

PUNTOS DE VISTA



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

De la agricultura precisa a la agricultura de precisión

From Precise Agriculture to Precisión Agriculture

Dr.C. Javier Arcia Porrúa*

Empresa JJ Budeguer, Tucumán, República de Argentina.

RESUMEN. La Agricultura de Precisión (AP) constituye una alternativa para lograr avances significativos en la producción de alimentos, basados en sus dos líneas de desarrollo hasta el día de hoy; la agronomía y la ingeniería agrícola. Los puntos de vista que se describen corresponden a la introducción de la AP en la principal Empresa Agroindustrial de la Provincia Tucumán, siendo el objetivo del presente trabajo describir, las condiciones y pasos seguidos por la Empresa, para la introducción del concepto de AP, el cual comienza a partir del año 1994 con el uso de técnicas relacionadas al manejo por sitio específico, pero es a partir del año 2000 (con la llegada de medios técnicos) que permite “dar un primer salto” en la incorporación de tecnologías de AP relacionadas con pilotos automáticos y otras herramientas, hasta llegar hoy en día al manejo de la totalidad de sus áreas agrícolas con soporte técnico vinculado a ésta forma de gestión agrícola. El trabajo expone que, para llegar a la AP, debe haberse transitado por una agricultura precisa, la cual crea las condiciones ya sea por conocimiento como por tecnología, para el paso a formas superiores de gestión, por otro lado, se demuestra que la AP no consiste solamente en medir la variabilidad existente en el terreno, sino también en la adopción de prácticas administrativas que se realizan en función de esa variabilidad. Si bien los beneficios del manejo mediante AP son difíciles de medir, se ha podido estimar, dentro de la Empresa, los beneficios que ha traído la implementación de éste modo de gestión agrícola.

Palabras clave: producción de alimentos, piloto automático beneficio, gestión agrícola.

ABSTRACT. Precision Agriculture (PA) constitutes an alternative to achieve significant advances in food production, based on its two lines of development to date; agronomics and agricultural engineering. The points of view described correspond to the introduction of the PA in the main Agroindustrial Company of the Tucumán Province, the objective of this work being to describe, the conditions and steps followed by the Company, for the introduction of the PA concept, the which begins from the year 1994 with the use of techniques related to site-specific management, but it is from the year 2000 (with the arrival of technical means) that it allows “taking a first leap” in the incorporation of related PA technologies with automatic pilots and other tools, until today reaching the management of all of its agricultural areas with technical support linked to this form of agricultural management. The work exposes that to get to the PA, you must have gone through a precise agriculture, which creates the conditions either for knowledge or for technology, for the passage to superior forms of management, on the other hand it is shown that the PA does not consist only in measuring the variability existing in the field, but also in the adoption of administrative practices that are carried out based on that variability. Although the benefits of management through PA are difficult to measure, it has been possible to estimate, within the Company, the benefits that the implementation of this mode of agricultural management has brought.

Keywords: Food Production, Automatic Pilot, Benefit, Agricultural Management.

INTRODUCCIÓN

La progresiva demanda de alimentos, crea la necesidad del aumento de los rendimientos agrícolas, los que se pueden obtener mediante la generación de nuevas tecnologías que incluye variedades mejoradas, agroquímicos más eficientes que junto al manejo adecuado de nuevas máquinas para preparar, sembrar,

cultivar, cosechar y procesar los productos agrícolas, permite avances significativos en el área de producción de alimentos.

Es a partir de la década del '70, que se comienza a delinear un nuevo concepto de agricultura con los estudios sobre automatización de máquinas agrícolas (Mantovan *et al.*, 1980;

*Autor para correspondencia: Javier Arcia Porrúa, e-mail: javierarcia54@gmail.com

Recibido: 18/12/2019.

Aprobado: 12/06/2020.

Naresh *et al.*, 2012; Temizel *et al.*, 2012; Oliver *et al.*, 2013; Say *et al.*, 2018). En forma complementaria, a fines de la década del '80 y comienzos del '90, con la liberación del Sistema de Posicionamiento Global por Satélite (GPS) para uso civil, fue posible desarrollar equipos inteligentes que permitieron el manejo localizado de las prácticas agrícolas. A ese conjunto de procesos y sistemas aplicados se les denomina Agricultura de Precisión (AP), aunque ésta, no consiste solamente en medir la variabilidad edáfica existente en el área, sino también la adopción de prácticas tecnológicas y administrativas que se realizan en función de esa variabilidad, definiendo la Agricultura de Precisión como una nueva forma integrada de gerenciamiento de la información de los cultivos, basada en la existencia de la variabilidad espacial y temporal de la unidad mínima de manejo en la agricultura tradicional (Alexandratos, 1995; Saraiva *et al.*, 2000; Bongiovanni *et al.*, 2006; Bonilla *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2017; Bucci *et al.*, 2018).

