



Agricultura inteligente en México: Analítica de datos como herramienta de competitividad

Rosales-Soto, Alejandra¹; Arechavala-Vargas Ricardo²

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, a.rosales@ucea.udg.mx, Periférico Norte #799, Núcleo Universitario Los Belenes, Edificio G-306, Zapopan, Jalisco, México, Tel. +52 (33) 3134 2222

²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, arechavala@standfordalumni.org, Periférico Norte #799, Núcleo Universitario Los Belenes, Edificio G-306, Jalisco, México, Tel. +52 (33) 3134 2222

Artículo arbitrado e indexado en Latindex

Revisión por pares

Fecha de recepción: julio 2020

Fecha de publicación: diciembre 2020

Resumen

Para garantizar la competitividad del sistema agroalimentario a nivel mundial, es necesaria la creación de infraestructuras físicas y cibernéticas que permitan una agricultura inteligente: autogestionada y sostenible, aprovechando las nuevas tecnologías de la información y comunicación. En el presente artículo presenta la importancia de la tecnología y la *big data* en la agricultura y se examina el estado del arte y la diferenciación de la agricultura inteligente y la agricultura de precisión. El estudio concluye con la importancia de aplicación de la analítica de datos a través de inteligencia de agronegocios, con base en los datos abiertos agrícolas para la producción de cultivos hortofrutícolas en México durante el periodo 2018-2019, como la producción del aguacate, jitomate y los frutos del bosque, pudiendo destacar su desempeño gracias a la implementación de agricultura inteligente.

Palabras clave: analítica de datos, agricultura inteligente, agricultura de precisión, inteligencia de negocios.

Abstract

The competitiveness of the global agri-food system needs to be ensured by the building of physical and cybernetic infrastructure that allows smart agriculture: self-managed and sustainable, taking advantage of new information and communication technologies. This paper presents the importance of big data and technology in agriculture and examined state-of-the-art and distinction between smart farming and precision agriculture. The study concludes with the importance of the application of agricultural open data using business intelligence and data analytics of the horticultural crops production in Mexico, during the period 2018-2019, such as avocado, tomato, and berries production, showing the high performance due to the adoption of intelligent agriculture.

Key words: data analytics, business intelligence, smart farming, precision agriculture,

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura desempeña un papel importante en México, como sustento económico para aproximadamente una séptima parte de la población. Debido a las facilidades que dan las tecnológicas de información, el sector agrícola se enfrenta a la necesidad de volverse una agricultura “inteligente” a través de la gestión del conocimiento.

La agroindustria ha administrado el conocimiento, por medio de las TICs, utilizando la *big data* y el *cloud computing*, e impulsando la idea de que la toma de decisiones está intrínsecamente entrelazada con la capacidad de procesar y analizar datos.

Lamentablemente en México, los números no son favorables, aunque las TICs permiten a las Pymes incrementar su productividad y ser más competitivas, solo un 6% las utilizan (FORBES, 2017). Es por ello que, la agroindustria debe fortalecerse haciendo uso de las TICs, con base en el aprovechamiento de flujos de datos para transformarlos en información y obtener pronósticos para tomar así mejores decisiones aumentando la producción y la comercialización (Fritz *et al.*, 2019).

En años recientes, México pone a la disposición el acceso a los datos abiertos (Gobierno MX, 2016), datos gratuitos y de libre uso, como parte del programa “alianza para el gobierno abierto”, una iniciativa fundada en el 2011 e integrada por 79 gobiernos a nivel mundial (Gobierno Abierto MX, 2019), en el cual se facilita el acceso a la estadística de producción agrícola, a través de diversos sitios; a nivel internacional el International Trade Centre (2020) y FAOSTAT (2019); a nivel nacional el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018); y a nivel estatal el Monitoreo de indicadores del desarrollo de Jalisco (MIDE,

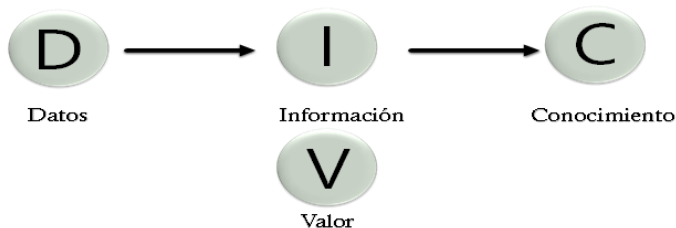
2016). Gracias a los datos extraídos de estos sitios web, los agricultores pueden obtener beneficios de forma ilimitada, sin embargo, aunque el acceso es gratuito, en muchas ocasiones es difícil la interpretación de los datos.

En esta investigación se describe la importancia de la tecnología y la *big data* en la agroindustria y se utilizan los datos abiertos del sector hortofrutícola obtenidos para el periodo 2018-2019 para realizar una analítica de datos agrícolas en la producción hortofrutícola mexicana, específicamente en la producción de aguacate, jitomate y de *berries*, cultivos en los cuales se implementan nuevas tecnológicas por ser cultivos de exportación y que generan una derrama económica significativa para nuestro país.

