

TECNIFICACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO REGIONAL DE VERACRUZ

Jessica Garizurieta-Bernabe*, Erick García-Sánchez

¹Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 91000.

*Autor de correspondencia: jgarizurieta@uv.mx

RESUMEN

El desarrollo, exige actuaciones en el plano microeconómico, toda vez que, las ventajas competitivas, son de carácter dinámico y se encuentran basadas en la introducción de innovaciones tecnológicas, con el fin de mejorar la productividad, calidad y diversificación de bienes y servicios. Se puede afirmar que, la introducción de innovaciones en la base productiva de un territorio, permite impulsar el desarrollo económico del mismo. Cuando se habla de innovación agropecuaria, se hace referencia a las nuevas tecnologías que se complementan con las tareas en el campo y generan datos e información que el productor utiliza para tomar mejores decisiones. El objetivo de este estudio, fue generar un diagnóstico de tecnificación del campo del cultivo de maíz en el municipio de San Juan Evangelista, Veracruz, con el uso de agricultura de precisión (AP), para optimizar el uso de los suelos y con ello, dinamizar el desarrollo regional. La metodología utilizada fue cuantitativa y cualitativa, a través de recolección de información documental y el instrumento de entrevista estructurada, dirigida a productores de maíz de la región. A partir de los resultados, se concluye que las herramientas de aplicación tecnológica, incrementan el rendimiento de la cosecha en términos económicos y volumen de grano. No obstante, debe ocurrir la participación grupal de los agricultores del municipio, para trabajar de la mano con la dirección agrícola del gobierno municipal. Esto, con el fin de introducir maquinaria a los campos de manera menos costosa y con mayor organización.

Palabras clave: agricultura sostenible, crecimiento territorial, desarrollo económico, tecnología agrícola, tecnología y producción.

INTRODUCCIÓN

El maíz, es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria. Específicamente, en México, es el cultivo con mayor relevancia económica, social y cultural. En 2016, llegó a aportar 14.5% del Producto Interno Bruto agrícola (PIB), asimismo, socialmente, representa una de las bases alimentarias de la población “con un consumo promedio *per cápita* al año de 196.4 kg. de maíz blanco, especialmente en tortillas, representa 20.9% del gasto total en alimentos, bebidas y tabaco realizado por las familias mexicanas” (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2017, p. 2).

En general, la producción de maíz se divide en blanco y amarillo. En México, el primero, se destina principalmente al consumo humano y representa, 86.9% de la producción; mientras que, el maíz amarillo, se destina a la industria o la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria (SAGARPA, 2017). De acuerdo con el gobierno de México (2020), los pequeños productores aportan alrededor de 60% de la producción nacional de maíz; y sobresale el Estado de Sinaloa, con una producción mayor a los 6 millones de toneladas.

Citation: Garizurieta-Bernabe J, García-Sánchez E. 2024. Tecnificación del cultivo de maíz como estrategia para el desarrollo regional de Veracruz. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i3.1609>

Editor in Chief:
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: May 18, 2023.
Approved: July 11, 2023.

Estimated publication date:
June 18, 2024.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license.



Si bien en el año 2019, se cosecharon más de 7 millones de toneladas por hectárea de maíz (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2019b), esta producción, no ha sido suficiente para cubrir la demanda al interior del país, lo cual ha llevado, a incrementar sus importaciones y a ubicarlo, como el tercer lugar mundial en importación de maíz (Statista Research Department, 2022).

Se observa que, sólo 15.5% de los agricultores, utilizan podas y cosechadoras; en tanto que 25.3%, todavía hace uso de animales de tiro o yunta en su proceso de cultivo (INEGI, 2019b); por lo que se puede considerar que, uno de los factores de producción insuficiente, es que los agricultores, no cuentan con la infraestructura necesaria, ya que la mayor parte de los agricultores, no tienen acceso a tecnología.

Lo anterior, ha conllevado a una producción deficitaria, tan sólo el año pasado, esta producción, disminuyó en 1.8% respecto del 2020, y se obtuvo un valor menor en términos reales (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022). Por esta razón, a pesar de estar en el séptimo lugar de producción a nivel mundial (Gobierno de México, 2020), el maíz, es de los cereales más importados (Statista Research Department, 2022). En lo que respecta a la fuerza de trabajo laboral en el cultivo de maíz, para el 2021, fue de 2 millones de personas, con un salario promedio de \$948 por 37.5 horas a la semana (DataMéxico, 2021).

De acuerdo con el Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal (INVEDEM, 2019) y el Sistema de Información Estadística y Geografía del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER, 2021), el Estado de Veracruz, es una de las entidades con mayor porcentaje de población ocupada en el campo (21.7%). Tan sólo en el 2019, el total de productores aportaron “610.2 mil toneladas de maíz, con un rendimiento de 2.2 toneladas por hectárea y un autoconsumo del 53.7% de la producción” (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA], 2019, p. 10).

Aunque en el Estado de Veracruz, los principales productos agrícolas son caña de azúcar, limón, naranja y plátano (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2019a), en el municipio de San Juan Evangelista, Veracruz, el 50.5% del total de la superficie usada para la agricultura, se destina al cultivo de maíz. Significa que, es la principal actividad económica de una población caracterizada por su alto índice de pobreza y marginación (Plan Municipal de Desarrollo, 2018; SIEGVER, 2021).

Este municipio, es considerado agrícola y ganadero en su mayoría, aunque también se da la pesca; no existe investigación que describa o sustente estas actividades. Aun así, no ha logrado tener un crecimiento económico a partir de su principal actividad productiva, debido a que las hectáreas utilizadas para siembra, se localizan principalmente, en regiones marginadas y con mediano o bajo potencial productivo. Por estas razones, el destino de la producción es básicamente el autoconsumo.

Con el objetivo de favorecer los índices de productividad de la región, así como su desarrollo socioeconómico, este estudio, buscó identificar la viabilidad de tecnificación del cultivo de maíz en la región de San Juan Evangelista, Veracruz, al utilizar agricultura de precisión, a través de un diagnóstico con enfoque sistémico. Para ello, se presentan en principio, los datos teóricos que sustentan la investigación en un marco conceptual, con referencia al

enfoque de la agricultura de precisión. Después, se describe el proceso metodológico y se expone el instrumento utilizado, más el trabajo de recolección de datos, para derivar una propuesta de mejora a través de un análisis FODA.

MARCO TEÓRICO

La agricultura tradicional, no se basa en el uso de tecnología moderna. Sino que es una actividad rudimentaria, donde el modo de trabajar la tierra, se fundamenta en conocimientos o prácticas ancestrales y empíricas que se comunican de generación en generación. En su mayoría, la producción depende de las capacidades físicas del agricultor y de sus trabajadores, dado que las herramientas que se utilizan son la hoz, la azada o la pala, y en algunos casos, el tractor, pero no a su máxima potencia. Lo anterior, hace que tanto el rendimiento, como la optimización de los recursos para obtener mejores productos, sean bajos.

En la búsqueda de mejorar las condiciones agrícolas, en la década de los setenta, se inició la incorporación de nuevos enfoques en la agricultura, relacionados con el apoyo en avances tecnológicos y la mecanización de equipos agrícolas (Purón y Tejeda, 2021). Posteriormente, a finales de los años ochenta y principios de los noventa, con la disponibilidad civil del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se comenzó a incorporar esta tecnología en la gestión de labores agrícolas en función de la ubicación; recibiendo este conjunto de capacidades y herramientas, el nombre de Agricultura de Precisión (AP) (Purón y Tejeda, 2021). A partir de entonces, al día de hoy, más de 269 artículos de investigación se han realizado respecto al tema, siendo los países asiáticos, los que mayores contribuciones han hecho, por el contrario de Latinoamérica, donde sólo se observa la búsqueda de su aplicación en algunos países como Colombia, Ecuador y México (Díaz *et al.*, 2021).

Mantovani *et al.* (2014), definieron la agricultura de precisión, como la aplicación de tecnologías y principios para el manejo de la variabilidad espacial y temporal, asociada con todos los aspectos de la producción agrícola. Con el propósito de mejorar la productividad del cultivo y la calidad ambiental, estos autores, concluyeron que la aplicación de tecnologías, deben ser de acuerdo con las características del suelo (química, física, topográfica, etc.), a fin de aprovechar al máximo de los recursos y ofrecer mejor calidad en el producto. Por lo tanto, el uso de este tipo de agricultura, es acorde a la variabilidad del suelo.

