

Agricultural Information for Precision Agriculture generated in the Agricultural Experimental Station Paraná of INTA

Kemerer, A.¹; Melchiori, R.¹; Albarenque, S.¹

¹EEA Paraná del INTA, Ruta 11 km 12,5

kemerer.alejandra@inta.gob.ar

Abstract. The development of Precision Agriculture (PA) in Argentina has been led by a network coordinated by INTA, between the Science and Technology agencies, together with service and machinery companies and public-private institutions distributed throughout the territory. The EEA Paraná Precision Agriculture Group is part of it, having led the development of agronomic information to support the use of PA in Argentina. From the beginning, various topics have been worked on, ranging from the characterization of the spatio-temporal variability of crop production and the factors that condition it, to the use of information technologies applied to remote monitoring of spraying. The objective of this work is to present the contributions to the AP generated from the Agricultural Experimental Station (EEA) Paraná group of INTA. The greatest contributions have been related to the use of portable remote sensors to characterize the nutritional status of crops and the development of tools to assist variable nitrogen management, remote sensing applied to PA, and training components in data processing techniques. Towards the future, the areas of interest are oriented to the development of techniques and tools for the characterization of the spatial variability in the productivity of the crops, strengthened from the impulse provided by the new satellite platforms and Web data management. As well as the generation of integrated applications to image service platforms that allow progress on crop management, the integration of simulation models with geospatial information, together with the use of weather forecasts for the crop growing season, in order to optimize the efficiency of use of inputs, especially nutrients. Finally, it is proposed to integrate the local experience generated in the preparation of formal training proposals within the University, developing training courses at the postgraduate level..

Keywords: wearable remote sensing, embedded applications, simulation models, geospatial information

Información Agronómica para la Agricultura de Precisión generada en la EEA Paraná del INTA

Kemerer, A.¹; Melchiori, R.¹; Albarenque, S.¹

¹EEA Paraná del INTA, Ruta 11 km 12,5

kemerer.alejandra@inta.gob.ar

Resumen. El desarrollo de la Agricultura de precisión (AP) en la Argentina ha sido liderado por una Red de trabajo coordinada por el INTA, entre los organismos de Ciencia y Técnica, junto con empresas de servicios y maquinarias e instituciones público-privadas distribuidas en el territorio. El Grupo de AP de la EEA Paraná forma parte de la misma, habiendo liderado el desarrollo de información agronómica para sustentar el uso de la AP en Argentina. Desde el comienzo se han trabajado diversas temáticas que van desde la caracterización de la variabilidad espacio-temporal de la producción de los cultivos y factores que la condicionan, hasta el uso de tecnologías de la información aplicadas al monitoreo remoto de pulverizaciones. El objetivo de este trabajo es presentar los aportes a la AP generados desde el grupo de la EEA Paraná del INTA. Los mayores aportes han estado relacionados al uso de sensores remotos portables para caracterizar el estado nutricional de cultivos y el desarrollo de herramientas para asistir el manejo variable de nitrógeno, la teledetección aplicada a la AP, y los componentes de capacitación en técnicas de procesamiento de datos. Hacia el futuro, las áreas de interés se orientan al desarrollo de técnicas y herramientas para la caracterización de la variabilidad espacial en la productividad de los cultivos, potenciadas desde el impulso que brindan las nuevas plataformas satelitales y de gestión Web de datos. Como así también la generación de aplicaciones integradas a las plataformas de servicios de imágenes que permitan avanzar sobre el manejo de cultivos, como las prescripciones sitio específicas o variables de N, la integración de modelos de simulación con información geoespacial, junto con el uso de pronósticos meteorológicos para la estimación de crecimiento de los cultivos, a fin de optimizar la eficiencia de uso de insumos, en especial nutrientes. Finalmente, se propone integrar la experiencia local generada en el armado de propuestas de capacitación formal dentro de la Universidad, desarrollando cursos de capacitación a nivel de posgrado.

Palabras Claves: sensores remotos portables, aplicaciones integradas, modelos de simulación, información geoespacial

1 Introducción

Las tecnologías de Agricultura de Precisión (AP) aparecieron en el mundo en la década del 90 y han ido evolucionando asociadas al desarrollo de innovaciones en TIC's, sensores y maquinarias. Argentina, ha sido uno de los países pioneros en América Latina en la incorporación de tecnologías de AP y hoy es un referente en la temática.

