



INCyTU

OFICINA DE INFORMACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
PARA EL CONGRESO DE LA UNIÓN

Melchor Ocampo 305, Colonia Santa Catarina,
Delegación Coyoacán, Ciudad de México
C.P. 04010. Tel. +52(55) 5611 8536
www.foroconsultivo.org.mx



NOTA-INCyTU | NÚMERO 015 | ABRIL 2018

Agricultura de Precisión



Imagen: FCCyT.

Agricultura

La labranza de la tierra marcó un cambio fundamental en la humanidad; permitió la transición de un estilo de vida nómada a uno sedentario.¹ Su desarrollo se dio de forma independiente y en épocas distintas; en Nueva Guinea, China, la Creyente Fértil del Medio Oriente (Israel, Líbano, Siria, Irak, Irán y Turquía), el este de Norteamérica (Canadá y Estados Unidos de América o EUA), Perú y México.¹

Entre las evidencias del origen de la agricultura en México en los valles de Tehuacán y Oaxaca, se encuentran la domesticación del maíz (ocurrida hace 10,000 a 6,250 años aproximadamente)^{2,3} y el hallazgo de que variedades antiguas y actuales del maíz descienden de una misma especie ancestral.^{2,4} La agricultura asegura una producción constante de alimento debido a que las tecnologías asociadas se han innovado constantemente.

RESUMEN

- El acelerado crecimiento poblacional en el mundo exige una producción suficiente de alimentos en cantidad y calidad, a bajo costo y con el menor impacto ambiental.
- La agricultura convencional considera las condiciones de terreno como homogéneas y aplica la misma cantidad de insumos, por ejemplo agua y fertilizantes, a toda la superficie de siembra. Esto incrementa los costos de inversión y aumenta los riesgos de contaminación ambiental.
- La agricultura de precisión, se caracteriza por el manejo (análisis y control) de la variabilidad espacio-temporal del terreno y del cultivo. Suministra distintas cantidades de insumos y toma en cuenta la variación en los componentes del suelo (como textura, acidez, humedad, topografía o relieve), en el desarrollo vegetal y en las condiciones entre temporadas de siembra.
- Éste sistema agrícola posee tres etapas: recopilación de datos, análisis de información e implementación de las técnicas más adecuadas.
- Usa cinco tecnologías principales: sistemas de posicionamiento e información geográfica (GPS y GIS, por sus siglas en inglés), sensores remotos, maquinaria automatizada y monitores de rendimiento/aplicación.
- Para que un país la adopte exitosamente se requieren tres condiciones fundamentales: 1) instituciones especializadas que generen conocimiento y formen recursos humanos, 2) recolección de información y 3) manejo preciso de los recursos agronómicos (sistemas para la toma de decisiones).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, la población mundial en 2017 era de 7.6 mil millones de personas. Se calcula que en 2030 será de 8.5 y para 2100 de 11.2 mil millones de personas.⁵ Este crecimiento impone el desafío para la producción de alimentos, aunado al fomento del crecimiento socioeconómico, la adopción de sistemas productivos sostenibles (Tabla 1) y la adaptación al cambio climático.^{6,7}

Dado el impacto socioambiental de la agricultura, la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación recomienda cinco principios para volverla sostenible (Tabla 1):

Tabla 1. Principios para una agricultura sostenible.⁸

Principio	Descripción
1	Mejorar la eficiencia en el uso de recursos.
2	Realizar actividades directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales.
3	Proteger y mejorar los medios de vida rurales, la equidad y el bienestar social.
4	Reforzar la resiliencia de las personas, comunidades y ecosistemas.
5	Implementar políticas públicas responsables y eficaces que aseguren la sostenibilidad de la agricultura y la alimentación.

Aunque originalmente algunas tecnologías empleadas en la agricultura no fueron diseñadas para ésta, siempre ha estado ligada a la innovación tecnológica.⁹

¿Qué es la agricultura de precisión (AP)?