2. MARCO TEÓRICO

Los datos se han convertido en un valioso recurso a nivel mundial, pero su conjunto es mucho más que simple información, en manos de expertos, es inteligencia (CIAT y IFPRI, 2016). La adquisición, selección y asimilación de una gran cantidad de datos, información y conocimiento se ha vuelto un desafío, al momento de que nuestros recursos y capacidades se ven limitados. Transformamos los datos en información, dándole un propósito y significado; así mismo, transformamos esta información en conocimiento, para ayudar a las organizaciones a marcar la diferencia, a través del desarrollo de ventajas competitivas. Es así que, la información y el conocimiento, son los nuevos motores de la productividad organizacional y el crecimiento económico en las economías modernas, ya que existe una nueva creación de valor para las organizaciones, que difiere de la economía industrial. Tal y como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Transformación de datos en valor organizacional



Fuente: elaboración propia con información de Bratianu y Bolsiani (2018).

La industria agroalimentaria exige algún proceso inteligente adicional para mejorar la producción agrícola. La *big data* es en general un conjunto de datos grande, diverso y/o complejo, generados a partir de una variedad de fuentes como sensores, transacciones por Internet, correo electrónico, vídeo, flujos de clics y/o todas las demás fuentes digitales, disponibles hoy en día y en el futuro (National Science Foundation, 2012). Tal vez ninguna otra área sea tan atractiva para las grandes innovaciones basadas en datos, como la agricultura (Wolfert *et al.*, 2017; Jackson, 2016; McKinsey & Company, 2016; Gilpin, 2014; Sonka, 2015).

Por ello, un nuevo impulso en la Biotecnología, la Nanotecnología y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) pueden contribuir en conjunto, a resolver las principales preocupaciones relacionadas con la agricultura, como lo son el acceso a la información, el intercambio de aptitudes y conocimientos, la inocuidad alimentaria y el control de plagas en los cultivos, garantizando la seguridad ambiental y el uso sostenible de los recursos naturales.

2.1 Big Data en el sector agroalimentario

La agricultura desempeña un papel crucial en la economía. Los agricultores están buscando

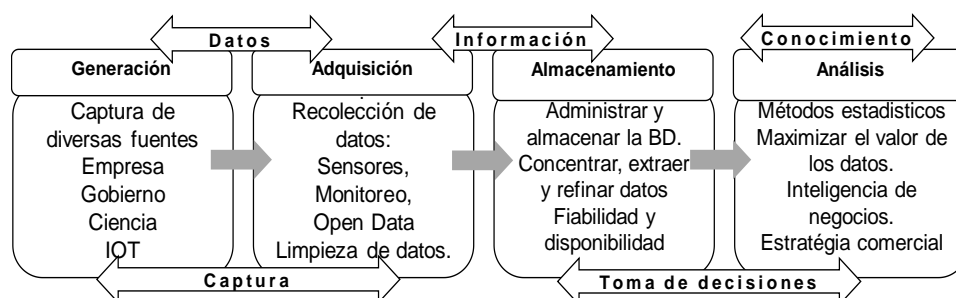
maneras de maximizar la producción y rendimientos de sus cultivos. Por lo que, deben realizar un seguimiento, medir y responder a ciertas variables para ayudarles a lograr un mayor éxito en la agricultura.

De acuerdo a Rao (2018) la *big data* sobre agricultura surge de los grandes datos del clima, los cultivos, los agricultores, la tierra, el suelo, el agua, la infraestructura, los mercados, las condiciones socioeconómicas, las emisiones de gases de efecto invernadero, los efectos ambientales y climáticos, etc.

Sin duda, los productores deben ser conscientes de cuáles son las estaciones ideales para la siembra, el mantenimiento y las cosechas basadas en datos de rendimiento pasados y en factores ambientales como las condiciones climáticas para obtener resultados óptimos. Por lo que, deben ser conscientes del clima, las posibles plagas, así como el estado del suelo: la humedad, los minerales entre otros aspectos agrícolas importantes.

Para maximizar los rendimientos y los ingresos de las parcelas, los agricultores necesitan utilizar información basada en datos. A continuación, en la figura 2 se proponen todas las aplicaciones de los datos en la cadena de valor de la *big data*, desde la captura de los datos hasta la toma de decisiones y comercialización.

Figura 2. Cadena de valor de la big data



Fuente: Elaboración propia, con base en Chen, Mao y Liu, (2014); Miller y Mork (2013).

Durante la generación y adquisición de datos se utilizan diversas fuentes ya sean empresariales, gubernamentales, provenientes de Instituciones de Educación Superior y/o de centros de investigación, y en tiempos recientes del internet de las cosas (IoT); una vez concentrados, extraídos y refinados estos datos, se vuelven información de importancia

para la organización. Cuando esta información se analiza, a través de métodos estadísticos, inteligencia de negocios, se crean estrategias comerciales y se maximiza el valor para la organización, volviéndose conocimiento. Esta optimización de los datos permite saber los rendimientos agrícolas de cada cultivo, actividades necesarias para la administración de

empresas agroindustriales y una buena toma de decisiones.