En el mismo orden de ideas, se encuentra la definición de Rambauth (2022), para quien la agricultura de precisión, hace referencia a la utilización de tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), con el objetivo de obtener información detallada sobre las características del suelo, los sistemas de riego, la cantidad de agua y otras variables relacionadas con los cultivos en un área específica o parcela. Esta información, puede ser empleada tanto para describir el estado actual de estos elementos, como para prever su comportamiento futuro, lo que permite la planificación de estrategias para controlar y gestionar de manera más efectiva, las variables involucradas en la producción agrícola.

Por lo tanto, la agricultura de precisión, es un conjunto de estrategias de manejo del cultivo, aplicadas con apoyo de tecnología y de acuerdo a las características del campo y el sistema productivo, permitiendo a los productores, una mejora en el aprovechamiento de los recursos y la calidad de sus cosechas (Berger, 2019; De Carvalho *et al.*, 2007, Ramírez

et al., 2021), lo cual, representa al final, una mayor demanda y por consiguiente, mayor rendimiento económico.

La aplicación de la agricultura de precisión en los cultivos tradicionales, proporciona una variedad de beneficios a los agricultores, pues habla no solo de procedimientos, sino de grandes y mejores resultados en la producción, tal como lo señala Rambauth (2022), quien menciona que se trata de poder producir la mayor cantidad de cultivos en el menor tiempo posible y con el menor costo y respetando al ambiente, en la mayor manera posible. Al hablar de la reducción de costos, se atribuye el beneficio a la utilización de maquinaria agrícola apta y mejorada, ya que la agricultura de precisión, tiene como objetivo, reducir los gastos de los agricultores, minimizando la necesidad de fertilizantes, pesticidas y herbicidas, puesto que la tecnología, estará usando los componentes con moderación y sólo cuando sea necesario, por ejemplo, la alternativa a la fumigación con chorro de agua, ha supuesto un ahorro masivo y permite a los agricultores presupuestar mejor y mantener los costes al mínimo.

Del mismo modo, al aplicar prácticas más efectivas, se logra producir productos de mayor calidad. Esto se logra mediante diversas acciones, como supervisar activamente los niveles de nutrientes en el suelo, llevar a cabo labores de limpieza y riego de las plantas de manera precisa y solo cuando es necesario, gracias a la información generada por los sistemas de agricultura de precisión. Esto, a su vez, conlleva a una reducción de residuos, ya que, con prácticas de cultivo más eficientes y plantas más saludables, los cultivos tienen mayores probabilidades de prosperar, lo que hace que las temporadas de crecimiento, sean más sostenibles. Además, las mejoras en el almacenamiento mediante tecnología, reducen significativamente, las pérdidas de cultivos durante la fase de almacenamiento.

En cuanto a los beneficios en la gestión, estos hacen referencia a los procesos necesarios en los cultivos para la producción. De Carvalho *et al.* (2007) enfocaron este tipo de beneficios en cuatro procesos:

1. Siembra. Identificación de problemas u oportunidades en el terreno para la siembra de la semilla. Así mismo, ayudan a evaluar los sistemas de siembra, para permitir el crecimiento y el desarrollo ideal de la planta.
2. Fertilización y aplicación. Medición de la calidad de los cultivos y las necesidades de riego, conocimiento sobre las cantidades de cada una de las sustancias que necesita la planta para desarrollarse y producir en mayor cantidad y calidad y determinación de afectaciones al rendimiento (insectos, manchones, malezas, etc.).
3. Cosecha. Apoyo en la toma de decisiones, sobre el destino que se le dará a lo cosechado; consideradas la necesidad de secado y la capacidad de almacenaje disponible.
4. Planificación. Mejoramiento en la organización de las operaciones a campo (mayor eficiencia).

Aplicación de la agricultura de precisión en los cultivos de maíz

En general, las tecnologías adoptadas en la agricultura de precisión, suelen dividirse en tres etapas: recolección de datos, procesamiento e interpretación de la información y aplicación

de insumos (Flores, 2019; Moreira, 2022). Sin embargo, para Hernández (2021); Mantovani y Magdalena (2014); y De Carvalho *et al.* (2007), la aplicación de la agricultura de precisión, es posible gracias a la evolución de cinco tecnologías:

1. Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Establece la ubicación y apoya en la toma de decisiones en la práctica, para reducir errores en el relevamiento de datos.
2. Sistema de Informaciones Geográficas (SIG). Softwares compuestos por varios módulos dedicados al almacenamiento y procesamiento de datos con localización geográfica conocida (geoprocesamiento), que posibilita el análisis de patrones, integración y modelos espaciales, monitoreo, simulación de precisiones y presentación de gran cantidad de información en forma de mapas, gráficos, figuras y sistemas multimedia; contribuyen a la toma de decisiones para la intervención futura en áreas de baja productividad.
3. Análisis de datos georreferenciados (monitores de rendimiento y mapeo). Representación espacial de datos de rendimiento registrados durante la cosecha de un cultivo. La cantidad de información que se obtiene en cada punto del mapa de rendimiento, depende del monitor que se utilice; estos pueden ser: altura de cabezal, ancho de cosecha, distancia recorrida, velocidad de avance, flujo de granos, humedad de granos, pérdidas de cosecha, entre otros.
4. Percepción remota. Conjunto de técnicas que permiten recopilar y registrar datos sobre un determinado objeto, área o fenómeno, por medio de sensores, sin que haya un contacto físico directo.
5. Tecnologías de dosis variable (sensores, controladores y otros). Permiten mapear las variaciones, tales como la fertilidad dentro de las áreas cultivadas y definir intervenciones de manejo localizado (o sitio-específico), que procura optimizar, el uso de correctivos y fertilizantes por medio de aplicaciones a dosis variable, de acuerdo con la demanda local del cultivo.

Dentro de las anteriores tecnologías mencionadas, en los cultivos de maíz, sobresalen el uso y aplicación durante toda la etapa de producción del maíz de: plataformas para el análisis de datos para la toma de decisiones, la percepción remota mediante drones y tecnologías de dos variables, para la optimización del proceso de fumigación (Contreras, 2020; Ramírez *et al.*, 2022).

Paralelamente, se observa que su impacto en los cultivos de maíz es positiva, toda vez que, generan incrementos de hasta 10% en la producción, permiten ahorrar en el costo de insumos, disminuyen los impactos ambientales propios de los cultivos de maíz y se tiene un mayor rendimiento, toda vez que, mejoran la eficiencia en el uso de los recursos (Flores, 2019; González, 2022; Moreira, 2022; Ramírez *et al.*, 2022).

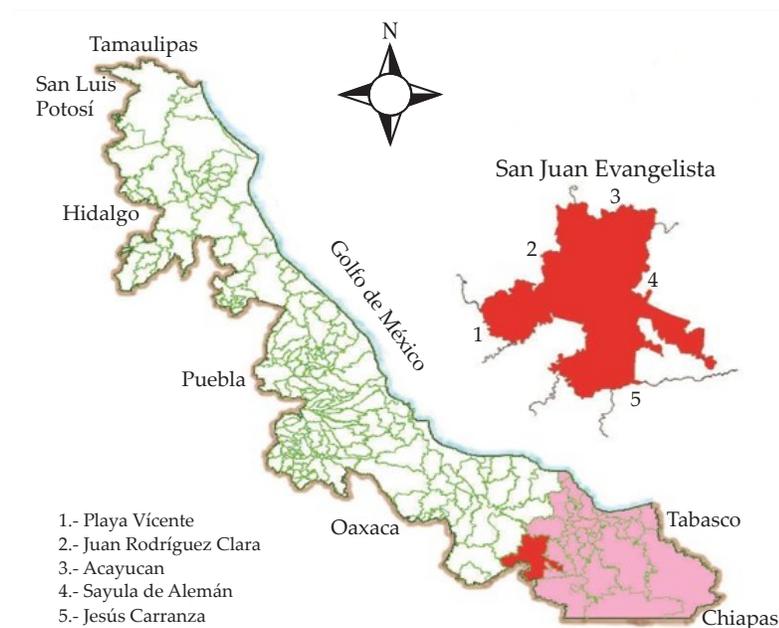
Dentro de las limitantes que se pueden considerar en la aplicación de estas herramientas, se encuentran: no conocer los sistemas y el uso de estos, el que los agricultores no quieran cambiar los procesos tradicionales y la falta de recurso o el temor a que no sea rentable. Tan solo en México, uno de los principales factores que limitan el uso y aplicación de la agricultura de precisión, es el acceso limitado a los factores de producción, teniendo mayor

relevancia, las prácticas tradicionales, los bajos ingresos que tienen las personas que trabajan la tierra, lo que incrementa su migración y la escasa asesoría técnica que se le da a los dueños de la tierra (López *et al.*, 2019).

METODOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO DE ESTUDIO

Con miras a contribuir en la disminución de la marginación y favorecer el incremento del desarrollo económico mediante la aplicación de la agricultura de precisión, se llevó a cabo un estudio en el municipio de San Juan Evangelista del Estado de Veracruz, cuya localización se muestra en la Figura 1, y se enfocó en el producto agrícola de maíz, por ser uno de los cultivos más demandados en el país.

Como primera fase, se realizó un diagnóstico con enfoque sistémico, a partir del cual fuera posible identificar los tipos de sistemas, herramientas, tecnologías y técnicas de producción aplicadas en los cultivos de maíz, así como su rendimiento económico; y al mismo tiempo, se tipificó el estado actual del cultivo de maíz en el municipio y se detectaron las oportunidades de crecimiento al aplicar AP. Posteriormente, la viabilidad de tecnificación del campo del cultivo del maíz utilizando agricultura de precisión, así como las estrategias de implementación de la agricultura de precisión, se determinó mediante la implementación de un análisis de Fuerzas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, denominado FODA. A través de una Matriz FODA, se hizo la formulación de estrategias (Cruces de variables). Esta técnica, fue de ajuste significativo para desarrollar cuatro tipos de estrategias: estrategias de fuerzas y oportunidades, estrategias de debilidades y oportunidades, estrategias de fuerzas y amenazas y estrategias de debilidades y amenazas.



Fuente: SIEGVER (2021).

Figura 1. Localización de San Juan Evangelista, Veracruz.

Las estrategias FO, utilizan el entorno interno las fuerzas para beneficiarse de las utilidades del entorno externo (oportunidades). La regla general las estrategias, se forma de siguiente manera: DO, FA o DA para situarse en el ambiente y así efectuar las tácticas FO. Las estrategias DO, procuran vencer las debilidades del entorno interno y beneficiarse de las oportunidades del externo. Por otro lado, en las estrategias FA, prevalecen las fortalezas al privar o disminuir las secuelas de las amenazas producidas en el entorno externo. Por último, las estrategias DA, son métodos de defensa que procuran reducir las debilidades internas e impedir amenazas del entorno (Tobar, 2007). Finalmente, después de haber elaborado los cruces de los factores internos y externos, se analizaron los resultados obtenidos y se vincularon estrategias similares para poder generar un plan de acción y una propuesta viable de herramientas de aplicación de agricultura de precisión.

Selección de la muestra

De acuerdo al Plan de Desarrollo (2018), en el municipio de San Juan Evangelista, hay en total una población de 1,080 productores de maíz, distribuidos en las 72 comunidades en el municipio. Para la realización del estudio y con el objetivo de crear un estado del conocimiento sobre el entorno actual del cultivo del maíz en la región de San Juan Evangelista, Veracruz, se determinó un muestreo proporcional de 144 productores del total, considerando un error muestral de 10%, un margen de confiabilidad de 2.57 y una probabilidad de éxito y fracaso de 0.50 (Ecuación 1).

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 P Q N}{\varepsilon^2 (N - 1) + Z^2 P Q}$$

dónde n : tamaño necesario de la muestra; Z : margen de confiabilidad; P : probabilidad de que el evento ocurra; Q : probabilidad de que el evento no ocurra; ε : error de estimación; N : tamaño de la población.

Posteriormente, con el objetivo de distribuir la totalidad de la muestra, entre todas las comunidades que conforman el municipio y así poder enriquecer este trabajo, a través de la diversidad de experiencias y prácticas de cultivo de maíz en cada uno de los diferentes pueblos, se consideró un muestro estratificado, con afijación igual de 2 productores por comunidad (Ecuación 2).

$$\eta_h = \frac{\eta}{\mathcal{L}} = \frac{144 \text{ productores}}{72 \text{ comunidades}} = 2 \text{ productores por comunidad}$$

Instrumento para la recolección de datos

Para efectos de esta investigación, se utilizó el instrumento de encuesta estructurada o dirigida, ya que permite recolectar información de manera precisa.

Este instrumento, consta de 23 ítems determinados, a partir de cinco categorías de análisis, las cuales hacen referencia a información personal del agricultor y su nivel de acceso a

la tecnología, la temporada y forma en que lleva a cabo el proceso de cultivo, las herramientas utilizadas durante el proceso de siembra y la ganancia financiera que obtienen de la siembra. Cada uno de los enunciados, fue elaborado con la finalidad de responder a las categorías de análisis correspondientes para esta investigación, de acuerdo con el contexto del área de estudio, permitiendo conocer el tipo de maíz cultivado, el tipo de suelo presente en el municipio, las problemáticas que se presentan durante el proceso de cultivo, el conocimiento que tienen los agricultores acerca de la agricultura de precisión y la inversión que están dispuestos a realizar en tecnología.

Cabe señalar que, para asegurar la confiabilidad del instrumento, se calculó el coeficiente de Alfa de Cronbach, el cual, es una medida que se utiliza para evaluar la confiabilidad y consistencia interna de una escala o instrumento. El valor fue calculado sobre los resultados de la prueba piloto, aplicada a 5 productores de maíz del municipio de San Juan Evangelista con los 23 ítems, en el cual, tiene un valor de alfa de Cronbach de 0.72, lo que representa un valor aceptable para un instrumento.

RESULTADOS

En el municipio de San Juan Evangelista, 54.8% de la población se dedica al sector agropecuario; la agricultura, es la principal actividad económica (Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal [INVEDEM], 2019). Asimismo, 6.7% del suelo, es utilizado para la agricultura y de este total, 9,004 hectáreas, son dedicadas al cultivo de maíz, las cuales equivalen a un 86.5% del total de las hectáreas utilizadas para la agricultura y de las cuales, se obtiene un rendimiento de 3.4 toneladas por hectárea (SEIGVER, 2021). Se dedican al cultivo un promedio de 1,080 productores; la mayoría siembra de 0.5 a 3 hectáreas y se localizan principalmente, en regiones marginadas y con mediano o bajo potencial productivo, cuyo destino de la producción, es básicamente el autoconsumo.

Características de los agricultores

Los agricultores, son casi en su totalidad del municipio (83%) y tienen familias compuestas de 4 a 5 personas. Casi todos los agricultores, son dueños de las tierras que trabajan (97%), dependiendo completamente, su ingreso del uso que le den al suelo. En cuanto a la jornada laboral que realizan, dedican 8 horas diarias a trabajar su tierra, lo que les permite generar por jornada \$200, más bebida y comida; y si el tiempo se alarga de una a dos horas más, aumenta a \$300 o \$350 por el día trabajado.

Características de la siembra de maíz

Del total de la superficie, 85.4 km² son empleadas para la agricultura y en promedio, se cultiva una hectárea de maíz por agricultor. Aquellos que cuentan con extensiones de tierra mayor a una hectárea, dedican la otra extensión a la ganadería, y muy pocos, son los que dedican 2 hectáreas o más a la siembra. El 83%, empleó maíz blanco y 17% maíz amarillo y dependiendo de la temporada del año en que se encuentren, se realiza su siembra en alturas, planicies o bajos, donde se encuentran zonas arenosas, gravosas, de laja o tierra negra. Se observó, que predomina la tierra arenosa (41%) y la negra (34%).

En lo referente a la preparación de los terrenos de cultivo, este proceso, es realizado casi en su totalidad, de forma “artesanal”; 79% de los agricultores, lo realizan a mano 10 días antes de la siembra, el chapeo o tarpaleo y posteriormente, se usan herbicidas para alargar el tiempo que la tierra se mantiene limpia o simplemente, se fumiga y a los 3 o 4 días, se realiza la siembra. Previo al sembrado, mantienen su semilla en toneles, costalillas o costales y hacen uso de químicos como “semebin”, ya sea para curar su semilla o combatir plagas y enfermedades del maíz.