Es un sistema empleado para analizar y controlar la variación espacio-temporal del terreno y el cultivo. La variación espacial comprende las diferencias en fertilidad de distintas secciones del terreno y las que se dan en el crecimiento de las plantas cultivadas. La variación temporal engloba las diferencias observadas en la producción de un mismo terreno entre una temporada y otra (Tabla 2).⁹

Aún en terrenos con poca extensión, de una hectárea o menos, existe dicha variación.¹⁰

Tabla 2. Variación espacio-temporal en cultivos.^{9,11}

Tipo de variación	Sujeto de la variación	Factores involucrados
Espacial	Fertilidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> Condiciones fisicoquímicas (entre otras la acidez-alcalinidad o pH, y el contenido de nitrógeno o de metales). Contenido de humedad, materia orgánica y contaminantes. Conductividad eléctrica e hidráulica. Textura, fuerza mecánica y profundidad. Salinidad. El relieve o topografía del terreno. Microbiota y fauna del suelo.
	Desarrollo vegetal	<ul style="list-style-type: none"> Maleza (plantas oportunistas). Plagas (insectos, virus y microorganismos). Características genéticas del cultivo (como la resistencia a la sequía y velocidad de desarrollo).
Temporal	Cosecha	<ul style="list-style-type: none"> Variación productiva entre períodos de siembra distintos. Condiciones climatológicas (por ej. radiación solar o humedad ambiental) entre distintas temporadas.

La AP maneja las variables y administra eficientemente los insumos (por ejemplo agua o fertilizantes)¹². Logra una mayor sostenibilidad al minimizar tanto los recursos invertidos, como el impacto ambiental y los riesgos agroalimentarios, y al mismo tiempo maximiza la producción.¹³ Además, permite reducir hasta 90% el uso de insumos agrícolas que son liberados al medio ambiente (como los pesticidas).¹⁴ Su uso depende de las tecnologías de la información, en donde la comunicación entre dispositivos es una de las herramientas más importantes.¹⁵

Diferencias entre la agricultura de precisión y la convencional

La agricultura convencional considera que un terreno es homogéneo y aplica los insumos con base en valores promedio a toda la superficie de siembra; esto incrementa los costos de inversión y el impacto ambiental (como la contaminación del subsuelo). En contraste, en la AP se aplican distintas cantidades de insumos y se valoran las necesidades particulares de cada sección del cultivo y su respuesta en tiempo real (Recuadro 1).¹¹

Recuadro 1. Diferencias entre agricultura convencional y de precisión.¹¹

- **Agricultura convencional.** Considera a las condiciones de siembra como homogéneas.
- **Agricultura de precisión.** Maneja la variabilidad espacio-temporal, maximiza el rendimiento y reduce costos de inversión e impacto ambiental.

Etapas de la agricultura de precisión

Se requieren tres etapas:^{11,16}

1. *La recolección de datos.* Se lleva a cabo con equipos especializados como satélites o sensores remotos.
2. *El análisis de los datos.* Un experto analiza los datos y emite sugerencias para manejar adecuadamente la variación espacio-temporal detectada.
3. *La implementación.* El productor cultiva el terreno según las recomendaciones.

Tecnologías asociadas

Existen cinco tecnologías asociadas a la AP: los sistemas de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) y de información geográfica (GIS), sensores remotos, monitores de rendimiento/aplicación y maquinaria inteligente.^{11,17,18} Ya existen empresas que brindan servicios especializados en estas tecnologías.¹⁹

1. Sistemas de posicionamiento global

El GPS fue desarrollado por el ejército de los Estados Unidos para brindar servicios de posicionamiento y navegación global. Lo constituyen tres segmentos: espacial, de control y de usuario. El segmento espacial lo conforma una constelación

de 24 satélites. El segmento de control está formado por estaciones ubicadas en distintos puntos del planeta. El segmento de usuario lo representan los equipos receptores de la señal satelital.²⁰

Dado que el GPS convencional tiene un margen limitado de precisión, se introdujo el GPS diferencial (DGPS, por sus siglas en inglés), para corregir errores durante la asignación de coordenadas. Esta corrección usa una estación receptora fija que compara sus coordenadas con aquellas obtenidas por el satélite.²¹ En la AP, el DGPS ha permitido registrar la variabilidad espacio-temporal y controlar con exactitud geográfica la maquinaria agrícola.²² Éste se emplea en monitores de rendimiento, banderilleros satelitales, pilotos automáticos o en equipos de aplicación variable.¹¹