Uno de los descubrimientos históricos de la aplicación de la *big data* es la agricultura de precisión, por la utilización de información granular para analizar, optimizar y predecir la producción y procesamiento de diversos productos agrícolas (Srivastava et al, 2018).

2.2 Agricultura de precisión

En las últimas décadas, la investigación en el campo de la informática ha dado origen a la innovación tecnológica de la agricultura de precisión, que permite a los agricultores optimizar los rendimientos agrícolas, reducir las aplicaciones innecesarias de fertilizantes y pesticidas, preservar los recursos naturales y hacer frente a los inminentes fenómenos meteorológicos.

En relación a la ISPA (2019) la agricultura de precisión (AP) es una técnica de administración que reúne, procesa y analiza datos de carácter temporal y espacial y los combina con otra información para apoyar la toma de decisiones.

Es por ello que, la agricultura de precisión es la práctica agrícola moderna que hace que la producción de cultivos sea más eficiente, a través del uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores y satélites.

La tecnología de AP ayuda a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola.

Con la AP se obtiene información detallada sobre las características del cultivo, permitiendo optimizar la administración de una parcela, desde el punto de vista agronómico, medioambiental y económico.

El intercambio de información en tiempo real entre los agricultores y los investigadores. De acuerdo a Gopal y Chintala (2020) la AP permite emplear servicios personalizados y en tiempo real basados en una amplia gama de factores como: la ubicación, el cultivo, las prácticas de gestión, el nivel de automatización, el tipo de riego, el tamaño de la explotación agrícola y el tipo de suelo.

Otra práctica moderna importante, gracias a la rápida evolución del Internet de las cosas y

el *Cloud computing* es el fenómeno de lo que se denomina Agricultura Inteligente (Sundmaeker y otros, 2016).

2.3 Agricultura inteligente

El concepto de Agricultura Inteligente puede emplearse como un tablero de Inteligencia de negocios, por sus siglas en inglés *Business Intelligence (BI)*, donde el agricultor puede obtener la información más reciente de los productos básicos en los que está interesado.

La agricultura inteligente es la aplicación de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (*NTICs*) centrada en un enfoque basado en los datos para hacer frente a los desafíos y oportunidades existentes en la agricultura (Hoste, R, Suh, H y Kortstee, H. 2017; Smart-Akis, 2016). En ese sentido, la Agricultura Inteligente ayuda a:

- Evitar suposiciones: Facilita un proceso de toma de decisiones coherente y basado en datos, que puede resultar mejor que tomar decisiones sobre la agricultura mediante especulaciones.

- Mejorar el rendimiento: Si está bien diseñado e integrado de manera adecuada, en los procesos de una parcela, el proceso de toma de decisiones, ayudará a mejorar el rendimiento de los productos agrícolas.

- Saber sobre el cliente: Permite reunir información sobre las tendencias del mercado y ofrecer con anticipación productos o servicios innovadores ante las demandas cambiantes de los clientes.

- Conocer el mercado de los competidores y mejorar rentabilidad: Ayuda a los agricultores a estar mejor informados sobre las acciones que los competidores están tomando sobre el mismo producto.

Mientras que la agricultura de precisión sólo tiene en cuenta la variabilidad sobre el terreno, la agricultura inteligente va más allá, ya que basa las tareas de administración no sólo en el lugar sino también en los datos, potenciados por el conocimiento de la situación actual y su contexto en tiempo real (Wolfert *et al.*, 2014). La agricultura inteligente implementa el uso de diversas tecnologías las cuales se puede observar sus aplicaciones en la tabla 1.

Tabla 1. Aplicación de la Agricultura Inteligente

Tecnología	Aplicación
Sensores	Agricultura de Precisión, Teledetección, Monitoreo del Suelo, agua, iluminación, humedad, temperatura
Analítica de datos	Plataformas de Internet de las cosas, <i>big data</i> , <i>analítica de negocios</i> , Inteligencia artificial
Robótica	Tractores autónomos, plantas de tratamiento, recolección de la cosecha,

Fuente: Elaboración propia, autores diversos.

La FAO además de ofrecer el acceso libre a datos estadísticos sobre alimentación y agricultura de más de 245 países (FAOSTAT, 2019), promueve una plataforma llamada TECA (FAO, 2020), la cual reúne tecnologías y prácticas agrícolas exitosas para facilitar la adopción y el intercambio del conocimiento y ayudar a los agricultores y sus familiares en el campo, contribuyendo a los Objetivos de

Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, como: 1) fin de la pobreza; 2) hambre cero; 3) salud y bienestar y; 12) producción y consumo responsables (NU, 2015).

Algunos ejemplos citados en artículos científicos acerca de la aplicación de la Big Data en la Agricultura Inteligente en el sector hortofrutícola se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Aplicación de la *big data* en la Hortofruticultura

Tecnología	Aplicación	Autores
Sensor y Monitoreo inteligente	Automatización de invernaderos	Hoste <i>et al</i> (2017). Paparozzi (2013)
Análisis y planeación inteligente	Iluminación, administración de la energía	Jørgensen <i>et al</i> (2016), Gottdenker <i>et al</i> (2001)
Control inteligente	Control de precisión en suelo, refrigeración, postcosecha y automatización	Wolfert <i>et al</i> (2017), Hoste <i>et al</i> (2017)
Big data en la nube	Datos de la temperatura, información del mercado, censo agrícola, redes sociales	Bronson y Knezevic (2016)

Fuente: Elaboración propia basada en diversos autores.