En Argentina, el INTA comenzó a difundir y evaluar técnicas de AP desde fines de los 90, realizando experiencias con monitores de rendimiento. A partir del año 1999 se institucionalizó un Proyecto de Agricultura de Precisión [1]. Este proyecto originó desde su inicio redes de colaboración con empresas, asesores especializados y productores innovadores. Asimismo, utilizó como estrategia de difusión la realización de conferencias anuales y demostraciones. Esta forma de trabajo fue similar a la promovida en USA desde 1995 en la Conferencia sobre Información para la Agricultura (InfoAg) del Potash and Phosphate Institute y la Conferencia de investigación en Agricultura de Precisión de la Universidad de Minnesota [2].

En referencia a la temática, en la EEA Paraná se empezó a trabajar en el año 1998 iniciando actividades con manejo sitio específico de nitrógeno (N) [3], articulándose a partir del año 2000 con el Proyecto Nacional de AP. Desde entonces y hasta la fecha se han realizado diversas actividades enfocadas en caracterizar la variabilidad espacio-temporal de la productividad de los cultivos y factores relacionados, a distintas escalas y utilizando distintas fuentes de datos. Estos trabajos han incluido la utilización de mapeos detallados de suelo, sensores proximales, muestreos en grillas, mapas de rendimiento, imágenes satelitales, sensores remotos portables y fotografías aéreas. A su vez, se ha considerado el desarrollo de técnicas y procedimientos para el análisis de la información. Finalmente, se ha relevado el grado de adopción, las limitantes y problemáticas derivadas del uso de las distintas técnicas de AP en Argentina. El objetivo del presente trabajo es presentar de manera concisa los principales aportes a la AP generados desde el grupo de trabajo de la EEA Paraná del INTA.

2 Principales líneas de trabajo

2.1 Caracterización de suelo a escala de detalle y delimitación de zonas de productividad

Los estudios realizados en base a la caracterización y mapeo de suelos a escala de detalle han demostrado la necesidad de adecuar la resolución espacial de la cartografía disponible en la Argentina (1:100000-1:50000) a niveles de resolución aplicables en AP a escala de predios (1:5000 – 1:20000) [4, 5]. Adicionalmente, estos estudios consideraron el reagrupamiento de unidades cartográficas de suelo en base a

la utilización de índices de productividad calculados a partir de las propiedades de los suelos. Por otra parte, estos resultados se validaron con índices de vegetación, mapas de rendimiento, mapas de conductividad eléctrica aparente del suelo y modelos de simulación de cultivos (Figura 1).

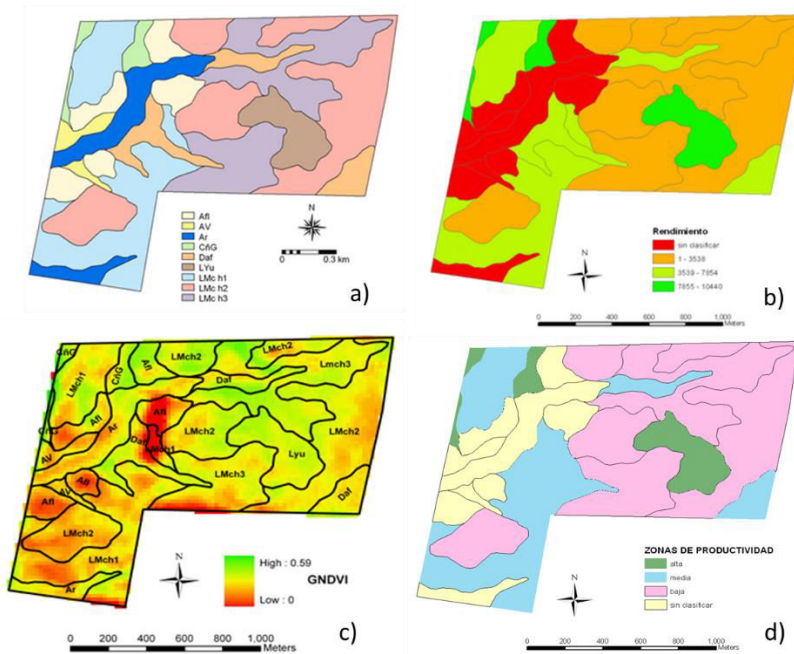


Fig. 1. a) Unidades cartográficas mapeadas en área de estudio a escala de detalle, 1:20000; b) rendimientos del cultivo de maíz promedio de 29 años de simulación para las distintas unidades de suelos; c) imagen del índice GNDVI correspondiente a la floración del cultivo de maíz en la campaña 2007-2008 y unidades cartográficas mapeadas; d) zonas de productividad delimitadas a partir de la integración de Índices de Productividad en base a las unidades cartográficas mapeadas, rendimientos simulados e índices de vegetación de imágenes satelitales. Adaptado de [4].