2. Sistemas de información geográfica

Los GIS son sistemas informáticos usados para almacenar, visualizar y analizar datos referidos geográficamente.²² En la AP permiten analizar la información obtenida mediante los distintos receptores (v.g. sensores remotos), para tomar decisiones sobre el manejo de la variabilidad espacio-temporal.¹¹ Existen varios GIS disponibles comercialmente.²³ También se emplean programas informáticos para interconectar los dispositivos con computadoras personales.¹¹

El reto con esta tecnología es analizar los datos adecuadamente.²⁴ El software agrícola aún no posee un consenso internacional en lo referente a la comunicación entre las distintas tecnologías empleadas en AP, aunque existen iniciativas de estandarización (propuesta por la Organización Internacional de Estandarización, ISO por sus siglas en inglés, en su norma ISO11783).^{15,25} La estandarización permitirá la compatibilidad entre distintos dispositivos.¹⁵

3. Sensores remotos

Los sensores remotos son sistemas (satelitales o portátiles) que obtienen información del cultivo, sin tener un contacto físico con éste. Se emplean en la recolección de datos sobre la administración del agua de riego, contenido de materia orgánica, vigor de las plantas (por ejemplo, su contenido de clorofila), enfermedades vegetales, plagas, mapeo de malezas, sequía e inundaciones.^{10,26-29} Para ser eficientes, deben estar bien calibrados y poseer suficiente resolución.²⁶

Otra forma de percepción remota es la fotografía, que puede obtenerse vía satelital o aérea por medio de aviones o drones.^{11,30,31} La resolución de estas imágenes depende de las capacidades del equipo utilizado.^{11,31}

4. Monitores de rendimiento y aplicación

Los monitores de rendimiento obtienen información sobre la cantidad (granos recolectados por unidad de tiempo) y la calidad del cultivo (entre otras características, la humedad del producto).¹⁶ Otro tipo de monitores, los de aplicación variable, se usan para dosificar la cantidad de insumos por cada sección del terreno, por ejemplo la dosis de semilla o agroquímicos. Ambos tipos de monitores dependen del DGPS.¹¹

Con la información reunida se crean mapas de productividad y de características del suelo, así como modelos de crecimiento vegetal.^{10,16} Con estos mapas, se aplican los in-

sumos (como herbicidas) cubriendo las necesidades particulares de cada zona del cultivo.^{11,32}

5. Maquinaria inteligente

La cosecha de algunos productos, por ejemplo frutas, requiere una intensa labor manual por parte de trabajadores temporales, lo que incrementa los gastos de producción. Se han desarrollado cosechadoras inteligentes capaces de diferenciar frutos maduros e inmaduros.¹⁷ También existen sistemas de detección de flores en árboles frutales, que permiten estimar la producción, la aplicación variable de agroquímicos y la recolección automatizada de frutos.³³ Además existen sistemas de piloto automático que controlan la maquinaria agrícola vía DGPS.¹¹ La investigación básica y aplicada en inteligencia artificial impactará positivamente a la AP.

Tabla 3. Principales tecnologías asociadas a la agricultura de precisión.^{11,16-18,21-23,26,28,30,31,33}

Tecnología	Ejemplos
GPS	<ul style="list-style-type: none"> Satélites NAVSTAR
GIS y software relacionado	<ul style="list-style-type: none"> ARC-INFO Agri-Logic Magellan Waypoint
Sensores remotos	<ul style="list-style-type: none"> Sensores de nitrógeno Agro Drone Satélites Landsat
Monitores de rendimiento y aplicación	<ul style="list-style-type: none"> AG Leader Green Star John Deere
Maquinaria inteligente	<ul style="list-style-type: none"> Detección/recolección de frutos Piloto automático en tractores Uso de inteligencia artificial

Ventajas de la agricultura de precisión

Permite a los agricultores elegir las tecnologías que más convengan a sus intereses y a sus capacidades de inversión. La adopción de una sola tecnología es la mejor opción para huertos pequeños, menores o iguales a una hectárea, pues representa un bajo costo de inversión. La combinación de dos o más tecnologías es idónea para terrenos de mayores dimensiones (cooperativas agrícolas o productores consolidados). La adopción integrada (donde cada paso de la producción cuenta con alguna tecnología) es conveniente para cultivos a gran escala y de alto valor.³⁴