3. MÉTODO

En un mundo de diversas fuentes de datos dispares y con una amplia necesidad de información, la simplicidad, flexibilidad y la amplia distribución son características clave. La inteligencia de negocios es la conexión, transformación y limpieza de datos para crear gráficos, mapas, que proporcionar una mejor representación visual de los datos.

Para el análisis de datos, existen diversas opciones en el mercado. Gran parte de la literatura se ha centrado en las prestaciones del software *Tableau*, el cual está muy posicionado en el mercado, como una

herramienta para la analítica de datos, sin embargo, publicaciones recientes encontraron que *Power BI* es una herramienta ampliamente competitiva con una interfaz más intuitiva para el usuario (Becker y Gould, 2019; Town y Thabtah, 2019).

Por lo cual siguiendo las fases de la cadena de valor de la *big data* propuesta en la figura 2, en este estudio se utiliza el software *Power BI* para realizar un análisis de inteligencia de agronegocios, específicamente del sector hortofrutícola utilizando las bases de datos abiertos que ofrece el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

(SIAP, 2019), en el periodo de 2018-2019, específicamente de los productos hortofrutícolas de México que por su alta producción son productos líderes de exportación, tal como el aguacate, el jitomate y las *berries*.

4. RESULTADOS

Las organizaciones modernas ya no dependen únicamente de sus activos tangibles, dependen cada vez mas de sus activos intangibles como la información y el conocimiento, y por ello, necesitan trabajar continuamente en su estrategia basada en el conocimiento como fuente de ventaja competitiva.

La FAO (2020) propone que abordar conjuntamente la seguridad alimentaria y el cambio climático es posible, si se transforma la agricultura y se adoptan prácticas “climáticamente inteligentes”.

En México en el 2019, los productos hortofrutícolas tuvieron un valor importante para la exportación, como el aguacate (2,901 *mdd*), el jitomate (1,943 *mdd*) y las *berries* (1,236 *mdd*), ganando al maíz el protagonismo y valor.

Este crecimiento importante se le ha atribuido a la investigación y la inversión en tecnología. Tan solo la producción de aguacate hecho en México, representa el 30% de la cosecha mundial.

Un agricultor conoce cada hectárea de su cultivo y cada especie de plaga que puede destruirlo, además de los desafíos de la

inestabilidad del clima: el viento, la lluvia, la nieve, la escarcha, el calor, el polvo...conoce los efectos de todo ello...pero está limitado. A menudo, un agricultor no tiene el personal capacitado, el tiempo propio o el capital para hacer algo con los datos que recoge. Así que comúnmente utiliza herramientas que han existido por más de una década como las hojas de cálculo Excel, para posteriormente llevarlo a un agrónomo, que estudia la ciencia de la producción de alimentos.

Durante el auge tecnológico de las últimas décadas, el mundo de la agricultura se ha introducido silenciosamente en la tecnología de la analítica de datos.

Plataformas como *Tableau* (2020), *Qlik* (2020) o *Power Bi* (2020), facilitan la visualización de los datos, ya sea en gráficos, mapas o tablas. Por ello, se presenta un análisis de la producción de diversos productos hortofrutícolas, pudiendo destacar su desempeño gracias a la implementación de agricultura inteligente.

La producción de aguacate es uno de los cultivos más exitosos de la exportación agroalimentaria nacional. México se ha mantenido como el principal proveedor del mercado internacional, con una exportación a 26 países, y con una aportación del 45.95% del valor de las exportaciones a nivel mundial.

La figura 3. muestra la participación de los estados productores de aguacate en México, durante el año 2018.

Figura 1. Estados productores de aguacate en México. 2018.



Fuente: Elaboración propia con software Power Bi., Cifras de SIAP (2019).

La visualización utilizada en el software *Power BI* es Map, donde la saturación del color indica el nivel de participación de cada estado, ubicando en escala de grises a los 26 estados con una aportación menos y sombreado en negro el estado principal. El estado líder a nivel nacional en la producción de aguacate es el Estado de Michoacán con un volumen de 1,674,855.03 toneladas (76.66%); Jalisco con 201,804.37 ton (9.24%); y el Estado de México 97,805.80 toneladas (4.48%).

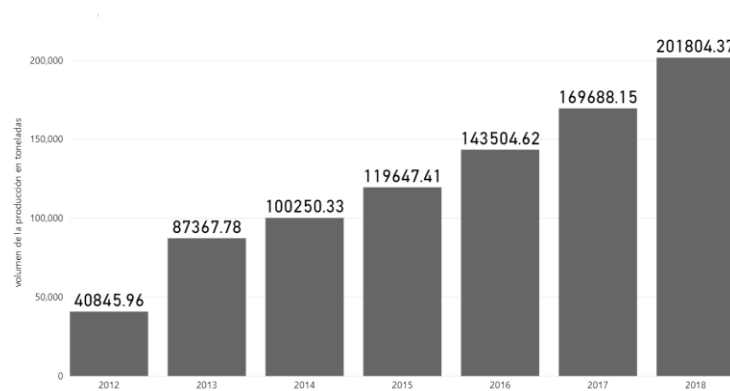
La variedad principal es la producción de aguacate *hass* con el 97.23 %, del cual 5.16% es producción orgánica, un valor que ha aumentado desde el año 2016.

