP	3.63	0.98	0.284	0.746	-0.102
Una forma de fortalecer la imagen de la UP	4.22	0.806	0.191	0.689	-0.122
Una oportunidad para mejorar el ingreso de la UP	3.91	1.002	0.214	0.647	0.574
Una estrategia para mejorar la posición en el mercado	4.25	0.929	0.381	0.573	0.392
Una estrategia para ahorrar costos	3.31	1.114	0.105	-0.062	0.85
Eigenvalue			5.335	1.309	1.219
Cronbach's Alpha			0.857	0.816	

[†]= observaciones totales= 81. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO)= 0.849. Escala de medición: 1= no aplica o no de acuerdo con; 5= totalmente de acuerdo.

La opinión sobre agricultura sustentable es uno de los factores más importantes que contribuyen a su adopción (SAI Platform, 2015). Pérez-Espejo *et al.* (2011) señalan que la percepción sobre la sustentabilidad y la potencial implementación de políticas agroalimentarias, tales como programas voluntarios, es primordial para el manejo de problemas ambientales en países en desarrollo.

Prácticas agrícolas orientadas al cuidado de los recursos naturales y la gestión ambiental

En cuanto a las prácticas agrícolas orientadas al cuidado y protección al ambiente, se calculó el IDA por tipo de mercado donde las UPs comercializan sus productos. Con base en el Anova de un solo factor se encontró que las UPs que venden sus productos en mercados nacionales e internacionales reportan los IDAs promedio más elevados que las que lo hacen en los mercados local, nacional y local y nacional (Cuadro 3), reportándose diferencias estadísticamente significativas entre estos tres grupos y el primero.

Cuadro 3. Índice de desempeño ambiental de las UPs de agricultura protegida por tipo de mercado.

Ambientes	Local		Nacional		Local y nacional		Nacional e internacional		Total	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Agua	5.6	1.26	6.06	1.43	5.74	1.49	7.03	1.08	6.09	1.42
Suelo	5.83	1.89	6.56	1.69	6.21	2.46	7.5	1.46	6.52	1.92
Biodiversidad	6.83	1.73	6.81	1.35	6.82	1.14	7.7	1.4	6.98	1.41
Agroquímico	7.73	2.51	8.46	1.73	8.82	1.41	9.8	0.41	8.65	1.79
Polución	6.4	2.25	7.26	2.27	6.76	2.34	9.6	0.69	7.43	2.32
Manejo de residuos	3.23	1.79	4.21	2.16	4.47	2.12	6.73	1.94	4.55	2.31
Gestión ambiental del negocio	2.93	1.28	3.57	1.87	3.76	1.86	5.63	1.71	3.88	1.93
IDA	5.51	1.21	6.13	1.33	6.08	1.45	7.71	0.82	6.3	1.43

DE = desviación estándar; IDA= índice de desempeño ambiental.

Al haber encontrado homogeneidad de varianzas (p -value= 0.197) se aplicó el procedimiento Tukey (p -value < 0.001). Los resultados sugieren que comercializar el producto en el mercado internacional marca una diferencia en las prácticas agrícolas de cuidado al ambiente aplicadas en las UPs. Sin embargo, debe hacerse notar que el IDA promedio de las UPs estudiadas es 6.3, valor 37.0% menor que el índice de referencia (IDA= 10). Los resultados hacen notar que falta aún de trabajo por realizar para lograr UPs más sustentables.

Los IDAs por variable más elevados se obtuvieron en agroquímicos (8.65) y polución (7.43). En la variable agroquímicos se consideraron los indicadores: almacenamiento de agroquímicos en lugar adecuado; uso de dosis y aplicación adecuada de agroquímicos a cultivos; monitoreo de plagas para decidir la aplicación de agroquímicos y uso sólo de agroquímicos autorizados por organismos reguladores. En el caso de la variable polución los indicadores fueron: evitar quema de pajas y rastrojos, así como otros materiales; uso de agua potable para higiene de equipos y trabajadores, uso de plancha de preparación de soluciones para mezcla de agroquímicos y uso de un área especial para almacén de ropa y equipo de protección diferente del almacén de plaguicidas.