Impacto económico de la agricultura de precisión

Toda inversión económica tiene riesgos de incertidumbre e irreversibilidad. En la agricultura, la incertidumbre puede emanar de los riesgos de producción, por ejemplo heladas, plagas, o la devaluación del producto (por fluctuaciones de los precios en el mercado); mientras que la irreversibilidad se refiere a los gastos irre recuperables como la aplicación de fertilizante. De acuerdo con modelos teóricos, la inversión en

AP produce mayores ganancias comparada con la agricultura convencional al reducir los gastos asociados a la irrigación, control de plagas y fertilización.^{35,36} La rentabilidad de éste sistema agrícola depende principalmente de los grados de variación del suelo y la producción.³⁷

La aplicación de la AP en terrenos pequeños es un reto, principalmente por su rentabilidad; sin embargo algunas tecnologías de bajo costo, como los sensores portátiles han reportado utilidades en huertos de estas dimensiones.³⁴

Adopción de la agricultura de precisión

Para que un país adopte exitosamente este tipo de agricultura, son necesarias tres condiciones: 1) instituciones y formación de cuadros especializados, 2) recolección de información y 3) manejo preciso de los recursos agronómicos. Además, debe considerar las condiciones socioeconómicas para maximizar los beneficios.^{34,38}

Debido a que algunos productores han tenido experiencias positivas, es importante que la comunicación y asesoría durante el análisis y toma de decisiones entre agricultores y expertos sea muy fluida.²⁴ Otro aspecto para una adopción exitosa es que las nuevas tecnologías realmente simplifiquen y hagan más eficientes las labores agrícolas, reduzcan su tiempo de ejecución y sean compatibles con la maquinaria existente.¹⁴

La disponibilidad de tecnología a nivel local, el alto precio de los equipos, la incompatibilidad entre maquinaria moderna y antigua y la falta de información son elementos que dificultan la adopción de la AP.³⁹ Asimismo la rentabilidad y actitud de confianza (disposición para aprender y usar tecnologías nuevas) son factores que influyen en la deci-

sión de los productores durante la adopción. Al considerar lo anterior, las instituciones (gubernamentales, educativas y agrocomerciales) pueden proveer capacitación, asesoría, servicios y productos destinados a mejorar la percepción del productor ante las nuevas tecnologías agrícolas.⁴⁰

Muchos países en vías de desarrollo sufren retrasos científico-tecnológicos y financieros en el sector agrícola, condición que los deja en clara desventaja competitiva, no solo en la comercialización sino en la producción para autoconsumo. En estos países, aún predomina la agricultura convencional. Es responsabilidad de cada país definir las prioridades y estrategias para su desarrollo agrícola.¹⁹