Durante el sembrado, todos utilizan pico o espeques y la siembra se realiza con surcos con un metro de separación y 50 cm de distancia entre cada hoyo, en los cuales, depositan de 3 a 5 semillas, lo que da un total de 200 plantas por hectárea. Son muy pocas las personas que siembran con tractor e implementan el rastreo y el preparado de la tierra para el día de la siembra (Figura 2).

Con base a lo anterior, es posible afirmar que los instrumentos de producción más utilizados en el cultivo de maíz, son palos con punta y espeques, los cuales, son unos tubos o palos con una punta de metal en forma de pala de 10 a 15cm. de largo (Figura 3). En menor medida, se utilizan tractores, aradores de disco (formado por discos cóncavos para abrir surcos profundos), subsuelos para remover la tierra profunda, rastra y chapeadora. Y en su totalidad, se da el uso de químicos para combatir plagas y enfermedades del maíz, siendo éste, el mayor gasto que realizan.

Generalmente, el cultivo siempre está basado en el conocimiento *a priori*, se buscan o esperan señales de lluvia y color o estado de la tierra; se hacen las dos siembras conocidas: temporal, que ocurre entre los meses de mayo-junio, y tapachol, entre los meses de septiembre-diciembre. Lo que lleva a pensar que, los agricultores, no han buscado realizar análisis de las características del suelo.

Ganancia financiera

A fin de determinar si existe alguna relación entre la inversión que realizan los agricultores y el rendimiento que obtienen, se calculó el coeficiente de Pearson, el cual dio como resultado $r=0.97$.



Fuente: toma propia, en San Juan Evangelista, Veracruz.
Figura 2. Preparación del suelo para la siembra.



Fuente: toma propia en San Juan Evangelista, Veracruz.

Figura 3. Agricultor con espeque.

De acuerdo con la interpretación del resultado, al ser un valor menor de 1, pero cerca del +1, es decir, $0 < r < 1$, la correlación entre la inversión y el rendimiento es positiva. En este caso, mientras más inversión se realice, mayor rendimiento se obtendrá.

Por otro lado, comparando el rendimiento nacional y el de los agricultores entrevistados, mediante una prueba t simple, se comprobó que no existe diferencia estadísticamente ($t=1,469$; $p=0.928$) entre el rendimiento nacional (3.2 ton/ha) y el de los agricultores entrevistados (3.5 ton/ha), por lo que es posible afirmar, que se tiene un rendimiento aceptable, en relación con el rendimiento nacional y la cantidad de inversión que se realiza.

Acceso y uso de tecnología

Si bien casi la totalidad de las comunidades, tienen servicio de red inalámbrico en su comunidad, 76% de los agricultores, no tienen acceso a alguna red en sus parcelas, 20%, tienen acceso a la red telefónica y sólo 4%, tiene acceso a red WIFI en su parcela. Como se mencionó anteriormente, todos los agricultores, hacen uso de herramientas tradicionales; es evidente, la ausencia de aplicación de sistemas de riego, poco empleo de tractor, arado, rastreo o cosechadora (20%).

Finalmente, se hace visible la existencia de problemáticas que son ignoradas, como es el cambio climático y los métodos de siembra utilizados, lo cual afecta la cosecha y por ende, la calidad del producto y los rendimientos obtenidos. No obstante, los propios agricultores, reconocen que deben mejorar las técnicas de sembrado, así como las herramientas utilizadas e incluso, 65% de ellos, estaría dispuesto a incorporar tecnologías como sensores o maquinaria en su proceso de producción.

De manera más específica, del total de productores interesados en hacer uso de tecnología en sus cultivos, 53%, le interesa implementar un sistema de riego automatizado, 42%, le llama más la atención el uso de sensores remotos en su proceso productivo y el resto, le gustaría más aplicar sistema de fertilización automatizado, debido a la presencia de plagas. En cuanto a la inversión que estarían dispuestos a realizar, fluctúa de los \$2,000 a \$4,000 pesos.

Análisis FODA

En el caso de este estudio, el análisis interno, se enfocó en las fortalezas y debilidades que se tienen en el municipio de San Juan Evangelista Veracruz. Y en el análisis externo, se consideraron los factores nacionales e internacionales y al mismo tiempo, las oportunidades y amenazas que se encuentran en el sector agrícola, específicamente, en el cultivo de maíz. Dentro de las fortalezas del municipio de San Juan Evangelista, Veracruz, sobresalen sus amplios suelos en altiplano, los cuales, se han mantenido sanos debido a que no se utilizan muchos químicos ni grandes cantidades de abonos en ellas. Asimismo, la división en ejidos, ha permitido que casi la totalidad de los pobladores tengan una parcela de 20 ha, por lo que tienen la oportunidad de sembrar las cantidades convenientes y en dependencia de la temporada, eligen la zona a ser cultivada. Además, se da un intercambio de ayuda entre los pobladores en la realización de los trabajos, al dar como pago, la devolución del trabajo con otro día de trabajo.

En cuanto a las debilidades, destaca el limitado acceso a las redes de comunicaciones y a las tecnologías inalámbricas, así como el deficiente uso de los recursos, ya que todos los agricultores dependen de las formas tradicionales de trabajo y de lo que han aprendido de sus padres y abuelos, llevando al desinterés de unos cuantos, por cambiar la forma de trabajo, debido al miedo y la incertidumbre de si la cosecha saldrá bien, al hacer algo diferente. Lo anterior, ha traído consigo bajas ganancias en los cultivos, pocos recursos para implementar nuevas tecnologías y maquinaria, desaprovechamiento de suelo y pérdidas en las cosechas.

Entre las oportunidades, se encuentran el uso de maquinaria especializada y la biotecnología, con las cuales, se podría mejorar las técnicas de cultivo, maximizar la siembra y aprovechar la apertura de mercados en el extranjero, para exportar el excedente de maíz.

Otra oportunidad, es la aplicación de bioenergía, que consiste en un tipo de energía renovable producida a partir del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, o en su caso, hacer uso de biocombustibles, que se obtienen a partir de biomasa vegetal o animal, renovables, que permiten reemplazar a combustibles fósiles obtenidos del petróleo. Esto, podría incrementar las ganancias para todos los agricultores y generar empleos.

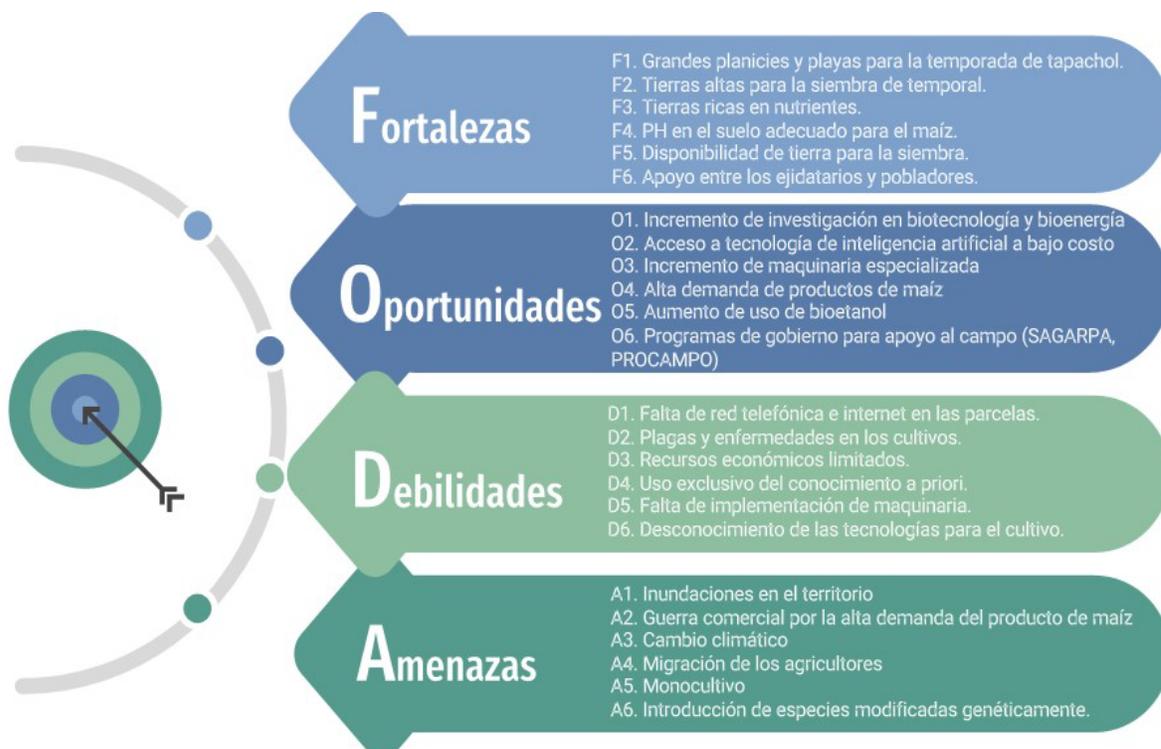
En lo referente a las amenazas, se identifican dos generales: el cambio climático y la introducción de especies modificadas genéticamente. El primer factor, genera grandes precipitaciones, sequías, huracanes de mayor intensidad e inundaciones; y el segundo factor, ocasiona la extinción de muchas especies nativas o la totalidad, debido a la preferencia a un producto más rentable. Estos factores, además de incrementar los riesgos a la salud y al daño medioambiental, fomenta la incertidumbre a la hora de sembrar.