Se pueden describir dos líneas de desarrollo de la agricultura de precisión para entender mejor sus antecedentes y su evolución hasta el día de hoy: la agronómica y la ingeniería agrícola. La primera citada por Robert (1999), refiere los trabajos de las décadas del '70 y '80, sobre la utilización de métodos de investigación de campo para conocer mejor la variabilidad de los factores de suelo y planta, incluyendo muestreo y análisis de suelo, fotografía del área y análisis de cultivos y la segunda referida a la evolución de las máquinas agrícolas, utilizando sensores y sistema de posicionamiento global (GPS) para mapeo, aplicación de insumos con dosis variada.

El objetivo del presente trabajo es referir, las condiciones y pasos seguidos por una Empresa Agroindustrial de la República Argentina, para la introducción del concepto de Agricultura de Precisión, el cual comienza apartir del año 1994 con el uso de técnicas relacionadas al manejo por sitio específico, siendo a partir del año 2000 que permite “dar un primer salto” en la incorporación de tecnologías de AP relacionadas con pilotos

Arcia: De la agricultura precisa a la agricultura de precisión

automáticos y otras herramientas, hasta llegar hoy en día al manejo de la totalidad de sus áreas agrícolas con soportes de vinculados a ésta forma de gestión agrícola.

DESARROLLO DEL TEMA

Los puntos de vista que se describirán a continuación corresponden a la introducción de la Agricultura de Precisión (AP) en la principal Empresa Agroindustrial de la Provincia Tucumán, donde la explotación de la caña de azúcar, diversificada con otras producciones agrícolas (maíz, sorgo en rotación, trigo, alfalfa), la producción de azúcar y derivados constituyen los rubros fundamentales. Para llegar a la AP, debe haberse transitado por una agricultura precisa, según plantea (Figura 1), la cual crea las condiciones ya sea por conocimiento como por tecnología, para el paso a formas superiores de gestión agrícola, coincidiendo con lo planteado por Bongiovanni *et al.* (2006). En este sentido en la transición de la Agricultura Tradicional a un sistema de Agricultura de Precisión, la entidad consideró, en todo momento los costos de su introducción, beneficios esperados, cambios en la forma de actuar y capacitación del personal, considerando criterios brindados por Cigana (2003).



FIGURA 1. Etapas por la que debe transitar la Agricultura de Precisión.

La Figura 2 muestra la relación de los principales componentes, destacando que los medios tecnológicos, la aplicación de modelos de manejo y conservación del medio ambiente se hacían mayores y más efectivos, mientras que los costos de insumos (que son los mayores componentes del costo de producción), disminuían considerablemente (Bongiovanni *et al.*, 2006; Oliver *et al.*, 2013; Bonilla *et al.*, 2015; Shitu *et al.*, 2018).

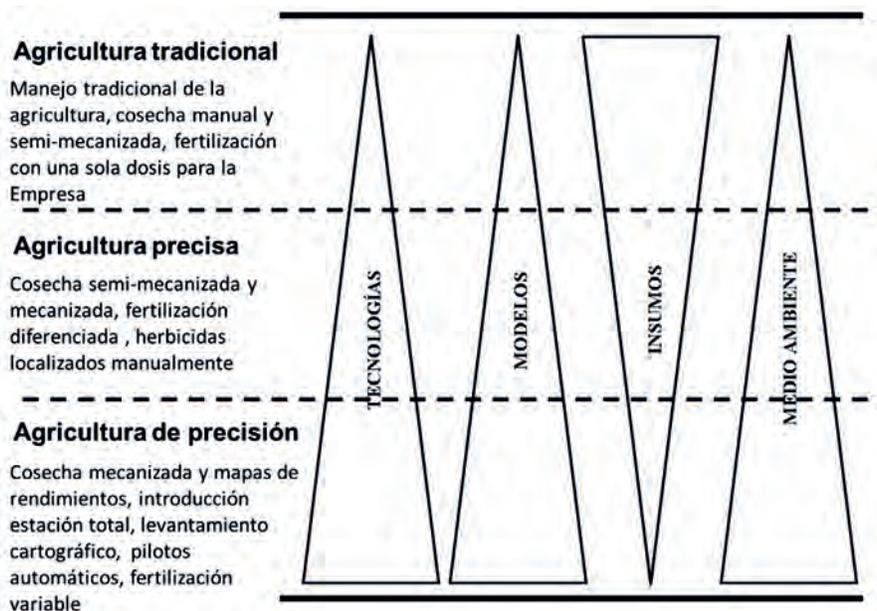


FIGURA 2. Grado de participación de los principales componentes de los costos de producción agrícola, considerando nivel de desarrollo tecnológico de su gestión.

La Figura 3, detalla la trayectoria del trabajo llevado por la Empresa y su crecimiento paulatino, lo que permitió la incorporación de éste manejo por sitio específico, relacionado en todo momento por las acciones en cada etapa.