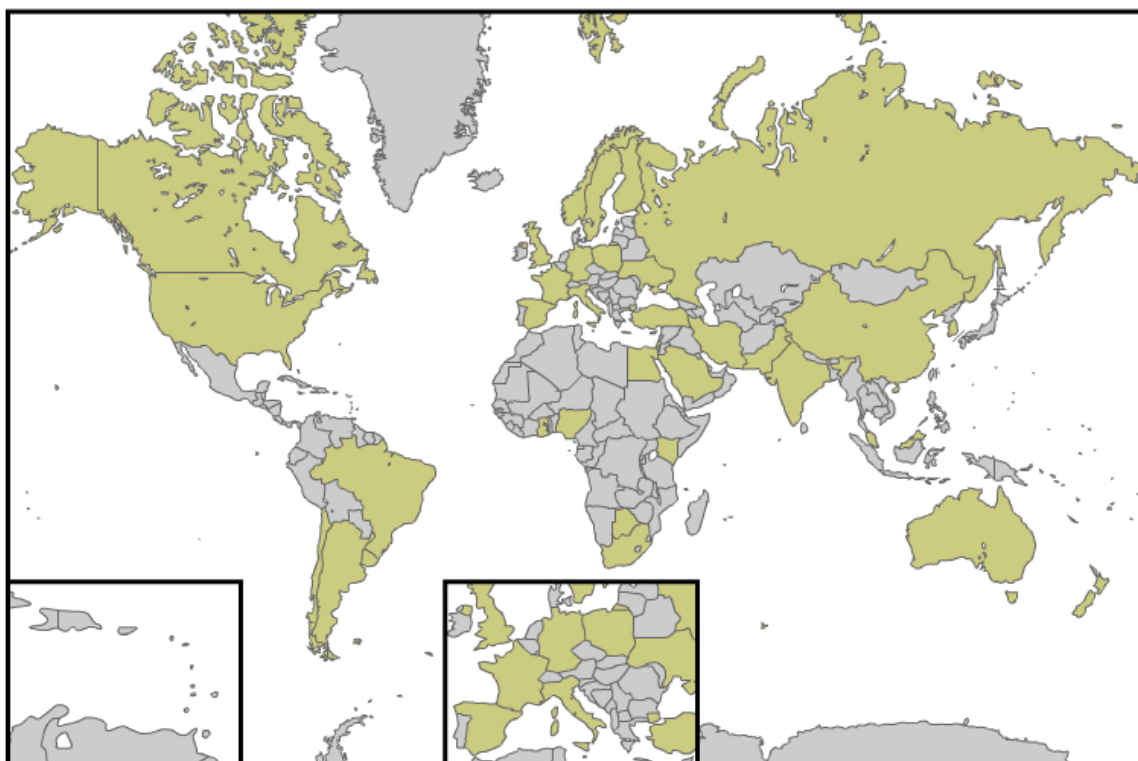
A nivel mundial existen organismos que promueven la AP, como son: la Sociedad Internacional de Agricultura de Precisión (ISPA por sus siglas en inglés); el Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur; la Comunidad de Sistemas de Agricultura de Precisión (EUA) y la Sociedad Australiana de Agricultura de Precisión.

Asimismo, varios países han decidido apoyar la investigación de esta disciplina en centros como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Argentina, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en Chile o el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria en Uruguay.

Ejemplos de adopción de la agricultura de precisión

Actualmente, los países miembros de la ISPA son: Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Botsuana, Brasil, Canadá, Chile, China, Corea del Sur, Egipto, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Ghana, India, Irán, Israel, Italia, Kenia, Malasia, Nigeria, Noruega, Nueva Zelanda,

Figura 1. Países miembros de la ISPA (color verde).⁴¹



Pakistán, Polonia, Reino Unido, Rusia, Sudáfrica, Suecia, Turquía, Ucrania y Uruguay (Figura 1).⁴¹

Las tecnologías o actividades más adoptadas son los monitores de rendimiento, sistemas GPS y GIS, sensores remotos, software de mapeo y muestreo de suelo.⁴²

En EUA, los primeros adoptantes de la AP fueron personas jóvenes con educación profesional, dedicados de tiempo completo a la agricultura y que manejaban grandes extensiones de terreno.⁴³ En el caso de Grecia, varios cultivos como el olivo, uva, manzana y pera se beneficiaron con el uso de sensores remotos y monitores de rendimiento.⁴⁴ En Malasia se utilizó la fertilización sitio-específica (dosis variable de fertilizantes) en plantaciones de caucho.³⁴ La AP ha posicionado a Holanda como uno de los productores agrícolas más eficientes del mundo.⁴⁵

Estatus de la agricultura de precisión en México

En México el organismo encargado de regular y promover al sector agroalimentario es la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). A pesar de que el Reglamento Interior de la SAGARPA no menciona la AP, los artículos 18 y 19 permiten su aplicación en el sistema agropecuario nacional.⁴⁶ De igual manera, el Congreso de la Unión ha impulsado el desarrollo sostenible de las actividades agropecuarias en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.⁴⁷

Entre los datos más importantes relacionados con la actividad agropecuaria mexicana, destaca:⁴⁸

- Aproximadamente 24% de la población total habita zonas rurales.
- Cerca de 4% del producto interno bruto corresponde a la agricultura.
- Existe baja productividad agrícola.
- La SAGARPA y el sector privado ofrecen asistencia técnica.
- Los centros de investigación y universidades no cuentan con modelos de transferencia tecnológica hacia el campo.
- El sistema de innovación mexicano carece de interacción-colaboración institucional.
- La investigación agrícola se realiza principalmente con recursos públicos (Fundaciones Produce, SAGARPA o CONACYT).
- Se crearon el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable (SNITT, 2004), Comités Sistema Producto (CSP, 2003) y el Sistema Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica Integral (SINACATRI, 2003).