La implementación de agricultura de

precisión ha permitido a los agricultores administrar el agua de riego del aguacate *hass*, ya que de acuerdo a Gómez Santamaria *et al*, (2017) el riego localizado mejora el rendimiento en la producción de aguacate y atiende la necesidad de un uso eficiente y responsable del agua.

Aunque Michoacán es el Estado líder, es importante mencionar que Jalisco, mediante la inversión de tecnología avanzada aplicada a sistemas de irrigación, potencialización de la tierra y cuidado de plagas, en el 2018 logró un incremento del 394.06% en los últimos 6 años, al aumentar de 40,805 toneladas a 201,804.37 toneladas, tal y como se puede observar en la figura 4.

Figura 2. Volumen de producción de aguacate de Jalisco 2012-2018



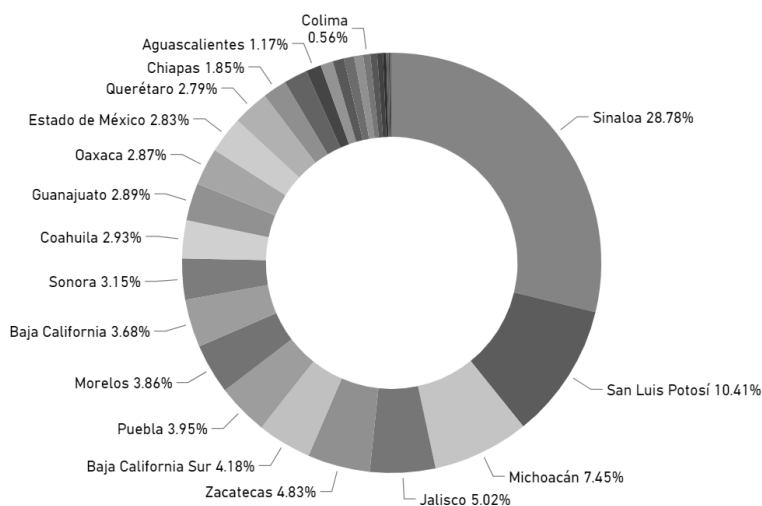
Fuente: elaboración propia con software power bi, cifras de SIAP, 2019.

En cuanto a la producción de jitomate, México es el principal proveedor a nivel mundial, esta hortaliza es considerada la número uno ya que tiene una participación en el mercado internacional del 25.11% del valor de las exportaciones mundiales. Por ello, de acuerdo a la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 (SAGARPA, 2017), desde el año 2016 el 73.26% de la superficie cuenta con tecnología aplicada a la sanidad vegetal.

Dentro del PAN 2017-2030 se tiene como estrategia maximizar la producción de este cultivo, impulsado innovaciones relacionadas con la agricultura de precisión.

La figura 5. muestra los 32 estados con producción de jitomate o tomate rojo durante el año 2018, donde el estado líder productor es Sinaloa.

Figura 3. Estados productores de Jitomate



Fuente: Elaboración propia con software Power Bi, Cifras de SIAP (2019).

La visualización utilizada en el software *Power Bi* es *donut chart*, ya que la visualización *Map*, no permitía distinguir el nivel de participación de los 32 estados por gradiente.

El estado líder es Sinaloa con una producción de 1,088,251.51 toneladas (28.78%); San Luis Potosí con 393,581.64 toneladas (10.41%); y Michoacán con 281,847.89 toneladas.

La principal variedad producida es el jitomate *saladette* (29.64%), la cual tiene una producción en invernadero (27.48%) y en malla sombra (13.64%).

El Estado de Sinaloa posee el 50% de la

producción en malla sombra y San Luis Potosí el 12%.

San Luis Potosí debe su éxito además de sus buenas prácticas, a la inversión en agricultura protegida, a través del uso de invernaderos y malla sombra, que combaten la mala temperatura con sistemas de calefacción de agua caliente y dotan a las plantas el agua que necesitan, así como la luz y el control de plagas y humedad.

En la tabla 3, se puede observar el porcentaje de la producción 2018 de las variedades de jitomate como el *saladette*, *cherry*, *bola* y *uva* del estado de San Luis Potosí.

Tabla 3. Producción 2018 de variedades de jitomate en San Luis Potosí.

Variedad de jitomate	% de producción
Saladette malla sombra	42.98
Saladette malla sombra de exportación	20.17
Saladette invernadero	14.39
saladette	11.73
Saladette invernadero de exportación	6.50
Cherry invernadero exportación	2.48
Bola invernadero	1.67
Uva invernadero exportación	0.09
Bola malla sombra	0

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de Power BI, SIAP (2019).