2.2 Estudios de la variabilidad espacial en la distribución de nutrientes

Otro enfoque empleado para caracterizar la variabilidad espacial de suelo ha sido la utilización de muestreos de suelos en grillas detalladas [3, 6]. En términos generales, se ha demostrado la existencia de una importante variabilidad en la distribución de los nutrientes comúnmente determinados en los métodos de diagnóstico de fertilización de los cultivos a diferentes escalas (Tabla 1).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos para las variables de suelo evaluadas mediante muestreos en grilla de 30 x 30 m en un lote de la EEA Paraná del INTA. Adaptado de [7]

Variable	Media	Mediana	CV	Asimetría	Kurtosis
MO	2.9	2.9	10.8	0.29	0.12
NO ₃	34.9	35.1	16.9	0.11	-0.49
P	27.2	25.8	34.9	0.67	0.36

Los antecedentes reportados evidencian la escasa utilidad de los muestreos de suelos en grillas detalladas para generar recomendaciones sitio específicas de manejo de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y enclado (pH). En la mayoría de los casos, la calidad de los mapas de distribución espacial de nutrientes, evaluada mediante la eficiencia de predicción, ha sido baja [7, 8], lo que indica que el mapa interpolado no estima de manera más adecuada los valores observados que el valor promedio obtenido a nivel de lote. Asimismo, cabe destacar que la evaluación de la calidad de los mapas generados utilizando diferentes métodos de interpolación, ha sido escasamente reportada en la bibliografía. En los casos que fue posible mapear la distribución del contenido de fósforo se encontraron diferencias en la cantidad total de fertilizante a aplicar a nivel de lote comparando dosis fijas uniformes recomendadas a partir de un muestreo de suelo convencional vs. la recomendación realizada en dosis variables basada en muestreos de suelos en grillas (Figura 2).

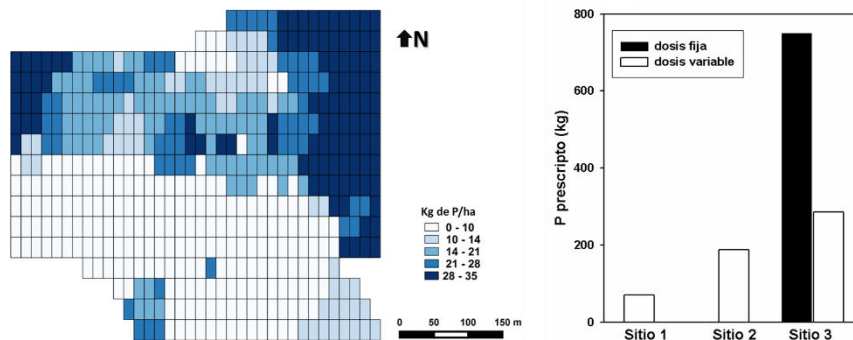


Fig. 2. Mapa de prescripción de fertilización de P generada a partir de muestreo intensivo en grilla a 30 x 30 m en el sitio 3 de la EEA Paraná del INTA (izquierda). Cantidad total de fertilizante a aplicar por lote obtenido por muestreo tradicional aplicando dosis fija y dosis variable a partir de muestreo intensivo en grilla en tres sitios de la EEA Paraná del INTA (derecha). Adaptado de [8].