Otras instituciones mexicanas involucradas en la enseñanza e investigación agropecuaria son: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Universidad Autónoma Chapingo, Tecnológico de Monterrey, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Mérida y Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Ade-

más, la iniciativa privada mexicana (por ejemplo, AGROPRO, Inbriht y SGS) también oferta servicios de asesoría en AP.

En México el uso de la AP podría reportar beneficios económicos (para agricultores, industria y gobierno), sociales (para asegurar la disponibilidad de alimento suficiente) y ambientales (para reducir el riesgo de contaminación por agroquímicos), como los observados en países que la han adoptado.

La estrecha relación que guarda con la tecnología podría comprometer algunos empleos en zonas rurales, por lo que será necesario diseñar estrategias que maximicen los beneficios para todos los sectores involucrados.

Algunas acciones que ayudarían a fomentar su adopción son la colaboración entre academia, industria, gobierno y los productores; la actualización de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y del Reglamento de la SAGARPA; la investigación y desarrollo agrícola en México; la formación de recursos especializados (humanos e institucionales); la promoción de programas piloto para cultivos estratégicos (como el aguacate) y su divulgación.

Conclusiones

Debido al crecimiento poblacional y el cambio climático, la producción de alimentos tendrá que volverse más eficiente y sostenible.⁵⁻⁷ La AP es una respuesta a este desafío.¹¹

La AP maneja la variación espacio-temporal para maximizar la producción mientras reduce gastos de inversión e impacto ambiental.¹³ Para conocer y manejar la variabilidad se emplean tecnologías como el GPS, GIS, sensores remotos, monitores de rendimiento/aplicación, maquinaria inteligente y software especializado.^{11,16-18,21-23,26,28,30,31,33}

Dado que depende de tecnología especializada, su ejecución requiere esfuerzos multidisciplinarios entre ciencias agrícolas, sistemas de información, ingeniería y robótica.¹⁹ Actualmente, varios países del mundo ya han adoptado exitosamente este método de producción agrícola sostenible.

En México, aunque aún hay poco conocimiento de la AP, se pueden implementar acciones para promover su desarrollo con la actualización de leyes, el apoyo a la investigación científico-tecnológica y la colaboración entre expertos y productores. La adopción exitosa de la AP requiere de la participación del gobierno, industria, academia y productores.