Por último, se presenta un análisis de la producción de frutos del bosque o *berries*, la cual representa al grupo del arándano, frambuesa, fresa y zarzamora.

Las *berries* mexicanas se ubican como uno de los productos con mayor potencial en el sector agrícola mexicano, ya que cuentan con una demanda creciente a nivel nacional e internacional; al igual que el aguacate y el jitomate forman parte de los cultivos

hortofrutícolas con mayor potencial de mercado, ya que son cultivos altamente demandados para exportación, en los que México cuenta con ventajas comparativas para su producción con alta calidad y precio competitivo.

La tabla 4 indica el volumen en toneladas de la producción de cada uno de los frutos del bosque o *berries*, durante el 2018.

Tabla 4. Producción en toneladas de *berries* en México 2018

nomestado	Arándano	Frambuesa	Fresa	Zarzamora	Total
Michoacán	6,497.83	23,383.99	454,958.46	275,588.02	760,428.30
Baja California	3,188.40	14,179.10	116,451.00	758.00	134,576.50
Jalisco	18,333.64	91,983.62	2,217.00	8,300.22	120,834.48
Guanajuato	299.40		67,178.72	215.00	67,693.12
Sinaloa	8,100.00		360.00		8,460.00
Estado de México	88.38	45.25	6,972.52	226.46	7,332.61
Colima	2,688.13	14.30		1,718.85	4,421.28
Aguascalientes			2,520.00		2,520.00
Puebla	919.42	571.95	504.34	212.10	2,207.81
Baja California Sur			1,588.40		1,588.40
Tlaxcala			271.20		271.20
Zacatecas			241.29		241.29
Oaxaca			168.00		168.00
Morelos			99.36	35.96	135.32
Sonora	96.00				96.00
Chihuahua			85.75		85.75
Veracruz			20.00	21.30	41.30
Nayarit	40.14			0.00	40.14
Querétaro			0.00	31.10	31.10
Ciudad de México		8.94		15.81	24.75
San Luis Potosí			3.20		3.20
Hidalgo				2.00	2.00

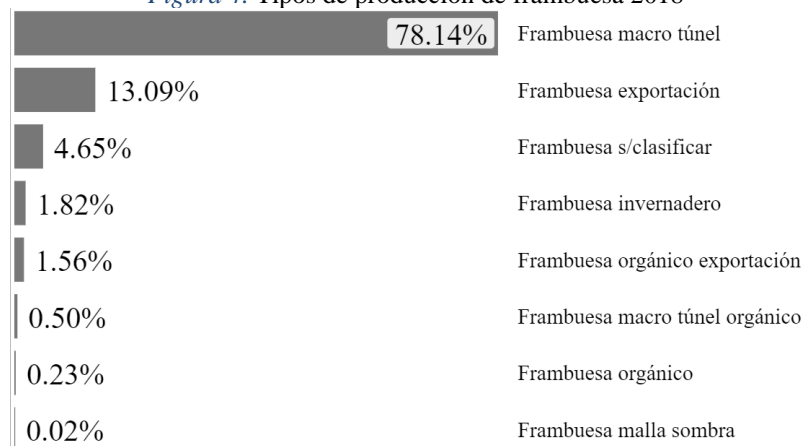
Fuente: Elaboración propia con software Power Bi, Cifras de SIAP (2019).

La tabla 4 indica que Michoacán es el estado líder en la producción de fresa con 454,958.46 ton (69.60%) y zarzamora 275,588.02 ton (95.98%), mientras que Jalisco es el estado líder en la producción de arándano con 18,333.64 (45.55%) y frambuesa con 91,983.62 (70.65%).

La figura 6, muestra el tipo de cultivo de

frambuesa, donde predomina la producción por macro túnel en un 78.14% a nivel nacional, el 100% de la producción orgánica para exportación está liderada por el Estado de Baja California con 2029 toneladas con la cosecha de 114 hectáreas (Blueberries consulting, 2020; SIAP, 2019).

Figura 4. Tipos de producción de frambuesa 2018



Fuente: Elaboración propia con software Power Bi, Cifras de SIAP (2019).

Cabe resaltar que, a partir del 2018, el Estado de Sinaloa se convierte en el segundo productor de arándano (20.12%), superando la participación de Michoacán (16.14%) como segundo estado productor en años anteriores, gracias a la inversión en tecnología en sustrato y agricultura protegida (Agroexcelencia, 2019).

Aunque no existe un registro ante SIAP, del tipo de producción, tan solo en 3 años, los agricultores del norte de la región, específicamente en Ahome y El Fuerte, han logrado cultivar en maceta (*Blueberries Consulting*, 2020), por lo que se espera obtener datos de estos rendimientos en próximos años.

5. CONCLUSIONES

En las dos últimas décadas se ha producido un rápido aumento del uso del conocimiento como factor de producción. El mercado actual globalizado y altamente competitivo ha ampliado el espectro de necesidades en todos los sectores de la industria agroalimentaria.

Para obtener una mayor eficiencia en los agronegocios, es necesario que las empresas se adapten continuamente a los cambios y a la rápida evolución del mercado; para lograr este objetivo, es necesario movilizar todos los recursos de conocimiento de la empresa.