Los valores obtenidos en las variables agroquímicos y polución se atribuyen a la amplia difusión de los programas gubernamentales que promueven la certificación en el buen uso y manejo de agroquímicos (BUMA) y la reducción de la contaminación en su aplicación -sistema de reducción de riesgos de contaminación de producción primaria de vegetales (SRR)- (SENASICA, 2016).

Las variables que registraron los valores más bajos en el IDA fueron las que involucran actividades con gestión ambiental del negocio (3.88) y manejo de residuos (4.55). Los indicadores considerados en la variable gestión del negocio son: aplicación de un programa de capacitación en aspectos ambientales para trabajadores, elaboración de planes de contingencia ambiental, diseño de programa de reducción de residuos sólidos y verdes y uso de energías alternativas para la producción agrícola o en el manejo poscosecha.

Los aspectos evaluados en la variable manejo de residuos fueron: triple lavado y perforado de los envases vacíos de plaguicidas; envío a un centro de confinamiento los envases de agroquímicos vacíos, envío de los desechos de plásticos, tubos, cintilla a un centro de acopio para su reciclado, depósito de desechos de plantas en un área especial para elaboración de abonos. Los valores obtenidos en estas variables denotan un desempeño 50% inferior al valor máximo del IDA, sugiriendo la necesidad de más información y capacitación en las UPs sobre los aspectos mencionados. La mayor parte de los encuestados contestaron que no realizan la actividad relacionada con el indicador o no cuentan con los espacios requeridos para el desarrollo de la actividad.

Estrategias orientadas a la adopción de un programa integral de cuidado y protección al ambiente (PICPA): motivadores y barreras

Las motivaciones más importantes para la adopción de un PICPA fueron: facilitar el acceso a mercados nacionales e internacionales (4.5) y evitar daños a los trabajadores (4.5) (Cuadro 4) respuestas semejantes a las encontradas por Padilla-Bernal *et al.* (2018) y congruente por lo planteado por Carruthers y Vanclay (2012) y SAI Platform (2015), quienes consideran al mercado como uno de los principales factores para la adopción de buenas prácticas agrícolas y la innovación.

Cuadro 4. Motivadores por tipo de mercado para la adopción de un programa agroambiental.

Motivadores	Local		Nacional		Local y nacional		Nacional e internacional		Total	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Facilitar el acceso a mercados nacionales e internacionales	4.8	0.6	4.4	0.7	4.2	1.1	4.8	0.6	4.5	0.8
Mejorar la imagen de la unidad de producción	4.6	0.5	4.2	0.7	3.9	1	4.9	0.4	4.3	0.7
Cumplimiento con normatividad para la protección al ambiente	4.1	0.8	3.8	1.2	3.9	1	4.7	0.6	4	1.1
Reducción de los costos de producción	4.4	1.1	4.2	1	4.6	0.7	3.9	1.5	4.3	1.1
Mejorar la sustentabilidad de la unidad de producción	4.7	0.5	4.1	1.1	4.1	0.8	4.5	0.8	4.3	0.9
Consistencia con principios personales	3.9	0.8	3.7	1.1	3.8	1.1	4.2	1	3.9	1
Evitar daños a los trabajadores	4.4	0.7	4.4	0.9	4.7	0.6	4.5	0.9	4.5	0.8
Índice: motivadores	4.4	0.4	4.1	0.6	4.2	0.5	4.5	0.5	4.3	0.6

DE= desviación estándar. Escala de medición: de 1= no importante a 5= totalmente importante.

Las barreras para la adopción de un PICPA, éstas se determinaron de acuerdo a lo propuesto por Carruthers (2005); Carruthers y Vanclay (2012); Merli *et al.* (2016). Los encuestados en promedio señalaron como una de las barreras más importantes no contar con apoyos gubernamentales (4.2), seguido de gastos adicionales en monitoreo, entrenamiento e inversión en infraestructura y equipo (4) (Cuadro 5). Resultado similar al reportado por Padilla-Bernal *et al.* (2018), quienes señalan que la aceptación de un programa agroambiental incrementa conforme los costos y esfuerzos técnicos disminuyen y los beneficios son claramente percibidos.