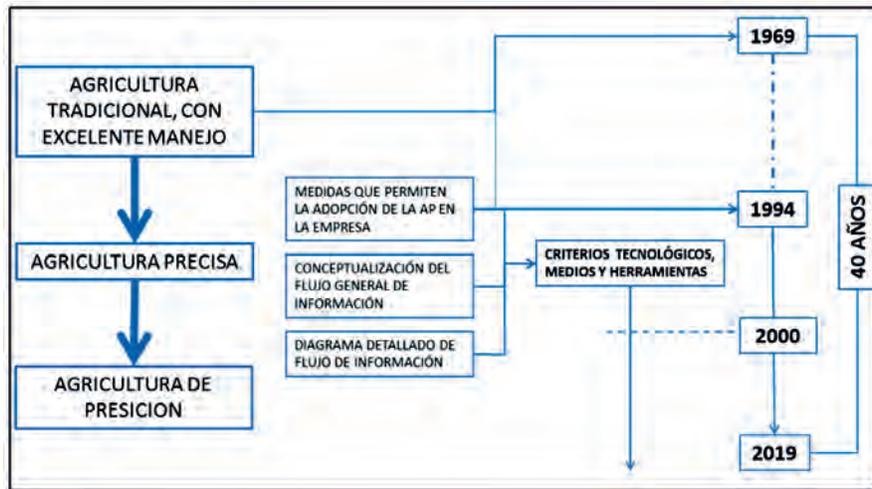


FIGURA 3. Transición de la Empresa de una Agricultura Tradicional a un sistema de Agricultura de Precisión.

MEDIDAS QUE PERMITIERON LA ADOPCIÓN DE LA AP EN LA EMPRESA

- Niveles productivos y de eficiencia, que permitían invertir en el desarrollo de la tecnología
- Transitar por una de agricultura precisa, que permitiera consolidar un sistema de Agricultura de Precisión
- Voluntad por parte de la Gerencia de la Empresa de la introducción de la tecnología
- Disciplina tecnológica y sistematizada en el manejo de la información

CONCEPTUALIZACIÓN DEL FLUJO GENERAL DE INFORMACIÓN, QUE PERMITIERA MONTARSE SOBRE UNA PLATAFORMA DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un aspecto inicial e imprescindible fue la conceptualización del proceso de adopción escalonada de la introducción de la AP, verificando y puntualizando que los aspectos teóricos establecidos dentro del marco de adopción de una AP eran posibles de incorporar en las condiciones de la Empresa. En el análisis de esta conceptualización se obtuvo que; se disponía de la informa-

ción cartográfica y medios tecnológicos para su actualización sistemática, bases de atributos correspondientes a los sistemas estadísticos de la Empresa, análisis y/o algoritmos que se podían introducir en el sistema (fundamentalmente los vinculados a manejo de fertilizantes y herbicidas) y que otros según el propio nivel cognoscitivo y necesidades podría incorporarse. Con la información básica existente permitía, que con el uso de un SIG (en una primera etapa Mapinfo y posteriormente la introducción de QGIS, por sus características de software libre y de mayores prestaciones que el primero), se podría manejar el sistema agrícola-productivo de la Empresa y sobre todo la representación espacial de la información procedente de la gestión administrativa. La Figura 4, muestra el esquema conceptual.

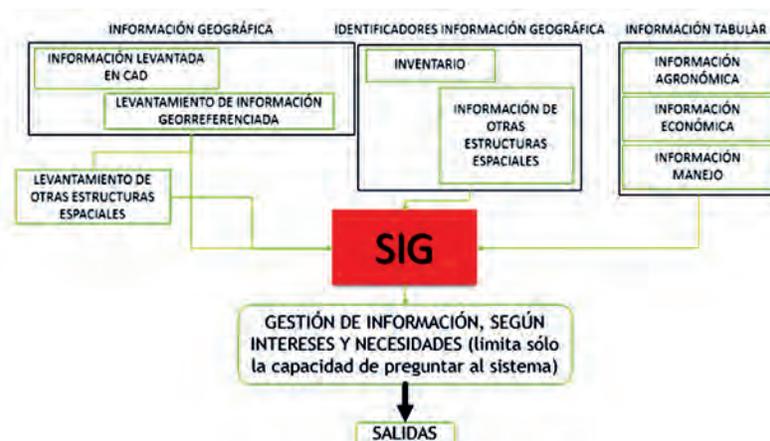


FIGURA 4. Conceptualización del flujo general de información

DIAGRAMA DETALLADO DE FLUJO DE INFORMACIÓN DERIVADO DEL MODELO CONCEPTUAL DE DATOS

Para la vinculación de la información, se hace necesario establecer un **diagrama detallado del flujo de información** y el grado de dependencia entre ellas, que permita con el establecimiento de códigos, la interrelación de información, procedente de diferentes áreas dentro de la Empresa y donde deben participar todos los factores vinculados al proceso productivo, La Figura 5, muestra el grado de dependencia

Arcia: De la agricultura precisa a la agricultura de precisión de las principales áreas del proceso de gestión.