Y se observa una tercera, referente a la creciente migración de la mano de obra. Como ya se mencionó, el cultivo, es primordial para la generación de alimentos, sin embargo, gran parte de las personas que se dedican a este trabajo, migran por la escasez de dinero, lo cual representa una amenaza, porque sin mano de obra suficiente, no se puede cubrir la demanda interna, lo que conlleva a la exportación y el incremento de los gastos, a causa de la adopción por parte de uno o varios países, de tarifas o barreras al comercio con uno o varios países terceros.

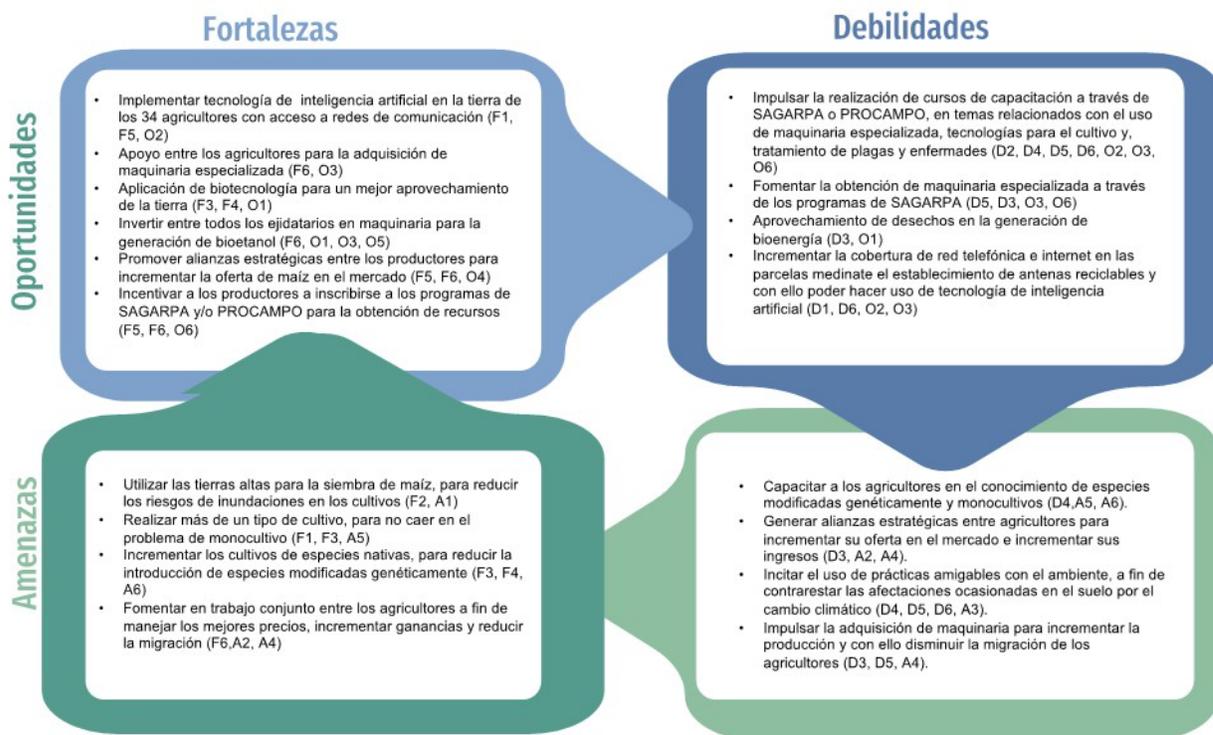
Finalmente, se presenta cada uno de los factores que conforman el análisis FODA de acuerdo con su tipo, sea internos o externos (Figura 4).

Con base en las características particulares de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas anteriores, se realizaron los cruces entre los factores internos y externos pertinentes, a partir de los cuales, era posible establecer líneas de acción y con ello, generar la matriz FODA con los cuatro tipos de estrategias correspondientes (Figura 5).

Después de haber realizado la matriz FODA, se analizaron los resultados obtenidos de los cruces y se vincularon estrategias similares, para poder generar un plan de acción y una propuesta viable de herramientas de aplicación de agricultura de precisión. El plan de acción (Figura 6) se encuentra conformado por cinco líneas estratégicas:



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la entrevista e investigación realizada.
Figura 4. Análisis FODA.



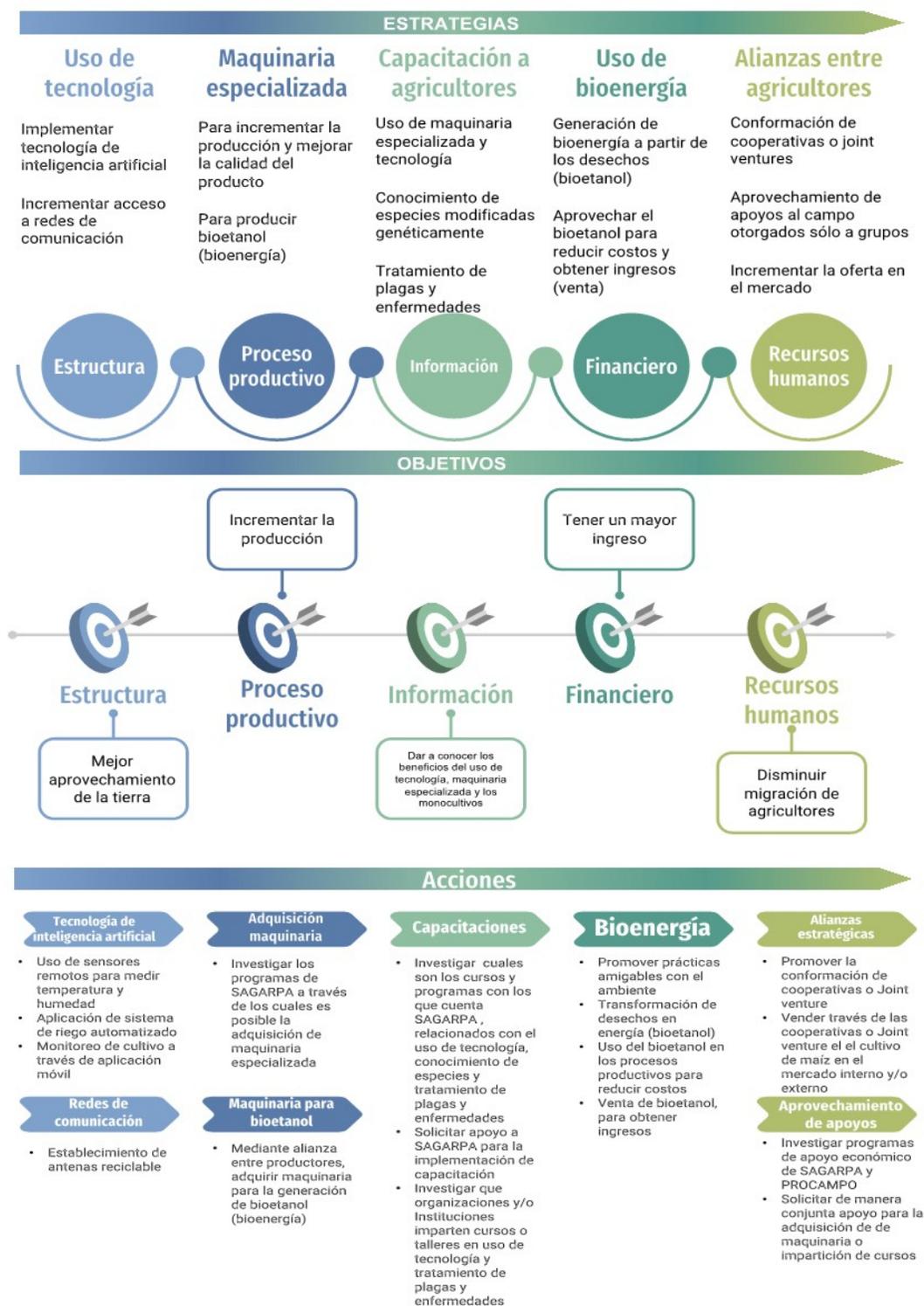
Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Figura 4.
Figura 5. Matriz FODA.