2.3 Variabilidad espacial de la productividad de los cultivos

La variabilidad del rendimiento de los cultivos ha sido evaluada utilizando herramientas de medición directa, como el mapa de rendimiento, e indirectas a través del uso de sensores remotos. El uso de mapas de rendimiento, contemplando su variabilidad espacio-temporal, ha permitido delimitar zonas tanto de productividad como de beneficio económico diferencial en cultivos de maíz y soja [9, 10]. Alternativamente, se demostró la utilidad del uso de imágenes satelitales para caracterizar la variabilidad espacio-temporal de la productividad de los cultivos [11, 12, 13, 14]. Particularmente en el cultivo de caña de azúcar, donde se carece de herramientas para el mapeo directo, se realizaron trabajos orientados a estimar variaciones en la productividad como así también en la heterogeneidad generada por la presencia de caña caída [15, 16, 17], esto último de relevancia para la determinación de la logística de cosecha [18, 19]. Estos trabajos se realizaron mediante la utilización de fotografías aéreas obtenidas con cámaras multiespectrales aerotransportadas, y se aplicaron procedimientos de análisis de imágenes alternativos a los comúnmente utilizados en producción agropecuaria, como análisis de textura, los que resultaron útiles para la determinación de patrones de distribución espacial de caña caída [20, 21, 22, 23].

2.4 Refertilización nitrogenada variable asistida por sensores

La utilización de sensores remotos también fue estudiada en numerosos trabajos como herramienta de diagnóstico para prescripción sitio-específica y en tiempo real de refertilización de N, a través de equipos portables o montados en maquinarias [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31]. Estos trabajos se realizaron dentro del marco de colaboración con numerosas instituciones que constituyeron la red de eficiencia de uso de N (NUE network: www.nue.okstate.edu) y permitieron desarrollar modelos locales para refertilización nitrogenada en trigo, maíz y colza.

En general, las experiencias realizadas en el cultivo de maíz evidenciaron rendimientos similares, con incrementos marcados en la eficiencia de uso del N en refertilizaciones asistidas por sensor en comparación con refertilizaciones con dosis fijas, debidas a disminuciones en las dosis de refertilización variable recomendadas (Figura 3).

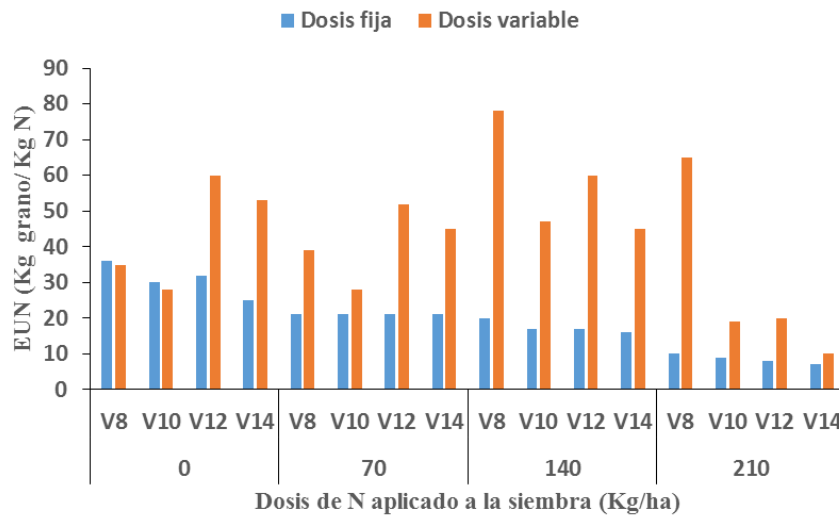


Fig. 3. Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz con refertilizaciones fijas de 70 Kg N ha⁻¹ y variables determinadas mediante el uso de sensores Green Seeker para distintas dosis de N aplicadas a la siembra y diferentes estadios fenológicos de refertilización. Datos no publicados, ensayo realizado en la EEA Paraná del INTA, campaña 2005/2006.

La irrupción de la tecnología del uso de drones en el mercado y el interés de su aplicación en la agronomía, impulsó la oportunidad de explorar la utilización de los modelos disponibles para generar prescripciones de refertilización con el NDVI obtenido a partir de fotografías aéreas. Los resultados obtenidos con esta técnica, han sido similares a los obtenidos con diferentes tipos de sensores, lo que permite generalizar el uso de los modelos de recomendación independientemente de la plataforma utilizada (satélite, avión, dron) [32]. Adicionalmente se ha explorado el cálculo de la dosis de refertilización en función de estimaciones del rendimiento, con la predicción de la respuesta a la refertilización nitrogenada en base al uso de referencias virtuales (Figura 4) [33, 34].