Al hacer un análisis de éste esquema, se observa que la salida principal estará dirigida a la Gerencia General, con los atributos y formato requerido para este nivel de decisores, la cual vincularía al final del mismo, la información procedente de las Gerencias Agrícola y Administrativa, las que se nutren a su vez, de la información procedente del Ingenio (elaboración de la materia prima) e información procedente de Lotes y Unidad Mínima de Manejo (área donde se genera la materia prima). Esta interrelación del proceso se realiza mediante sistemas diseñados al efecto y con diferentes grados de dependencia y relación.

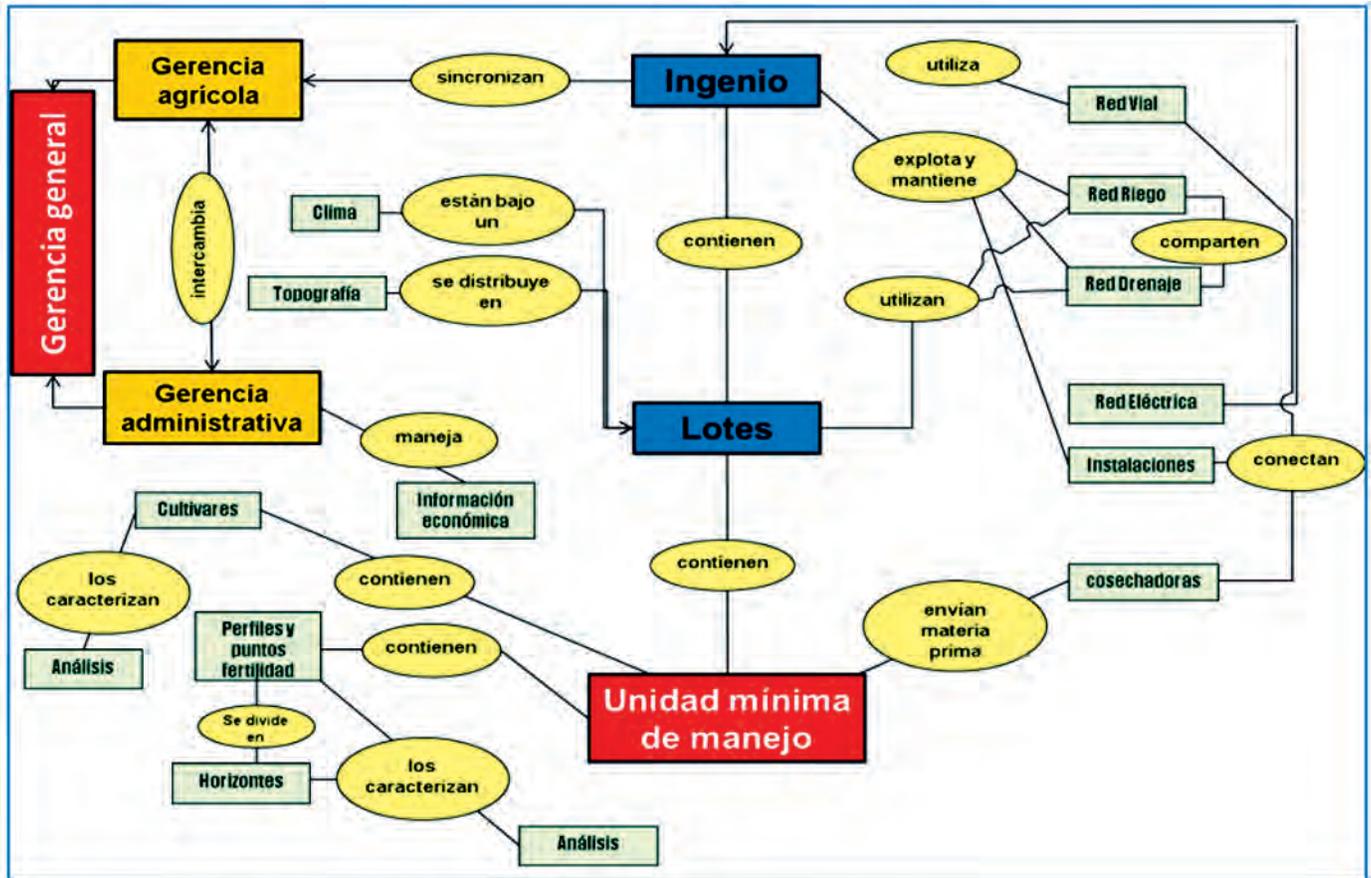


FIGURA 5. Diagrama detallado de flujo de información derivado del modelo conceptual de datos.