Las teorías más recientes sobre la gestión del conocimiento apuntan al hecho de que las empresas modernas están vendiendo cada vez más conocimiento o lo están incorporando a sus productos inteligentes.

La producción alimentaria es una industria

complicada, que depende fuertemente del comportamiento del clima a largo plazo, la funcionalidad de la maquinaria, el precio de los productos, el precio de los insumos, materia prima, agua y en muchos casos la mano de obra, etc. A medida que la *big data* aparece en las granjas con la implementación de las máquinas y los sensores inteligentes, los datos de las mismas crecen, en cantidad y alcance, es así que los procesos de cultivo serán cada vez más impulsados y habilitados por datos, promoviendo una mayor rentabilidad.

Los resultados del análisis de producción de aguacate en 27 estados, la producción de jitomate y sus tipos de variedades en todo el país, la expansión en la producción de *berries*.

En resumen, este análisis de datos abiertos utilizando la inteligencia de agronegocios puntualiza lo siguiente:

Primero, nuestro país posee las condiciones agronómicas necesarias para la óptima producción de frutas y hortalizas. La producción hortofrutícola en México tiene una aportación importante para la exportación a más de 30 países, valor importante para la exportación; el aguacate el jitomate y las *berries* mexicanas han ganado protagonismo a nivel mundial.

Segundo, la inversión en tecnología a través de sistemas de agricultura protegida, el sensor y monitoreo en la automatización de invernaderos y la implementación de agricultura de precisión han dado como resultado, una alta rentabilidad en la producción de estos cultivos y esa información será de valor, para considerar adoptar la tecnología en otros cultivos.

Tercero, el software utilizado para Inteligencia de negocios en este documento puede ser una forma dinámica e inteligente para que la agroindustria mexicana realice análisis de datos y genere reportes para guiar el proceso de toma de decisiones del sector.

Por último, la *big data* y la analítica de datos representan una oportunidad sin precedentes para encontrar nuevas formas de reducir el hambre y la pobreza, aplicando soluciones basadas en datos a las investigaciones en curso para el impacto del desarrollo. Por ello, el uso inteligente y efectivo de los datos generados con la implementación de la agricultura inteligente, será una de las herramientas más importantes para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Finalmente, cabe mencionar algunas limitaciones de este trabajo: la búsqueda de datos se limitó a las bases de datos abiertos del gobierno de México, sin embargo, se pudo comparar y cotejar los mismos valores con los reportes que arrojan las fuentes internacionales. Por otra parte, la adopción de nuevas tecnologías en cultivos como el arándano, en los estados del norte del país, no permite obtener un análisis cuantitativo preciso del tipo de producción que están adoptando, lo que originó la adopción de datos cualitativos de periódicos digitales de la región. Aun así, se estima que en próximos años sea posible realizarse un registro de estos datos, lo que permitirá conocer el impacto de la adopción de nuevas tecnologías en el rendimiento de estos cultivos.

REFERENCIAS

- Agroexcelencia (2019). *Las berries en Culiacán, una oportunidad de negocios*. Agroexcelencia. Recuperado de: <https://agroexcelencia.com/las-berries-en-culiacan-una-oportunidad-de-negocios/>
- Becker, L. T., & Gould, E. M. (2019). Microsoft Power BI: Extending Excel to Manipulate, Analyze, and Visualize Diverse Data. *Serials Review*, 45(3), 184–188. <https://doi.org/10.1080/00987913.2019.1644891>
- Blueberries Consulting (2020). *Mexico: They manage to produce blueberries in pots in the región*. Blueberries consulting magazine. Recuperado de: <https://blueberriesconsulting.com/en/mexico-logran-producir-arandanos-en-macetas-en-la-region/>
- Blueberries consulting (2020). *Baja California: Las berries bajacalifornianas alimentan a Estados Unidos*. Blueberries consulting magazine. Recuperado de: <https://blueberriesconsulting.com/baja-california-las-berries-bajacalifornianas-alimentan-a-estados-unidos/>
- Bolisani, E. y Bratianu, C. (2018). *Emergent Knowledge Strategies. Strategic Thinking in Knowledge Management*. Switzerland: Springer.
- Bronson, K y Knezevic, I. (2016). Big Data in food and agriculture. *Big data & Society*. 1-5
- CIAT Y IFPRI (2016). *CGIAR Big data coordination platform. Proposal to the CGIAR Fund Council, 31 March, 2016*. International Center for Tropical Agriculture. International Food Policy Research Institute, Washington DC, United States of America.
- Elceo (2019). *La agricultura inteligente puede llegar en dos años a México*. Recuperado de <https://elceo.com/tecnologia/la-agricultura-inteligente-puede-llegar-en-dos-anos-a-mexico/>
- Expansión (2019). *Esta empresa ya encontró el nuevo oro del campo mexicano y así lo hará brillar*. Expansión. Recuperado de: <https://expansion.mx/empresas/2019/06/28/esta-empresa-ya-encontro-el-nuevo-oro-del-campo-mexicano-y-asi-lo-hara-brillar>
- FAO (2020). *La agricultura climáticamente inteligente*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/knowledge/es/>
- FAO (2020). *TECA – Tecnologías y prácticas para pequeños productores agrícolas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado de: <http://www.fao.org/teca/categories/es/>
- FAOSTAT (2019). *Datos sobre alimentación y agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Forbes (2017). *Solo 6% de las pymes aprovechan las tecnologías de la información*. Forbes México. Recuperado de: <https://www.forbes.com.mx/solo-6-pymes-aprovecha-las-tecnologias-la-informacion/>
- Fritz, S. et al. (2019). A comparison of global agricultural monitoring systems and current gaps. *Agricultural Systems*, 168. 258-272.
- Gilpin, L. (2014). How Big Data Is Going to Help Feed Nine Billion People by 2050. *TechRepublic*. 1-12.
- Gobierno Abierto MX (2019). *¿Qué es? Alianza para el gobierno abierto de México*. Recuperado de: <http://dgti-transparencia-gobierno-abierto-staging.k8s.funcionpublica.gob.mx/quienes-somos/>
- Gobierno MX (2016). *¿Qué son los datos abiertos?* Gobierno de México. Recuperado de: <https://datos.gob.mx/blog/que-son-los-datos-abiertos?category=casos-de-uso>
- Gómez Santamaria, C. et al. (2017). Mejorar la productividad del aguacate hass mediante un prototipo de agricultura de precisión que permita el uso eficiente del recurso hídrico. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería. Universidad Pontificia Bolivariana*. Colombia.
- Gopal y Chintala (2020). Big data challenges and opportunities in agriculture. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 1. 48-66.