Fig. 4. Mapas de prescripción para dosis de refertilización de nitrógeno en el cultivo de trigo estimados utilizando índices de vegetación calculados desde imágenes obtenidas con un dron y estimaciones de la respuesta en base a referencias virtuales calculadas como a) el percentil 90 del NDVI y b) el percentil 95 del NDVI. Adaptado de [33].

Otras alternativas evaluadas contemplan la utilización de cámaras digitales (RGB) transformadas como una opción económica para determinar índices de vegetación y caracterizar la condición de cultivos. En este sentido, índices alternativos calculados como diferencias normalizadas de las bandas obtenidas por estas cámaras han presentado correlaciones elevadas con la biomasa del cultivo y el índice de área foliar, variables utilizadas para evaluar diferencias de productividad [32]. Estos resultados generan evidencias de opciones alternativas de bajo costo que resultan adecuadas para evaluar la condición del cultivo y diagnosticar refertilizaciones nitrogenadas.

2.5 Evaluación de la adopción de la AP en Argentina

Se ha evaluado el estado de adopción de las prácticas de AP en Argentina mediante una encuesta on-line a productores, técnicos y asesores distribuida por correo electrónico a las listas disponibles en las Estaciones Experimentales y Agencias de Extensión Rural que integran la Red de AP de INTA durante el año 2013. El objetivo de la encuesta fue evaluar el grado de adopción de las distintas herramientas y/o estrategias de manejo de AP, identificar limitantes a la adopción y problemas en el uso de las tecnologías de AP [35].

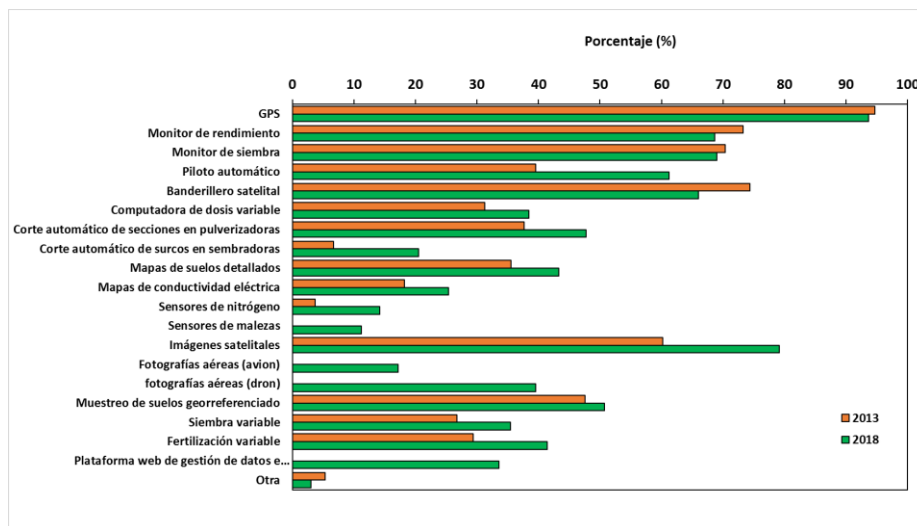


Fig. 5. Comparación del grado de adopción de tecnologías de Agricultura de Precisión por usuarios argentinos entre los años 2013 y 2018 según encuestas on-line efectuadas a 488 y 268 encuestados, respectivamente. Adaptado de [35].

En la encuesta se evidenció que dispositivos que no requieren capacitación adicional en su uso, como el banderillero satelital y la autoguía, y que resuelven cuestiones operativas, han sido los más adoptados. Otros dispositivos y/o estrategias de manejo, como la delimitación de zonas y la fertilización o siembra variable, han sido menos adoptados, según los encuestados, debido a que carecen de capacitación en el tema (Figuras 5, 6). Esto motivó, por un lado, la generación de propuestas de capacitación orientadas a usuarios finales y, por otro lado, el desarrollo de metodologías sencillas de análisis y la creación de un software automatizado de procesamiento de datos.