Referencias

- Leventin E, McMahon K. *Plants and Society* 5th Ed. McGrawHill; 2008. pp. 177–86.
- Piperno DR, Flannery KV. *Proc Natl Acad Sci*. 2001;98(4):2101–3.
- Piperno DR, Moreno JE, Iriarte J, et al. *Proc Natl Acad Sci*. 2007;104(29):11874–81.
- Ramos-Madriral J, Smith BD, Moreno-Mayar JV, et al. *Curr Biol*. 2016;26:1–7.
- United Nations. *World Population Prospects: The 2017 Revision*. New York; 2017. Report No.: ESA/P/WP/2. Disponible en: https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf
- Food and Agriculture Organization. *Global agriculture towards 2050*. Rome; 2009. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf
- Alexandratos N, Bruinsma J. Vol. 20, *ESA Working paper No. 12-03*. Rome; 2012. Disponible en: www.fao.org/economic/esa
- Food and Agriculture Organization. United Nations [consultado: 01/julio/2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/home/en/>
- Zhang N, Wang M, Wang N. *Comput Electron Agric*. 2002;36:113–32.
- Gemtos T, Fountas S, Tagarakis A, Liakos V. *Procedia Technol*. 2013;8:324–32.
- Bongiovanni R, Mantovani EC, Best S, Roel Á. *PROCISUR*. Montevideo; 2006. Disponible en: <http://www.procisur.org.uy/adjuntos/135050.pdf>
- Plant RE. *Comput Electron Agric*. 2001;30:9–29.
- Schrijver R, Poppe K, Daheim C. Brussels. *Precision agriculture and the future of farming in Europe*. 2016. Report No.: PE 581.892.
- Aubert BA, Schroeder A, Grimaudo J. *Decis Support Syst*. 2012;54(1):510–20.
- Nash E, Korduan P, Bill R. *Precis Agric*. 2009;10:546–60.
- Mantovani EC, Magdalena C. *Manual de agricultura de precisión*. IICA/PROCISUR. Montevideo; 2014. pp. 1–178.
- Nguyen TT, Vandevoorde K, Wouters N, et al. *Biosyst Eng*. 2016;1(46):33–44.
- Schellberg J, Hill MJ, Gerhards R, Rothmund M, Braun M. *Eur J Agron*. 2008;29:59–71.
- Maohua W. *Comput Electron Agric*. 2001;30:45–50.
- Global Positioning System. [consultado: 01/octubre/2017]. Disponible en: <http://www.gps.gov/systems/gps/>
- Cox S. *Comput Electron Agric*. 2002;36(2–3):93–111.
- Neményi M, Mesterházi PÁ, Pecze Z, Stépán Z. *Comput Electron Agric*. 2003;40:45–55.
- Zhang N, Runquist E, Schrock M, et al. *Comput Electron Agric*. 1999;22:221–31.
- Lamb DW, Frazier P, Adams P. *Comput Electron Agric*. 2008;6(1):4–9.
- Mondal P, Basu M, Bhadoria PBS. *Am J Exp Agric*. 2011;1(3):49–68.
- Lamb DW, Brown RB. *J Agric Eng Res*. 2001;78(2):117–25.
- Bastiaanssen WGM, Molden DJ, Makin IW. *Agric Water Manag*. 2000;46(2):137–55.
- Christy CD. *Comput Electron Agric*. 2008;61(1):10–9.
- Cox SWR. *Measure and control in agriculture*. Blackwell Science Ltd. Oxford; 1997. 271 p.
- Landsat Project. [consultado: 01/octubre/2017]. Disponible en: <https://landsat.usgs.gov/landsat-project-description>
- Castillo DL. 2015 [consultado: 01/octubre/2017]. Disponible en: <https://inbrightcorp.com/>
- Tellaache A, Burgos-Artizxu XP, Pajares G, et al. *Comput Electron Agric*. 2008;6(0):144–55.
- Wouters N, De Ketelaere B, Deckers T, De Baerdemaeker J, Saeys W. *Comput Electron Agric*. 2015;113:93–103.
- Mondal P, Basu M. *Prog Nat Sci*. 2009;19:659–66.
- Tozer PR. *Agric Syst*. 2009;100:80–7.
- McKinion JM, Jenkins JN, Akins D, et al. *Comput Electron Agric*. 2001;32:213–28.
- Roberts RK, English BC, Mahajanashetti SB. *J Agric Appl Econ*. 2000;32(1):133–43.
- Pierpaoli E, Carli G, Pignatti E, Canavari M. *Procedia Technol*. 2013;8:61–9.
- García E, Flego F. *Revista Ciencia y Tecnología*. Universidad de Palermo. 2008;99–116. Disponible en: <http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>
- Adrian AM, Norwood SH, Mask PL. *Comput Electron Agric*. 2005;48(3):256–71.
- International Society of Precision Agriculture. [consultado 01/octubre/2017]. Disponible en: <https://www.ispag.org>
- Batte MT, Arnholt MW. *Comput Electron Agric*. 2003;38(2):125–39.
- Khanna M, Epouhe OF, Hornbaker R. *Appl Econ Perspect Policy*. 1999;21(2):455–72.
- Gertsis A, Fountas D, Arpasanu I, Michaloudis M. *Procedia Technol*. 2013;8:152–6.
- Viviano F. *National Geographic Magazine*. 2017;83–93. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/09/holland-agriculture-sustainable-farming/?utm_source=Measuremail&utm_medium=email&utm_campaign=ALU+-+Nieuwsbrief+EN
- Reglamento Interior de la SAGARPA. *Diario Oficial de la Federación*. México; 2012.
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable. *Diario Oficial de la Federación*. México; 2001. Última reforma 2012.
- McMahon MA, Valdés A, Cahill C, Jankowska A. *Análisis del extensionismo agrícola en México*. OCDE. París; 2011.