Cuadro 5. Barreras por tipo de mercado para la adopción de un programa agroambiental.

Barreras	Local		Nacional		Local y nacional		Nacional e internacional		Total	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Gastos adicionales en monitoreo, entrenamiento, infraestructura y equipo	4.3	1.2	4	1.1	4.1	1	3.5	1.2	4	1.1
No contar con personal capacitado en la UP sobre acciones que ayudan a proteger el ambiente	4.2	0.9	3.8	1.3	3.8	0.9	3.9	1.3	3.9	1.1
Desconocimiento sobre aspectos ambientales y su gestión	4	1.2	3.6	1.2	3.9	0.9	4	1	3.8	1.1
No saber cómo cuantificar el daño ambiental	3.9	1.3	3.8	1.3	4	1.1	4.1	1.1	3.9	1.2
Falta de tiempo para planear e implementar acciones ambientales	3.7	1.3	3.4	1	3.4	1.1	3.7	1	3.5	1.1
Demasiado papeleo y requisitos documentados	3.9	1.4	3.8	1	3.6	1.4	3.8	0.9	3.8	1.1
No contar con apoyos gubernamentales	4.1	1.2	4.4	0.8	4.5	0.6	3.5	1.4	4.2	1
Índice: barreras	4	0.8	3.8	0.7	3.9	0.5	3.8	0.7	3.9	0.7

DE= desviación estándar. Escala de medición: 1= no importante a 5= totalmente importante.

Análisis de conglomerados n las opiniones sobre sustentabilidad

El análisis de conglomerados se realizó con base en los dos componentes estadísticamente significativos obtenidos del ACP aplicado a las opiniones sobre sustentabilidad. Se obtuvieron tres grupos integrados por 44 (54.3%), 21 (25.9%) y 16 (19.8%) UPs respectivamente. Los grupos se describen con base en el ANOVA de un factor (Cuadro 6). Aplicando la prueba de Levene se encontró homogeneidad de varianza para la mayor parte de las variables. En estos casos para identificar diferencias significativas entre los grupos se usó el procedimiento Tukey, y en el resto de los casos se aplicó el Games-Howell (Morgan *et al.*, 2011).

Los tres grupos presentaron diferencias estadísticamente significativas en las opiniones ‘ambientalistas y normativas’ de sustentabilidad, mostrando valores promedio mayores en el grupo 1 (4.66), seguido del grupo 3 (4.43) y después el grupo 2 (3.53). Sin embargo, en las opiniones sobre sustentabilidad ‘orientadas a la organización y mercado’, los grupos 2 y 3 no muestran diferencias estadísticamente significativas. En cambio, el valor medio del grupo 1 (4.49) resultó ser estadísticamente diferente de los grupos 2 y 3. Estos resultados sugieren la denominación de los tres grupos de la siguiente manera: grupo 1 ‘ambientalista racional’, grupo 2 ‘ambientalista por norma’ y grupo 3 ‘ambientalista en potencia’.

Cuadro 6. Análisis de conglomerados y Anova para opiniones sobre sustentabilidad e indicadores de gestión ambiental en las UPs.

Factor/concepto (media/desv est)	A	B	C	F-Value
	Ambientalista racional (N= 44)	Ambientalista por norma (N= 21)	Ambientalista en potencia (N= 16)	
Ambientalista y normativo ^{GH}	4.66	3.53	4.43	47.28***
	0.24***(B)*(C)	0.71***(A, C)	0.39*(A)***(B)	
Orientado a la organización y mercado ^{GH}	4.49	3.52	3.29	58.15***
	0.33***(B, C)	0.61***(A)	0.50***(A)	
Desempeño ambiental				
Índice de desempeño Ambiental (IDA)	6.68	5.71	6.04	3.89**
	1.37**(B)	1.28**(A)	1.52	
Motivadores y barreras para adopción de un PICPA				
Índices motivadores	4.39	3.95	4.28	4.75**
	0.49***(B)	0.61***(A)	0.54	
Índice barreras	3.86	3.84	3.92	0.061
	0.72	0.63	0.6	