1. Uso de tecnología para lograr una agricultura de precisión.
2. Adquirir maquinaria especializada, para incrementar la producción de maíz y generar bioenergía (bioetanol).
3. Capacitar a los agricultores en el uso de maquinaria especializada y tecnología, en especies modificadas genéticamente y en el tratamiento de plagas y enfermedades.
4. Uso de bioenergía para disminuir costos y generar ganancias (venta bioetanol).
5. Impulsar la conformación de alianzas estratégicas entre los agricultores, con el fin de incrementar las oportunidades de crecimiento y desarrollo del sector.

A su vez, cada una de estas líneas estratégicas, tiene un objetivo estratégico, los cuales son: mejorar el aprovechamiento de la tierra, incrementar la producción del cultivo de maíz, informar acerca de los beneficios del uso de tecnología, maquinaria especializada y los monocultivos, generar un mayor ingreso para los productores y disminuir la migración de agricultores.

Propuestas tecnológicas de agricultura de precisión.

Con base en el diagnóstico de tecnificación del campo del cultivo de maíz en la región de San Juan Evangelista Veracruz, con la aplicación de agricultura de precisión y al considerar



Fuente: elaborado por los autores, con datos de la información recabada y observable.
Figura 6. Plan de acción.

que solo 34 agricultores tienen acceso a una red de comunicación, se consideran dos propuestas base y una tercera general de gran impacto.

La primera propuesta, se enfoca a los agricultores con acceso a red, se propone el uso de tecnologías de dosis variables, con apoyo de Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés), tales como: sensores, sistema de riego automatizado y aplicación móvil. Los sensores remotos, son dispositivos que convierten magnitudes físicas en señales electrónicas, a través de las cuales, hacen posible el manejo y suministro de información (Hernández, 2021), recogida directamente del campo, que sirve de apoyo en la toma de decisiones. Ayudan a mejorar la calidad de los cultivos, anticiparse a problemas y mejorar los resultados de las cosechas. Existen diversos tipos, desde aquellos que permiten identificar el PH de la tierra, hasta los que calculan la madurez del cultivo; cada uno de ellos, se ajusta a las necesidades del productor y, además, son herramientas económicas, fáciles de utilizar y aplicar.

Específicamente, para el municipio, se proponen para medir la temperatura y humedad, complementado con el uso del sistema de riego automatizado. Los sistemas de riego automatizado, son sistemas que, con ayuda de sensores, miden la humedad en el suelo, de forma que, permiten tomar decisiones sobre cuando realizar la hidratación de este y con ello, el ahorro del consumo del agua (Castro *et al.*, 2008).

Lo anterior, favorece al buen crecimiento y desarrollo de la planta, al establecer el riego en forma automática. Por su parte, las aplicaciones móviles son tecnologías que permiten el monitoreo a distancia. Aunque Rodríguez *et al.* (2022) las relacionan únicamente para monitorear las condiciones climáticas, existen variedad de aplicaciones móviles que sirven para la planeación, administración y control del ciclo de principio a fin, de igual manera, controla los costos, finanzas y rentabilidad, como lo es “Agroware”, la cual, permite la gestión integral del cultivo de forma fácil y práctica desde un dispositivo móvil. Por lo tanto, su aplicación le permitirá a los agricultores del municipio, el monitoreo constante de su cultivo; y en conjunto con el uso de maquinaria especializada en el cultivo, se podrá generar un ambiente óptimo para el mejor cultivo de maíz. Con todo esto, es importante resaltar que, estos implementos de la agricultura de precisión, se mantienen en el margen de inversión que los entrevistados están dispuestos a invertir, que va de \$2,000 a \$4,000.

La segunda propuesta, consistente en la implementación y utilización de maquinaria especializada en el cultivo de maíz, para lograr el aprovechamiento óptimo del suelo y con ello, el incremento de la productividad. Esto, se logrará al trabajar cada agricultor de la mano con sus demás compañeros, se repartirán los costos de las máquinas, ya sea por compra o renta y se tomará también, la opción que ofrecen los funcionarios del municipio, de proporcionar maquinaria para el cultivo, contra el aporte del costo del combustible. Se destinarán las máquinas por tiempos determinados en las temporadas establecidas, se considerará la cantidad de agricultores y el tiempo de trabajo por hectárea necesario.

Por último, al considerar las grandes cantidades de residuos que cada agricultor genera y la posibilidad de aprovecharlos, se propone como viable, la inclusión de la bioenergía, con el fin a largo plazo de apoyar tanto al ingreso como al medio ambiente. La bioenergía, se refiere a energía renovable producida a partir de materia orgánica, es decir, de cultivos específicos o de restos de otros procesos industriales. De esta manera, la agricultura tiene

una nueva opción de producir de energía alternativa a los combustibles fósiles, a partir de los desechos de materia prima agrícola es posible que produzca biogás y bioetanol. Se puede observar que si se incorporan estas propuestas de tecnologías de agricultura de precisión, el rendimiento económico y de la cosecha, aumentaría significativamente, de acuerdo a los costos por hectárea asociados a la implementación de cada una de estas tecnologías y la maquinaria especializada (Figura 7).