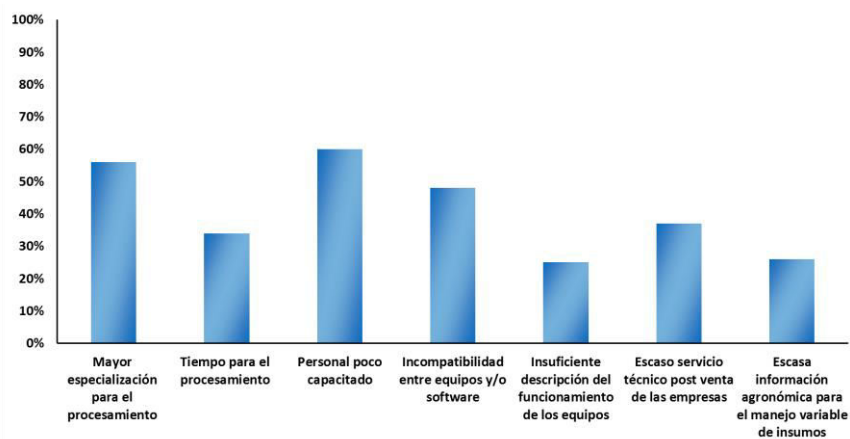


Fig. 6. Problemas identificados en la adopción de tecnologías de agricultura de precisión en Argentina. Datos obtenidos en base a una encuesta realizada en 2013 a 488 encuestados. Adaptado de [36].

Estos estudios sobre el proceso de adopción, sin ser conclusivos, permiten monitorear los avances en la temática, indican los cambios y sirven para orientar actividades de investigación en áreas de interés. Algunos resultados, son particularmente destacables como el afianzamiento en el uso de imágenes satelitales, y drones, así como también algunos otros equipos que permiten implementar manejos variables de siembra y fertilización, como se pudo determinar recientemente (Figura 6) en una comparación de los periodos 2013 y 2018 [36]. Por otra parte, cabe señalar que los relevamientos de este tipo de información contribuyen a valorar el impacto de las actividades realizadas.

2.6 Desarrollo de herramientas metodológicas para el análisis de datos

Se han desarrollado propuestas metodológicas para el procesamiento de datos y análisis de información orientadas a brindar soluciones prácticas al alcance de los usuarios finales. Se generaron manuales de procedimientos paso a paso incluyendo la obtención, acondicionamiento y procesamiento tanto de mapas de rendimiento como imágenes satelitales con vistas a la delimitación de zonas de manejo [37, 38]. Se realizó una propuesta simple para la evaluación de ensayos de fertilización en franja [39] que permite determinar de manera sencilla la dosis óptima de fertilización en cada ambiente. Por otro lado, se trabajó en el desarrollo de un software automatizado que incluye todas las etapas requeridas en la delimitación de zonas de manejo: acondicionamiento de los datos, interpolación, clasificación y mejora de la clasificación, hasta la generación del archivo de prescripción variable para ser utilizado en la máquina fertilizadora o sembradora [40].

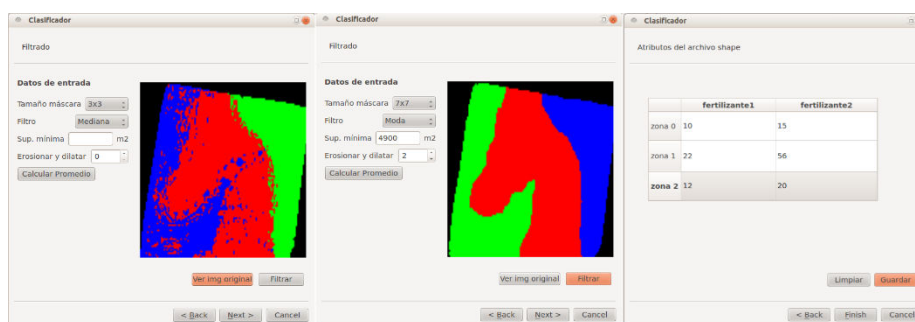


Fig. 7. Capturas de pantalla del software automatizado para la delimitación de zonas de manejo correspondiente a diferentes etapas del proceso: ventana correspondiente a la delimitación de tres clases (izquierda), etapa de mejora por filtrado de las zonas delimitadas (centro), etapa de generación del archivo de prescripción (derecha). Adaptado de [40]

2.7 Estudios de la variabilidad temporal de la productividad de los cultivos

El uso de modelos de simulación también ha sido abordado como instrumento para evaluar la variabilidad temporal de los efectos de distintas prácticas de manejo de los cultivos. Estas herramientas, permiten evaluar las interacciones entre el suelo, clima y manejo de nitrógeno de una manera rápida y económica, respecto a la realización de ensayos de campo repetidos a través de los años. Los modelos de simulación se han utilizado para evaluar la respuesta del cultivo de maíz en diferentes estadios fenológicos (V8 a V14) a la refertilización nitrogenada en la región pampeana [41], así como para estudiar la respuesta espacio-temporal a la fertilización nitrogenada en maíz [42]. Otros estudios han contemplado la sensibilidad del modelo Ceres-Maize a parámetros de suelo relacionados con el manejo por zonas [43]. Se está evaluando el uso de modelos de simulación con generadores climáticos para la predicción de diferentes escenarios de disponibilidad hídrica, conociendo esto, entre las principales decisiones de manejo que podrían modificarse se encuentran la fecha de siembra y la fertilización nitrogenada.