Media= media aritmética; des est= desviación estándar. Letras mayúsculas entre paréntesis indican diferencias significativas entre grupos individuales. Índice de los componentes: promedio simple de las respuestas en cada indicador incluido en el factor GH, el estadístico de prueba Levene indicó que las varianzas no son homogéneas al menos al 10% de significancia. Por lo tanto, la prueba-Posthoc se basó en Games-Howell.

En cuanto al IDA, los resultados del análisis de conglomerados muestran diferencias estadísticamente significativas entre las prácticas agrícolas aplicadas en los grupos 1 y 2, mientras que el valor promedio del IDA del grupo 3 (6.04) no presenta diferencias con los valores promedio de los grupos 1 y 2 (6.68 y 5.71 respectivamente). En lo que se refiere a los motivadores y barreras para la adopción de un PICPA, los índices promedio de barreras mostrados en los tres grupos no muestran diferencias significativas. Por su parte el índice promedio de motivadores presenta diferencias estadísticamente significativas entre los grupos 1 y 2, siendo el caso opuesto entre los grupos 2 y 3. Los resultados del análisis de conglomerados permiten observar que el grupo ‘ambientalista racional’ presenta valores promedio superiores a los otros dos grupos en los índices analizados, exceptuando el caso del índice barreras que resultó no significativo estadísticamente.

Referente a la disposición a adoptar un PICPA en las UPs, se encontró que 85.2% de los encuestados (69 UPs) expresaron su aceptación a la adopción del programa, 12.3% dijeron no aceptar (10 UPs), mientras que 2.5% no saben (2 UPs). Estos valores mostraron diferencias estadísticamente significativas (prueba de χ^2). Las razones que argumentaron los encuestados para la aceptación del programa son: mejorar la sustentabilidad de la UP, evitar daños al medio ambiente y tener mejor acceso a mercados nacionales e internacionales. Los que no lo aceptan o dudan en su aceptación, las razones que expusieron fueron principalmente: negligencia del propietario, falta de recursos para actividades que ayuden a cuidar el ambiente, desconfianza en los programas gubernamentales y falta de información sobre el tema.

A diferencia de los grupos ‘ambientalista por norma’ y ‘ambientalista en potencia’, el grupo ‘ambientalista racional’ presenta indicadores que muestran mejor desempeño ambiental y características que orientan a las UPs hacia la adopción de un PICPA (Cuadro 7). El 50% del grupo ‘ambientalista racional’ presenta estructuras de ambiente protegido tipo raspa y amagado, en este grupo se encuentran 3 (60%) de las 5 UPs analizadas con clima activo y 80% de las que cultivan en hidroponía. El 65.9% de este grupo cuenta con alguna certificación o está en proceso de obtenerla. La mayor parte de las UPs exporta sus productos y 61.4% de los encuestados cuenta con estudios superiores.

Cuadro 7. Comparación del perfil de los grupos.

Característica		A	B	C
		Ambientalista racional (N= 44)	Ambientalista por norma (N= 21)	Ambientalista en potencia (N= 16)
Disposición a adoptar un PICPA [†]	Sí	42	14	13
	No	1	7	2
Estructura [‡]	No se	1		1
	Malla sombra	6	8	3
	Raspa y amagado	22	8	11
	Multitúnel	7	1	2
	Malla sombra y raspa y amagado	3	3	
	Raspa y amagado y multitúnel	3		
	Malla sombra y multitúnel	2		
Control de clima	Malla sombra, raspa y multitúnel	1	1	
	Activo	3	1	1
Forma de cultivo	Pasivo	41	20	15
	Suelo	40	21	15
Certificaciones	Hidroponía	4		1
	Sí	21	7	6
Mercado	No	15	13	7
	En proceso	8	1	3
	Local	10	4	1
	Nacional	15	12	7
	Local y nacional	9	4	4
Escolaridad del encuestado	Nacional e internacional	10	1	4
	Primaria	3	1	1
	Secundaria	7	6	1
	Preparatoria	7	0	2
	Licenciatura	23	13	8
	Posgrado	4	1	4

[†]= χ^2 -value= 13.98 < 0.05; [‡]= en una misma UP puede haber naves construidas con diferentes tipos de estructuras.