La Gerencia Administrativa, es responsable de llevar toda la información estadística de la Empresa la que “intercambia” información con la Gerencia Agrícola, para ello se usan soportes de base de datos llevados por la Gerencia Agrícola, la Figura 6, muestra la herramienta que provee la información desde el campo (cargada por apk o por sistema en computadora), esta información se distribuye a las diferentes áreas de gestión de la empresa, y su relación con otras aplicaciones (SIG) permiten su representación geográfica. Por otro lado, la información procedente de la Fábrica de azúcar (desde el lote donde es obtenida la materia prima hasta los resultados finales del proceso fabril), se “sincroniza” igualmente con la base de datos espacial (Figura 7) permitiendo tener en tiempo real información espacio-temporal del manejo de la producción.

Al hacer un análisis integral del diagrama conceptual, se puede decir que éste conjunto de procesos, con sus diferentes grados de relaciones, constituyen un ejemplo de gestión de AP, corroborando lo expresado por Mantovan *et al.* (1980); Robert (1999); Godwin *et al.* (2001); Amin *et al.* (2011), donde exponen que la agricultura de precisión no consiste solamente en medir la variabilidad existente en el área, sino también en la adopción de prácticas administrativas que se realizan en función de esa variabilidad.

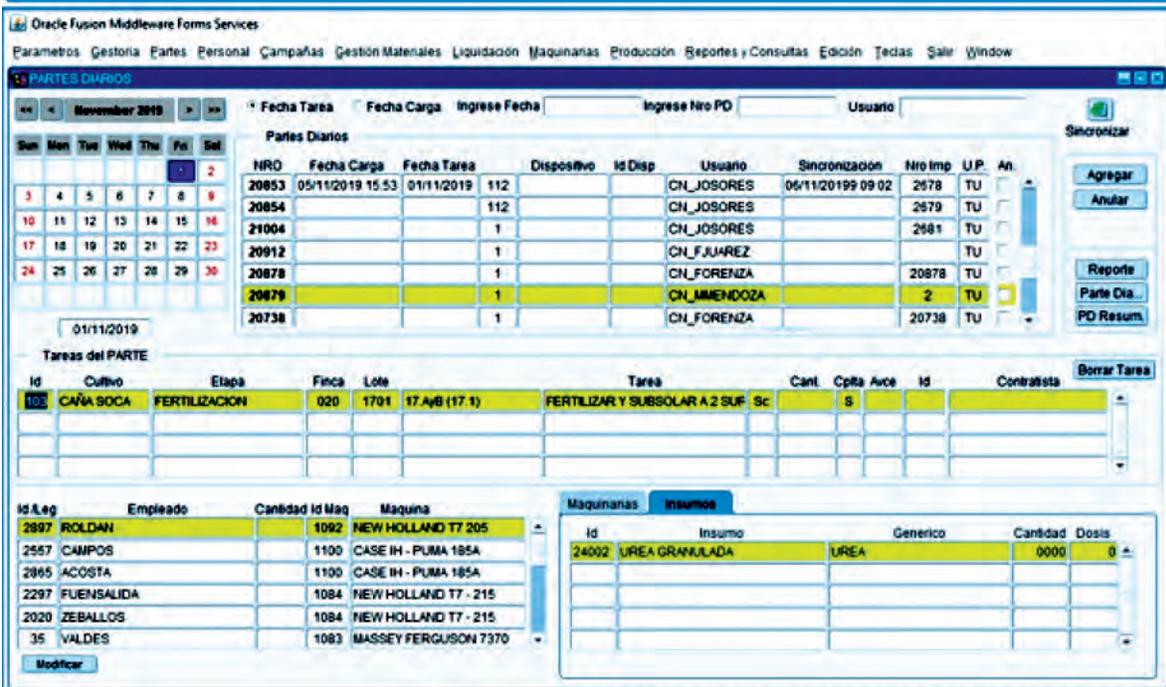
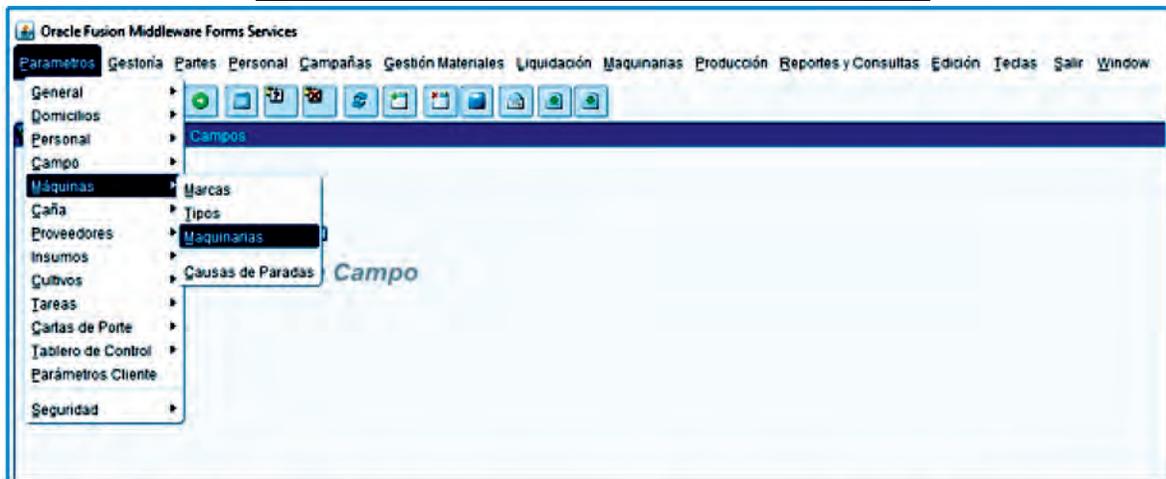
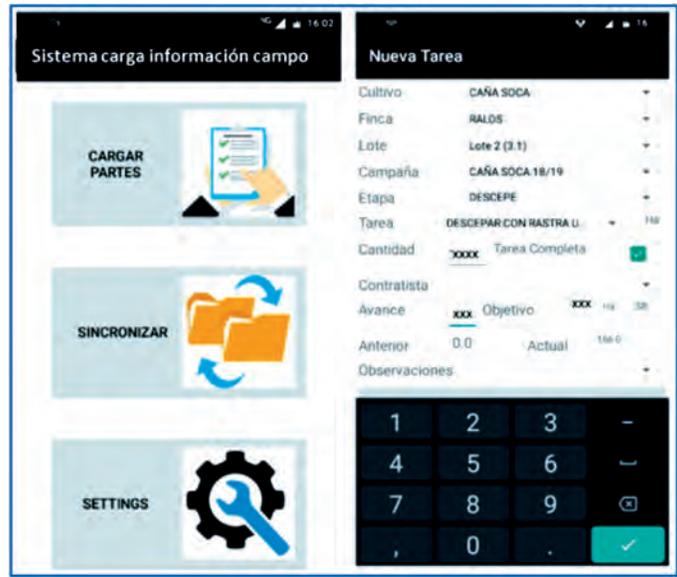