DISCUSIÓN

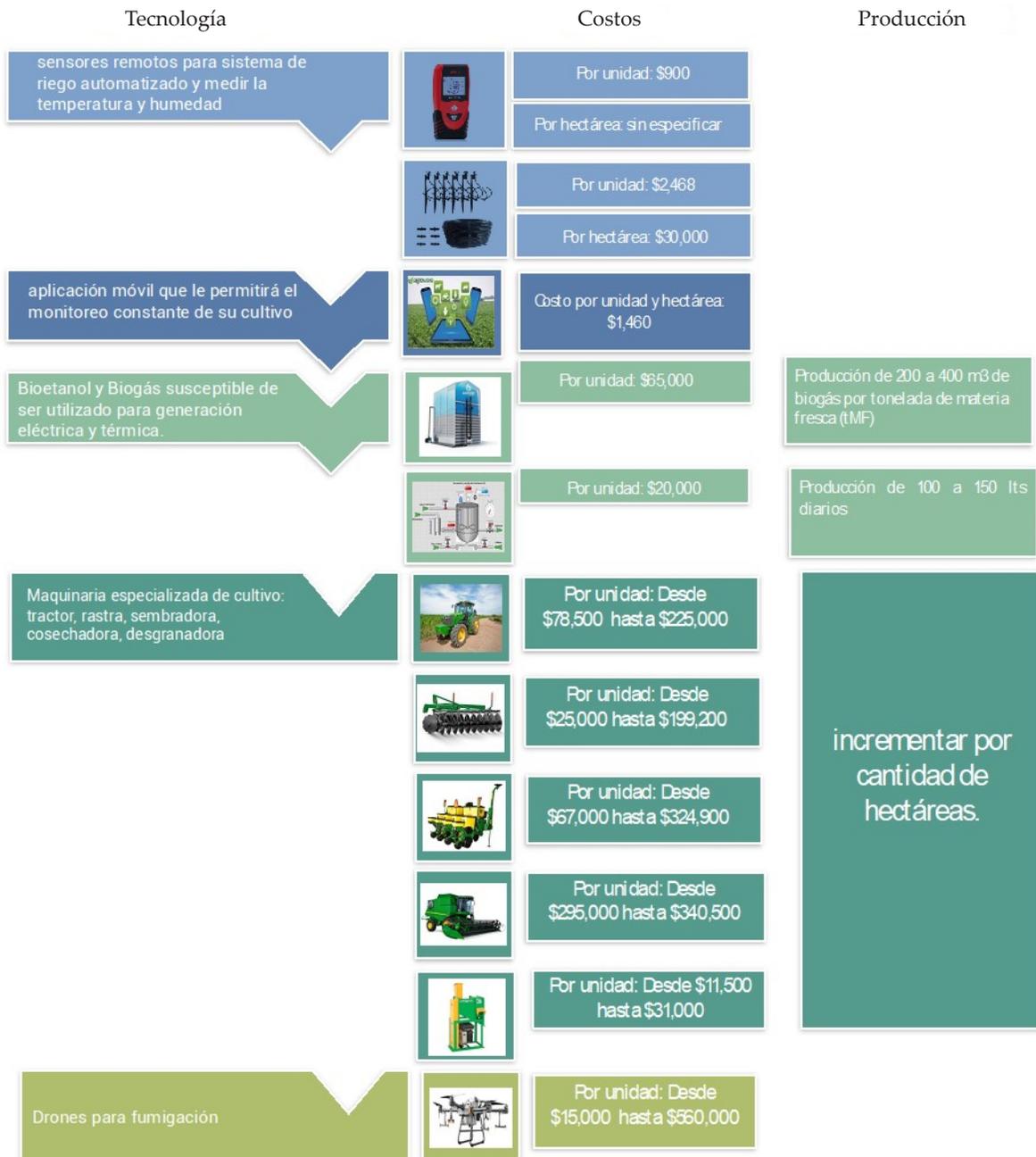
Ahora que se conoce la situación actual de los cultivos de maíz en la región de San Juan Evangelista, Veracruz, y las problemáticas a las que se enfrentan los productores, se considera importante, trabajar en la aplicación de agricultura de precisión en el municipio, a fin de coadyuvar a la mejora de los procedimientos, la calidad del grano, el rendimiento y las ganancias (Flores, 2019; Garelli, 2022); ya que, como se mencionó en los resultados, sólo 20% de los productores del municipio, hacen uso de tractor y cosechadora y ninguno, emplea tecnologías de agricultura de precisión en su proceso productivo, caso similar a la de distintos productores en el país, de acuerdo al análisis realizado por García (2021), quien menciona que, hay una tendencia en México por realizar el proceso de cultivo de forma tradicional y un bajo nivel tecnológico.

Rambauth (2022), menciona que gracias a las TIC, se ha logrado poner al servicio de la agricultura, una amplia variedad de recursos que permiten tomar decisiones más informadas y precisas para el cultivo de los terrenos; tal como ha sido para los productores de maíz en Ecuador, quienes aplican sistemas de control de enfermedades y plagas, y drones para la optimización del proceso de fumigación (Ramírez *et al.*, 2022); y en Argentina, donde se aplica el GPS, para el monitoreo del rendimiento y la siembra de maíz (Kemerer *et al.*, 2020); lo cual, ha permitido, una mayor eficiencia en el uso de recursos y mayores rendimientos (Kemerer *et al.*, 2020; Ramírez *et al.*, 2022).

Sin embargo, no hay que olvidar que es importante realizar una propuesta de aplicación de tecnologías, que sean factibles de aplicar y que estén dentro de las posibilidades de inversión de los productores del municipio, a fin de que realmente, se responda a las necesidades.

Aunque para Moreira (2022) y Ramírez *et al.* (2022), el uso drones, es la mejor estrategia para el monitoreo y control del cultivo de maíz, de acuerdo a las realidades del municipio analizadas y considerando lo antes mencionado, únicamente: los sensores remotos, sistemas de riego automatizado, aplicaciones móviles, maquinaria especializada de cultivo y bioenergía, son de aplicabilidad en el municipio. De estas cinco tecnologías, para Contreras (2020) y Kemerer *et al.* (2020), el desarrollo de sensores y dispositivos, permiten un manejo más efectivo del cultivo de maíz, al permitir correcciones en tiempos precisos (Argumedo, 2022; Contreras, 2020; Kemerer *et al.* 2020).

Se coincide con la idea de González (2022), acerca de la importancia de seguir un plan de acción para la implementación de la agricultura de precisión, ya que permite gestionar de manera más eficiente, su aplicación en términos de tiempo y espacio, además de, garantizar mejorar diversos aspectos a partir de su seguimiento.



Fuente: elaboración propia con imágenes y datos tomados de sitios web (Gobierno de México, 2022; Mercado libre, 2022a; Mercado libre, 2022b; Mercado libre, 2022c; Mercado libre, 2022d; Tractores y Maquinas, 2021).
Figura 7. Propuestas tecnológicas de mejora.

De las tecnologías propuestas, las apoyadas en IoT, son las más recomendables (Rambauth, 2022), ya que permiten reducir costos y minimizar pérdidas de insumos dentro de la agricultura, al mismo tiempo que, mejoran la productividad para beneficiar a los productores y agricultores (Ramírez *et al.*, 2022); a diferencia de la maquinaria especializada de cultivo, que busca la optimización de tiempo en cada uno de los procesos de cosecha, mediante el reemplazo de métodos tradicionales por maquinaria como el tractor, rastra, sembradora, cosechadora, fumigadora, y desgranadora.

No obstante, hay que tener presente que, a pesar que el enfoque tecnológico de IoT proporciona a los agricultores un mayor control y una producción más efectiva y sostenible, implica una inversión inicial considerable y requiere mano de obra calificada (Rodríguez *et al.*, 2022); lo que conlleva a pensar que, la aplicación de este tipo de tecnología, es remota para los pequeños y medianos productores del municipio, no sólo por la ausencia de redes de comunicación en sus parcelas, sino también, por la inversión que requieren este tipo de tecnologías para su adquisición (García, 2021; Rambauth, 2022) y capacitación en su uso de los productores (García, 2021; Kemerer *et al.*, 2020).

Por otro lado, la gestión de residuos, se considera una de las propuestas más viables, ya que, es diferente a la propuesta por Rodríguez *et al.* (2022), donde los residuos se usan solo como alimento directo de animales; la idea aquí, es que, en las micro plantas, se utilicen todos los residuos del cultivo, con la consecuente generación de biogás y bioetanol como productos del proceso bioenergético. Estos combustibles, podrán utilizarlos para consumo propio o para venta. De esta forma, se aprovecharía todo lo producido y los gastos podrían disminuir también con este ingreso extra reductible, para la mejora general en la calidad de vida.

CONCLUSIONES

La creciente demanda de alimentos, la degradación de suelos y los problemas diversos relacionados con el ambiente, requieren pensar de nuevo las formas de producción y analizar los avances tecnológicos que permitan aplicar estrategias productivas bajo un enfoque de desarrollo sostenible. La agricultura de precisión, presenta alternativas viables a través de la utilización de tecnología de la información y las comunicaciones, para apoyar la toma de decisiones asociadas con la producción de cultivos, de forma tal que, permita cubrir las demandas sin descuidar el aspecto ambiental.

En México el maíz, es la base alimenticia y la fuente de ingreso económico para los agricultores, al realizar venta de ciertos porcentajes de su cosecha.

Luego del análisis de la situación del municipio de San Juan Evangelista, Veracruz y sus ejidos, respecto a la perspectiva de aplicar agricultura de precisión y profundizar en el contexto y los escenarios futuros, se observa que, pese a la buena disposición de tierra para cultivo y el potencial para producir grandes cosechas, no hay un aprovechamiento adecuado del suelo, debido a la ausencia de conocimientos, las formas de trabajo tradicional que se mantienen y el bajo nivel inversión por parte de los agricultores en mejoras.

Se puede afirmar que, migrar de cultivos tradicionales a cultivos con técnicas mejoradas, así como la toma de cursos para la mejor utilización de químicos o productos industriales,

e incrementar conocimientos para el mejor aprovechamiento del suelo e implementaciones de tecnologías que ayuden a predecir los cambios climáticos, permitiría al sector agrícola del municipio, integrar adecuadamente sus procesos productivos e incrementarían su producción. Así mismo, delinear y aplicar un plan estratégico, con objeto de incorporar paulatinamente, técnicas de agricultura de precisión, permitiría generar mejores oportunidades a futuro y a su vez, un desarrollo de la región.