Conclusiones

La opinión de los encuestados sobre la sustentabilidad se resumió en dos factores, sugiriendo que está determinada por dos grandes ejes: cuidar y proteger el ambiente con base en el cumplimiento de las normas y aspectos internos de la UP y de mercado, situación que permite apreciar que el aspecto social no forma parte central en la percepción sobre sustentabilidad de las UPs. El IDA mostró que en las UPs bajo agricultura protegida aún falta mucho por cambiar para lograr sistemas de producción sustentables, esto es, la adopción de prácticas de producción que apoyen a conservar los recursos naturales. Aspecto que se hace más visible en actividades relacionadas al manejo de residuos y el establecimiento de estrategias formales de protección al ambiente.

Sin embargo, las UPs que comercializan sus productos en los mercados nacionales e internacionales presentaron IDAs superiores a las que solo lo hacen en el mercado local o nacional, sugiriendo que el mercado es un factor determinante en la adopción de prácticas de producción más sustentables, condición que les ayuda a ser viables económicamente.

Los tres grupos obtenidos con base en las opiniones de sustentabilidad muestran fundamentalmente dos grandes visiones sobre el tópico. Un primer grupo que fundamenta su visión a partir de cuidar y proteger el ambiente considerando aspectos internos de la organización y el acceso a los mercados y el otro grupo que tiene una visión relajada sobre el cuidado al ambiente, considerando para estos fines menor relevancia a los aspectos de mercado y de la organización, así como aspectos sociales. El primer grupo se caracteriza por tener una proporción de UPs elevada con disposición a aceptar la adopción de un PICPA (95.4%), más de 50% de las UPs cuentan con alguna certificación o están en proceso de obtenerla y tiene el mayor número de UPs que comercializa su producto en el mercado internacional.

Para el diseño e implementación de un PICPA en el sector agrícola se sugiere lo siguiente: a) condicionar los apoyos directos a los productores al establecimiento de prácticas agrícolas sustentables o a la adquisición de infraestructura amigable con el medio ambiente, integrando estándares de inocuidad alimentaria, biodiversidad y de gestión ambiental. Esto debería ir acompañado de un servicio de extensionismo que proporcione asistencia técnica efectiva; y b) Iniciar la promoción del programa con un grupo piloto integrado por las UPs que forman parte del grupo 'ambientalista racional', aunado a una campaña de información sobre las implicaciones de las buenas prácticas agrícolas en la sustentabilidad de las UPs.

Literatura citada

- Carruthers, G. 2005. Adoption of environmental management systems in agriculture. An analysis of 40 case studies. Publication No. 05/032. RIRDC. Australian Government. Australia. 178 p.
- Carruthers, G. and Vanclay, F. 2012. The intrinsic features of Environmental Management Systems that facilitate adoption and encourage innovation in primary industries. *J. Environ. Manage.* 110:125-134. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.06.003>.
- CNA. 2015. Disponibilidad de agua subterránea. DOF abril 20 de 2015. <http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?n1=3&n2=62&n3=112>.