FIGURA 6. Vista parcial de sistemas de datos procedentes de la Gerencia de Campo.



FIGURA 7. Representación en tiempo real del proceso cosecha-transporte y llegada al ingenio.

PRINCIPALES CRITERIOS TECNOLÓGICOS, MEDIOS Y HERRAMIENTAS INTRODUCIDOS PARA LA INCORPORACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

- Estandarización y codificación de toda la información existente, vinculada a las áreas de campo y relacionadas con la estructura de la Empresa.

- Establecer las bases de transferencia de la información (montaje de la primera antena, con alcance aproximado de 15 km), que garanticen la interconexión entre las antenas de los medios vinculados a la AP.
- Levantamiento detallado de todas las áreas con la información obtenida por la Estación Total y actualización sistemática del catastro de la Empresa.
- Levantamiento altimétrico de las áreas a plantar para el establecimiento de surcos guías, como premisa para curvas de nivel y la incorporación del piloto automático.

- Dotar a todo el personal técnico y encargados de las fincas de GPS, permitiendo así que toda la información vaya en forma georreferenciada.
- Adquisición de estación total GPS, diseñada para que un observador pueda determinar cuál es su posición en la Tierra, con una cobertura sobre todo el planeta, en todo momento y bajo cualquier condición climática.
- Adquisición de los primeros equipos (antenas para banderilleros) que permitieran hacer labores sin superposición, basado en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), mediante el cual la maquinaria de aplicación de productos químicos o fertilizantes está ubicada en tiempo real en un lugar del espacio, constantemente.
- Establecimiento de sistemas automatizados para el control de labores de campo y que se vinculen directamente con los soportes de la información de la Empresa.
- Adoptar medidas organizativas que permitieran tener de forma precisa y en tiempo real la información
- Definir un programa de incorporación de esta tecnología, considerando las prioridades y recursos existentes para la inversión.

ALGUNOS EJEMPLOS DE LA GESTIÓN MEDIANTE AGRICULTURA DE PRECISIÓN (EN LA ACTUALIDAD) DENTRO DE LA EMPRESA

Actualización sistemática del catastro detallado de las áreas de la Empresa. Anualmente se actualiza el catastro de la Empresa, llevando todas sus áreas en SIG en una capa denominada “inventario” que contiene la información básica de la Empresa y que constituye el inventario de las áreas de ésta.

Levantamiento altimétrico y conformación de curvas de nivel como base para el trazado de surcos guías en las áreas de reposición. El levantamiento de puntos con la estación total, permiten la formación de curvas de nivel a 0.20 cm de distancia entre ella.

Surcado y siembra con pilotos automáticos (autoguiado). Desde el mismo momento que comienza el surcado para la posterior plantación se utiliza el guiado automático con estación RTK. Ello garantiza que las labores posteriores, además de los medios de distribución de fertilizantes, herbicidas, productos orgánicos, etc., sean incorporados con la disminución de posibles errores humanos. La Figura 8, muestra el surcado con pilotos automáticos.



FIGURA 8. Surcado con pilotos automáticos.