2.8 Estrategias de divulgación y extensión de AP

Se ha implementado un módulo demostrativo de tecnologías de AP sobre la totalidad de un establecimiento productivo ubicado cercano a la localidad de Nogoyá, Entre Ríos. Se han realizado actividades que contemplan desde la caracterización de la variabilidad del sitio con distintas fuentes de información al desarrollo y manejo variable de insumos y cultivos acorde a las diferencias de ambiente (Figura 8).

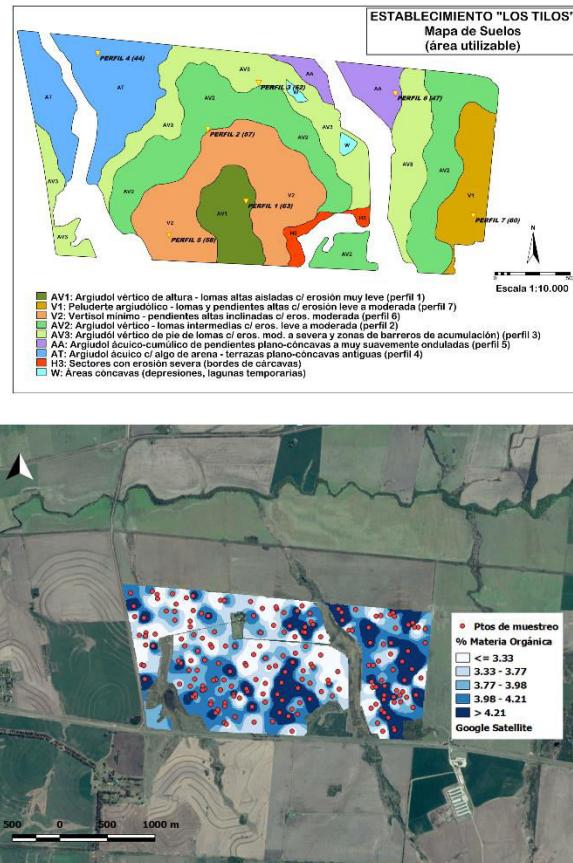


Fig. 8. Mapa detallado de suelos del Módulo experimental-demostrativo de Agricultura de Precision. Establecimiento Los Tilos, Nogoyá. Entre Ríos. (Esc: 1: 10.000) (superior) y mapa de distribución espacial del contenido de fósforo disponible (P Bray y Kurtz n° 1, 0-20 cm) (inferior). Adaptado de [44].

Un aspecto relevante del trabajo del grupo en la Red de AP, ha sido el de desarrollar vínculos con instituciones y empresas a los fines de poder abordar y resolver muchas de las actividades realizadas. Dentro del relacionamiento institucional se cuentan vínculos con Universidades como la Nacional de Entre Ríos, del Litoral y de Mar del Plata, Universidad del Estado de Oklahoma y de Nebraska. Asimismo, con diversas empresas proveedoras de equipamiento de AP, y empresas productoras que han posibilitado muchos trabajos.

3 Perspectivas futuras

Las actividades se están focalizando en aspectos relacionados a desarrollar técnicas e implementar herramientas para una mejor caracterización de la variabilidad espacial de la productividad de los cultivos, sobre la base del aprovechamiento de nuevas plataformas satelitales y la gestión de datos facilitada por plataformas Web. Adicionalmente, en generar aplicaciones integradas a las plataformas de servicios de imágenes que permitan avanzar sobre el manejo de cultivos, como las prescripciones sitio-específicas o variables de N.

Se enfatizará en la integración de modelos de simulación con información geoespacial, complementados con el uso de pronósticos climáticos en la estación de crecimiento de los cultivos, a fin de optimizar la eficiencia de uso del N mediante el ajuste de las dosis de fertilización fraccionada.