Es importante señalar, que se debe dar una participación grupal de los agricultores del municipio, para trabajar de la mano con la dirección agrícola del gobierno municipal, para introducir maquinaria a los campos de manera menos costosa y con mayor organización. Por último, es fundamental recordar que, cualquiera de las tres propuestas incluidas en este documento para comenzar a implementar la agricultura de precisión en el municipio, puede ser útil, ya que su objetivo, es aumentar la productividad de los cultivos, a través de un uso más eficiente de los recursos, asegurar la sustentabilidad y minimizar los riesgos ambientales.

REFERENCIAS

- Argumedo JR. 2022. Diseño de un dispositivo para determinar el tiempo óptimo de riego en cultivos. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Durango, México, diciembre 2022. Repositorio Institucional. <https://rinacional.tecnm.mx/handle/TecNM/5810>
- Berger A, Restaino E, Otaño C, Sawchik J. 2019. Agricultura de Precisión: Qué es y cuánto se usa en Uruguay?. *Revista INIA Uruguay*, 59. 41-45.
- Cantoni N. 2009. Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista argentina de humanidades y ciencias sociales*, 7(2). 1-12.
- Castro M, Águila FM, Quevedo A, Kleisinger S, Tijerina L, Mejía E. 2008. Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. *Agricultura técnica en México*, 34(4). 459-470.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). 2019. Producción y consumo de maíz y frijol en municipios de las zonas de atención prioritarias (ZAP's), en los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz y Puebla. Cámara de diputados LXIV Legislatura. http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/46Ma%C3%ADz_frijol_ZAP_20XII18.pdf
- Contreras RE. 2020. Agricultura de precisión en el manejo agronómico del cultivo de maíz. Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. 2020. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8487>
- DataMéxico. 2021. Trabajadores en el cultivo de maíz o frijol. Ocupación. <https://datamexico.org/es/profile/occupation/trabajadores-en-el-cultivo-de-maiz-yo-frijol#empleo>
- De Carvalho FDA, de Queiroz DM, Chartuni E, Ruz E. 2007. Agricultura de precisión: nuevas herramientas para mejorar la gestión tecnológica en la empresa agropecuaria. *Revista Palmas*, 28(4). 29-34.
- Díaz MdeJ, Garizuireta J, González RÁ, Morales J, Huerta MK. 2021. Bibliometric Analysis of the Use of the Internet of Things in Precision Agriculture. 2021 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV), Mexico, 2021. Doi: 10.1109/ICEV52951.2021.9632663. pp: 1-5.
- Flores GR. 2019. La agricultura de precisión para optimizar la producción del cultivo de maíz amarillo en Bolivia. Tesis de Doctorado, Universidad Mayor de San Andres, Bolivia, 2019. Repositorio Institucional Universidad mayor de San Andrés. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/23033>
- García V. 2021. Adopción de la tecnología agrícola del CIMMYT, en los sistemas de cultivo de maíz de la localidad de San Sebastián, Metepec, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México, Julio 2021. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/467099097.pdf>
- Garelli MG. 2022. El impacto positivo de la tecnología de agricultura de precisión en explotaciones agropecuarias. Tesis de Licenciatura, Universidad Siglo 21, Argentina, 2021. Disponible en <https://repositorio.21.edu.ar/bitstream/handle/ues21/24930/TFG%20-%20GARELLI%2c%20MELISA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gobierno de México. 2022. Programa: Tractores con apoyo. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://tractoresgob.com/tienda/>
- Gobierno de México. 2020. Maíz el cultivo de México. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-el-cultivo-de-mexico>
- González G. 2022. Plan de mejoras productivas que aporten a la rentabilidad mediante la incorporación de agricultura de precisión, aplicada al cultivo de maíz, en la empresa Campo agrícola ubicada en Tercero arriba, Córdoba, Argentina. Tesis de Licenciatura, Universidad Siglo 21, Argentina, 2021. Disponible en <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/23805>
- Hernández RR. 2021. La Agricultura de Precisión. Una necesidad actual. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1). <https://www.redalyc.org/journal/5862/586269368010/html/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2019a. Cuéntame de México. Economía. <https://cuentame.inegi.org.mx/economia/primarias/agri/default.aspx?tema=e>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2019b. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019 https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2019/doc/rrdp_ena2019.pdf
- INVEDEM (Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal). 2019. Prontuario municipalista de Veracruz información básica municipal 2019-2020. Secretaría de Gobierno. http://www.invedem.gob.mx/wp-content/uploads/sites/26/2020/02/prontuario_regionesNUEVO.pdf
- Kemerer A, Melchiori R, Albarenque S. 2020. Información Agronómica para la Agricultura de Precisión generada en la EEA Paraná del INTA. *Electronic Journal of SADIO (EJS)*, 19(1). 33-48.
- López J, Sánchez JP, Valverde B, Morales J, Gaytán OR, Sánchez MD. 2019. Adopción de tecnología agrícola y su influencia en la productividad y competitividad del maíz en el centro-oriente del estado de Puebla, México. *Revista de Geografía Agrícola*, (63). 101-119.
- Mantovani EC, Magdalena C. 2014. Manual de agricultura de precisión. IICA <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/999435/1/Manualagricultura.pdf>
- Mercado Libre. 2022a. Desgranadora de maiz con motor. Mecado libre. Recuperado el 17 de mayo de 2021 de https://listado.mercadolibre.com.mx/desgranadora-de-maiz-con-motor_Desde_97_OrderId_PRICE_NoIndex_True
- Mercado Libre. 2022b. Drone fumigador. Mecado libre. https://listado.mercadolibre.com.mx/drone-fumigador_OrderId_PRICE_NoIndex_True
- Mercado Libre. 2022c. Sembradoras de precisión. Mecado libre. https://vehiculos.mercadolibre.com.mx/vehiculos-pesados/maquinaria-agricola/sembradoras/sembradoras-de-precision_OrderId_PRICE_NoIndex_True
- Mercado Libre. 2022d. Venta de rastras agrícolas usadas. Mecado libre. Recuperado el 17 de mayo de 2021 de https://vehiculos.mercadolibre.com.mx/vehiculos-pesados/maquinaria-agricola/otros/usados/venta-de-rastras-agricolas-usadas_Desde_49_OrderId_PRICE_NoIndex_True
- Moreira RD. 2022. Desarrollo de algoritmos de procesamiento de imágenes agrícolas obtenidas por drones para la detección de plantas faltantes en cultivos de maíz. Tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte, Ecuador, 17 de noviembre 2022. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13229>
- Plan Municipal de Desarrollo. 2018. Plan Municipal de Desarrollo San Juan Evangelista 2018 – 2021. <http://sanjuanevangelista.gob.mx/uploads/transparencia/9a34d76a31d18013843afd319d1830f6.pdf>
- Purón-Rodríguez D, Tejeda-Marrero VM. 2021. Síntesis histórica del concepto calidad desde la Revolución Neolítica a la Agricultura de Precisión. *Ingeniería Agrícola*, 11(3). <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/IAgric/article/view/1402>
- Rambauth GE. 2022. Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 34–38. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.04>
- Ramírez AF, Lozano S, Valencia, PA. 2022. Tecnologías de precisión en el cultivo de Maíz. *Revista de ciencias Agropecuarias*. 1(2). 1-14. <https://hdl.handle.net/20.500.12558/4679>
- Rodríguez H, Schneider H, Escobar J, Enríquez A, Flores S, Pérez F. 2022. Manual de prácticas bajas en carbono en el cultivo de maíz a pequeña escala. <https://hdl.handle.net/10568/124969>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación). 2017. Planeación agrícola nacional 2017-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sicoMa_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021 Comportamiento del PIB Agroalimentario al primer trimestre de 2021. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/643090/Comportamiento>

- to_PIB_Agroalimentario_1er_trimestre_2021.pdf
- SIEGVER (Sistema de Información Estadística y Geografía del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave). 2021. CUADERNILLOS MUNICIPALES, 2021 San Juan Evangelista http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2021/06/SAN-JUAN-EVANGELISTA_2021.pdf
- Statista Research Department 2022. El sector agrícola en México. Datos estadísticos. https://es.statista.com/temas/7029/el-sector-agricola-en-mexico/#topicHeader__wrapper
- Tobar K. 2007. Elaboración de un plan estratégico para la empresa Rhenania S.A ubicada en la ciudad de Quito. Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/586/1/CD-0979.pdf>