Uso y manejo de los nutrientes. Como se tienen recomendaciones que consideran en sus algoritmos diferentes condiciones, es posible el establecimiento de manejo variable de los nutrientes. Las Figuras 9 y 10, muestran la distribución de puntos de muestreo de suelos, la que es interpolada y ajustada a las dosis de recomendación prevista. Con esa información se introduce al monitor de fertilización que dirige la dosis por sitio específico.

Distribución de enmiendas orgánicas. La distribución de enmiendas orgánicas (compost y vinaza), ha sido una práctica

actualmente distribuida y extendida dentro de la Empresa, con el uso de la AP, permite mayor explotación de los equipos pues se explotan hasta 20 horas diarias, con una correcta distribución espacial del producto (Figura 11).

Mapa de rendimiento. Tomando la información procedente de la cosechadora se obtiene el mapa de rendimiento (Figura 12), el que permite verificar la calidad de la tarea, velocidad de trabajo, evaluar potenciales pérdidas. Esta información se vincula a otras características de los lotes, mediante la plataforma SIG existente.



FIGURA 9. Distribución de puntos, georreferenciados, de muestreo de suelos.

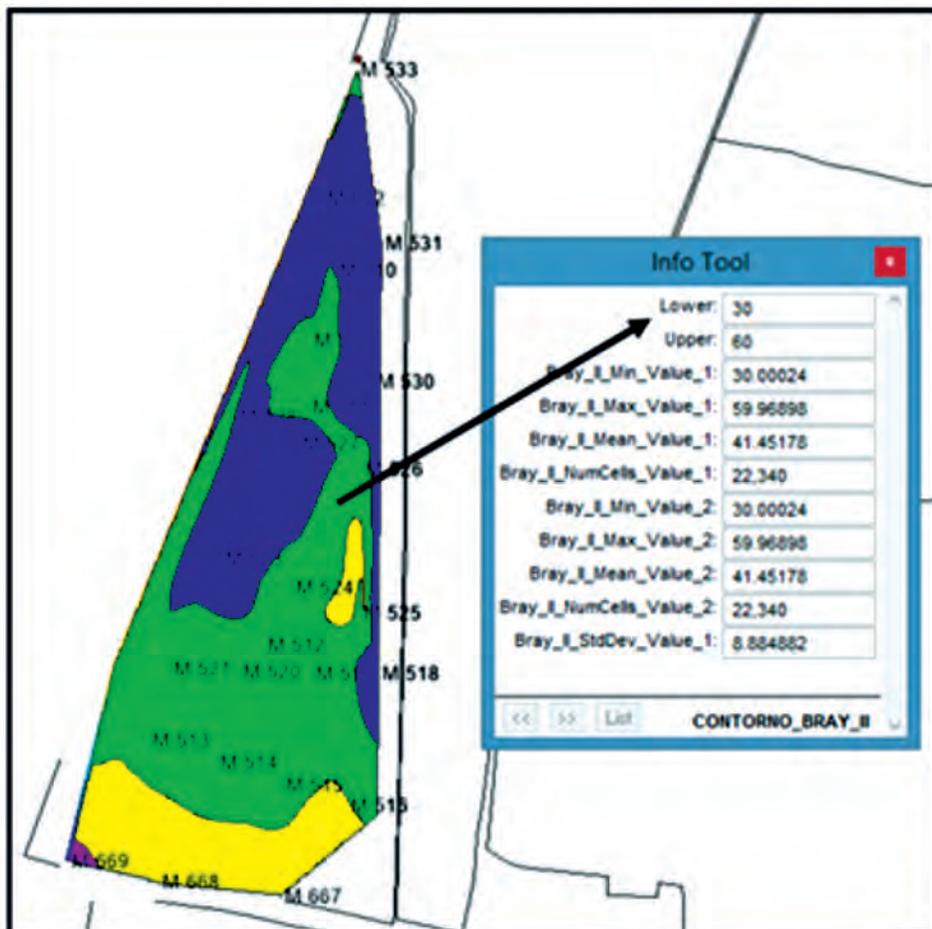


FIGURA 10. Interpolación de la información de resultados analíticos para su introducción en el monitor de distribución del manejo de fertilizantes.



FIGURA 11. Máquinas de distribución de compost y vinaza. Obsérvese la antena que permite su distribución espacial. Esta facilidad (dentro del concepto de AP), permite mejor distribución y garantizar su distribución las 24 horas del día.



FIGURA 12. Mapa de rendimiento. Obtenido a partir de categorizar los rangos de rendimiento.

CONSIDERACIONES FINALES

- La AP debe ser adoptada gradualmente de acuerdo al nivel tecnológico alcanzado, siendo el manejo de dosis variables de agroquímicos y uso de pilotos automáticos los objetivos alcanzables a corto plazo.
- Si bien los beneficios del manejo mediante agricultura de precisión han sido difíciles de medir, se ha podido estimar dentro de la Empresa un aprovechamiento de alrededor de 1.0% del uso de la tierra, por concepto de uso piloto automático, alrededor de 5.0% en ahorro en agroquímicos y alrededor de 12.0% en la eficiencia de explotación de la

maquinaria agrícola.