- Gottdenker, J. Giacomelli, G. A. y Durner, E. (2001) *Supplemental lighting strategy for greenhouse strawberry production*. Department of bioresource engineering, Cook College Rutgers University.
- Hoste, R., Suh, H y Kortstee, H. (2017). *Smart farming in pig production and greenhouse horticulture. An inventory in the Netherlands*. Wageningen University & Research: Netherlands. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- ISPA (2019). Precision agriculture. *International Journal on Advances in Precision Agriculture*. Springer.
- Jørgensen, B. N., Ottosen, C-O., Dam-Hansen, C., Rosenqvist, E., Pedersen, I. K., Sørensen, J. C., & Kjær, K. H. (2016). *Dynalight Next Generation: Smart Grid Ready Energy Efficient Lighting System for Green House Horticulture*. DTU: Denmark
- Miller, H.G., Mork, P., 2013. From data to decisions: a value chain for Big Data. *IT Professional* 15, 57–59.
- National Science Foundation (2012) *Core Techniques and Technologies for Advancing Big Data Science & Engineering*. National Science Foundation USA. Recuperado de: <https://www.nsf.gov/pubs/2012/nsf12499/nsf12499.pdf>
- NU (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Qlik (2020). *Acelere la creación de valor empresarial mediante los datos*. Qlik. Recuperado de: <https://www.qlik.com/es-es>
- Paparozi, E. (2013). The Challenges of Growing Strawberries in the Greenhouse. *Agronomy and Horticulture*, 23 (6). 789-802
- Power BI (2020). *Convierta los datos en oportunidades*. Power BI Microsoft. Recuperado de: <https://powerbi.microsoft.com/es-es/>
- Rao, N. H. (2018) Big Data and Climate Smart Agriculture - Status and Implications for Agricultural Research and Innovation in India. *Proceedings of the Indian National Science Academy. University of Hyderabad*, 1-22.
- SAGARPA (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. *Jitomate mexicano*. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>
- Saiz-Rubio y Rovira, (2020). From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management F. *Agronomy 2020*. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>
- Sciforce (2019). *Smart Farming: The Future of Agriculture*. Sciforce. Recuperado de: <https://www.iotforall.com/smart-farming-future-of-agriculture/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019). *Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por cultivo*. SIAP. Recuperado de: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do
- Signals IOT (2019). *Agricultura lidera proyectos en Centro de innovación IOT en México*. <https://signalsiot.com/agricultura-lidera-proyectos-en-centro-de-innovacion-iot-de-mexico/>
- Smart-Akis (2016). *What is smart-farming?* Smart Farming Thematic Network. Recuperado de: <https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/>
- Sonka, S. (2015). Big data: from hype to agricultural tool. *Farm Policy Journal*, 12. 1-9
- Tableau (2020). *Cambia tu manera de pensar en los datos*. Tableau. Recuperado: <https://www.tableau.com/es-mx>
- Town, P., & Thabtah, F. (2019). Data analytics tools: A user perspective. *Journal of Information & Knowledge Management*, 18(1), 1-16, DOI:10.1142/S0219649219500023
- Tyrychtr, J. Ulman, M. y Vostrovsky, V. (2015) Evaluation of the state of the Business Intelligence among small Czech farms. *Agricultural Economics*. 61(2), 63-71.
- Wolfert, S., Ge, L. Verdouw, C. y Boodardt, M.C. (2017) Big Data in Smart Farming – A review, *Agricultural Systems*, 153, 69-80