- Czillingová, J.; Petruška, I. and Tkáč, M. 2012. Financial and economic analysis of steel industry by multivariate analysis. *Ekonomický časopis. J. Econ.* 60 (4): 388-405.
- FAO. 2012. Greening the economy with agriculture. *In: greening the economy with agriculture.* El-Hage Scialabba, N. (Coord.). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 1-32 pp.
- FAO. 2014a. Building a common vision for sustainable food and agriculture. Principles and approaches. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 50 p.
- FAO. 2014c. Políticas agroambientales en América Latina y el Caribe. Análisis de casos de Brasil, Chile, Colombia, México y Nicaragua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago, Chile. 37-42 pp.
- García, V.; N van der Valk, O. and Elings, A. 2011. Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed. Wageningen, Wageningen UR Greenhouse Horticulture. Rapport GTB-1126. Ministry of Economic Affairs. Agriculture e Innovation. 106 p.
- Hauschildt, V. and Schulze-Ehlersb, B. 2014. An empirical investigation into the adoption of green procurement practices in the German Food Service Industry. *Int. Food Agribus. Manage. Rev.* 17(3):1-32.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA. Cambridge University Press. 811-869 pp.
- Lara-Herrera, A.; Padilla-Bernal, L. E.; Avelar, J. J.; Reyes Rivas, E.; Llamas, J. J.; González, J. R. 2016. Manejo sustentable de la producción de hortalizas en ambiente protegido en Zacatecas. *In: ponencia presentada en el Encuentro de Investigadores en Gestión Ambiental 2016.* Zacatecas. UACyA-UAZ. 1-24 pp.
- Merli, R.; Preziosi, M. and Ippolito, C. 2016. Promoting sustainability through EMS application: A survey examining the critical factors about EMAS registration in Italian organizations. *Sustainability.* 8(197):1-14. doi:10.3390/su8030197.
- Morgan, G. A.; Leech, N. L.; Gloeckner, G. W. and Barrett, K. C. 2011. IBM SPSS for introductory statistics: use and interpretation. Routledge. New York. 164-183 pp.
- Padilla-Bernal, L. E.; Lara-Herrera, A.; Rivas-Reyes, E. and Pérez-Veyna, O. 2012. Competitiveness, efficiency and environmental impact of protected agriculture in Zacatecas, México. *Int. Food Agribus. Manage. Rev.* 15(4):49-64.
- Padilla-Bernal, L. E.; Lara-Herrera, A.; Reyes-Rivas, E. and González-Hernández, J. R. 2015. Assessing environmental management of tomato production under protected agriculture. *Int. Food Agribus. Manage. Rev.* 18(3):193-210.
- Padilla-Bernal, L.E.; Lara-Herrera, A.; Vélez-Rodríguez, A. and Loureiro, M. L. 2018. Views on sustainability and the willingness to adopt an environmental management system in the Mexican vegetable sector. *Int. Food Agribus. Manage. Rev.* 21(3):423-436. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2017.0015>.
- Perez-Espejo, R. Aguilar Ibarra, A. and Escobedo-Sagaz, J. L. 2011. Agriculture and water pollution: Farmers' perceptions in Central Mexico. *Int. J. Water Res. Dev.* 27(1):263-273. <https://doi.org/10.1080/07900627.2010.537245>.
- Pérez-Espejo, R. Santos Baca, A. y Aguilar Ibarra, A. 2012. Propuestas de política agroambiental. *In: Agricultura y contaminación del agua. In: Pérez-Espejo, R. (Coord.). México: UNAM-IIIE.* 255-273 pp.

- Rankin, A.; Gray, A. W.; Boehlje, M. D. and Alexander, C. 2011. Sustainability strategies in U.S. agribusiness: understanding key drivers, objectives, and actions. *Int. Food Agribus. Manage. Rev.* 14(4):1-20.
- SAI Platform. 2015. Partnering with farmers towards sustainable agriculture: overcoming the hurdles and leveraging the drivers. Practitioners' guide 2.0. Sustainable Agriculture Initiative. Brussels, Belgium. 114 p.
- SENASICA. 2016. Lineamientos generales para la operación y certificación de sistemas de reducción de riesgos de contaminación en la producción primaria de alimentos de origen agrícola. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera. México. 11 p.
- SIAP-SAGARPA. 2017. SIACON-NG. Sistema de Información Agroalimentaria. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/Siacon/SIACON-NG.zip>.
- Tavakol, M. and Dennick, R. 2011. Making sense of Cronbach's alpha. *Int. J. Med. Educ.* 2:53-55. DOI: 10.5116/ijme.4dfb.8dfd.