- Sin bases de datos y registros periódicos de la gestión agrícola, administrativa e industrial, la AP se convierte en una mera exposición de tecnologías, guardar datos detallados y georeferenciados, permite entender por qué una decisión fue o no favorable puntualmente.
- La intención de la AP, dentro de la Empresa, mejoró las actividades de toma de decisiones de los administradores.
- Entre las barreras que existieron para la implementación del nuevo sistema de gestión, estuvo la compatibilidad de la maquinaria, personal de campo bajas habilidades de en manejo de sistemas y cierta resistencia al cambio por algunos técnicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRATOS, N.: *Agricultura mundial hacia el año 2010: estudio de la FAO*, Ed. Food & Agriculture Org., 1995, ISBN: 92-5-303590-0.
- AMIN, M.; ROWSHON, M.; AIMRUN, W.: “Paddy Water Management for Precision Farming of Rice”, *Current Issues of Water Management. InTech.*: 107-142, 2011.
- BONGIOVANNI, R.; MONTOVANI, E.C.; BEST, S.; ALVARO, R.: *Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable*, Ed. PROCISUR/IICA, Montevideo, Uruguay, 244 p., 2006, ISBN: 92-9039-741-1.
- BONILLA, C.; TERRA, J.A.; GUTIÉRREZ, L.; ROEL, Á.: “Cosechando los beneficios de la agricultura de precisión en un cultivo de arroz en Uruguay”, *Agrociencia Uruguay*, 19(1): 112-121, 2015, ISSN: 2301-1548.
- BUCCI, G.; BENTIVOGLIO, D.; FINCO, A.: “Precision agriculture as a driver for sustainable farming systems: state of art in literature and research”, *Calitatea*, 19(S1): 114-121, 2018, ISSN: 1582-2559.
- CIGANA, C.A.: *Redução de custos prometida pela agricultura de precisão, [en línea]*, 2003, Disponible en: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/index.php?p=noticia&&idN=3665>.
- GODWIN, R.J.; EARL, R.; TAYLOR, J.C.; WOOD, G.A.; BRADLEY, R.I.; WELSCH, J.P.; RICHARD, T.; BLACKMORE, S.: *Precision farming of cereals: A five-year experiment to develop management guidelines*, no. 267, ser. HGCA, Cranfield University, Project Report, Cranfield, USA, 2001.
- KUMAR, S.; KARALIYA, S.K.; CHAUDHARY, S.: “Precision farming technologies towards enhancing productivity and sustainability of rice-wheat cropping system”, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 6(3): 142-151, 2017.
- MANTOVAN, E.; DE CARVALHO PINTO, V.; DE QUEIROZ, M.: “Introducción a la Agricultura de Precisión. Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable”, En: *Agricultura de Precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable*, Ed. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR), Capítulo 1, Brasil, 1980.
- NARESH, R.K.; KUMAR, Y.; CHAUHAN, P.; KUMAR, D.: “Role of precision farming for sustainability of rice-wheat cropping system in western indo gangetic plains”, *Int J Life Sc Bt Pharm Res*, 1: 1-13, 2012.
- OLIVER, M.; AMON, T.; MARCHANT, B.: *Precision agriculture for sustainability and environmental protection*, Ed. Routledge, 2013, ISBN: 1-136-46825-0.
- ROBERT, P.C.: “Precision Agriculture: An Information Revolution in Agriculture”, En: *Agricultural Outlook Forum 1999, St. Paul, MN. February 1999*, Ed. ASA, CSSA, SSSA, St. Paul, Madison, WI, 1999.
- SARAIVA, A.M.; CUGNASCA, C.E.; HIRAKAWA, A.R.: *Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes.*, Borém, A., et al. (Org.), Agricultura de Precisão, Viçosa, MG, Brasil, 108-145. p., 2000.
- SAY, S.M.; KESKIN, M.; SEHRI, M.; SEKERLI, Y.E.: “Adoption of precision agriculture technologies in developed and developing countries”, *Online J. Sci. Technol.*, 8: 7-15, 2018.
- SHITU, G.; NAIN, M.; SINGH, R.: “Developing extension model for uptake of precision conservation agricultural practices in developing nations: learning from rice-wheat system of Africa and India”, *Current Science*, 114(4): 814, 2018.
- TEMIZEL, K.E.; AKIN, F.; AYDOGAN, D.; EREN, S.; KEVSEROGLU, K.: “Determination the effect of land leveling on soil loses in rice (*Oryza sativa* L.) production areas.”, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(2): 219-226, 2012, ISSN: 1310-0351.

Javier Arcia Porrúa, Consultor Empresa JJ Budeguer, Tucumán, República de Argentina e-mail: javierarcia54@gmail.com

El autor de este trabajo declara no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

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