Adicionalmente se están incorporando aspectos asociados a la gestión ambiental, mediante el monitoreo remoto de las condiciones meteorológicas durante las pulverizaciones agrícolas, diseñando un sistema completo de monitoreo, que se implementará y evaluará a escala piloto.

Finalmente, se propone integrar la experiencia local generada y la capacitación alcanzada para el armado de propuestas de capacitación formal dentro de la Universidad Nacional de Entre Ríos, desarrollando cursos de capacitación a nivel de posgrado.

4 Referencias

1. Bongiovanni, R., Lowenberg DeBoer, J.: Agricultura de precisión en Argentina. En: Bongiovanni, R., Montovani, E., Best, S., Roel, A. (Eds). Agricultura de Precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. Montevideo: PROCISUR/IICA, pp 203-218 (2006)
2. Reetz, H. Jr.: Using conferences and workshops for technology training. *Precision Agriculture*, 3, 319–325 (2002)
3. Melchiori, R.: Variabilidad espacial del rendimiento en trigo, asociación con parámetros edáficos y evaluación de aplicación de nitrógeno para sitios específicos. Tesis para el grado de Magister Scientiae. Posgrado en Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata (2002)
4. Melchiori, R., Albarenque, S., Schulz, G., Kemerer, A., Bedendo, D.: Delimitación de zonas de manejo mediante relevamiento de suelos y herramientas informáticas. VIII Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2009)
5. Melchiori, R., Schulz, G., Kemerer, A., Bedendo, D., Albarenque, S., Pausich, G., Banhero, S.: Sistema de información geográfica on-line para aplicaciones de agricultura de precisión en INTA Paraná. Argentina. XI Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2012)
6. Kemerer, A., Melchiori, R.: Variabilidad espacial en suelos agrícolas de la provincia de Entre Ríos. XIX Congreso Argentino de Ciencia del Suelo, Argentina, Paraná (2004).

7. Kemerer, A., Melchiori, R.: Mapeo de la variabilidad espacial en propiedades del suelo a partir de diferentes estrategias de muestreo. Simposio de Fertilidad 2013. Rosario (2013)
8. Kemerer, A., Melchiori, R.: Calidad de los mapas de distribución espacial de fósforo y sus efectos en la recomendación de dosis variable de fertilización. 45 JAIIO - 8 Congreso de AgroInformática (2016)
9. Melchiori, R., Albarenque, S.: 2013.: Variabilidad espacio temporal de rendimiento y margen bruto para la delimitación de zonas de manejo. XII Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2013)
10. Laner, M., Albarenque, S., Kemerer, A., Melchiori, R.: Métodos de delimitación de zonas de manejo usando variabilidad espacio-temporal de rendimiento y margen bruto. Memorias del Primer Congreso Latinoamericano de Agricultura de Precisión, Chile: CLAP (2018)
11. Kemerer, A.: Utilización de Imágenes Satelitales en Agricultura de Precisión para delimitar Zonas de Manejo Uniforme. Trabajo Final de Graduación, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos (2003)
12. Kemerer, A., Melchiori, R.: Delimitación de zonas de manejo en Agricultura de Precisión. En: Caviglia, O., Paparotti, O., Sasal, M. (Eds.). Agricultura Sustentable en Entre Ríos. Ediciones INTA. Buenos Aires, pp 201-204. ISBN 978-987-521-253-4 (2007)
13. Kemerer, A., Melchiori, R.: Imágenes satelitales para la delimitación de zonas de manejo. VIII Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2009)
14. Hill, S., Kemerer, A., Melchiori, R., Albarenque, S.: Delimitación de zonas mediante imágenes satelitales de cultivos de verano e invierno. Memorias del Primer Congreso Latinoamericano de Agricultura de Precisión, Chile: CLAP (2018)
15. Melchiori, R., Melchiori, A., Kemerer, A., Bellomo, M.: Utilización de fotografías aéreas multiespectrales de alta resolución para la cuantificación de caña de azúcar caída. 38 JAIIO - 1 Congreso de AgroInformática, Mar del Plata (2009)
16. Melchiori, R., Kemerer, A., Melchiori, A., Bellomo, M.: Análisis de la variabilidad espacial en el rendimiento del cultivo de caña de azúcar mediante fotografías aéreas multiespectrales. X Congreso de Ingeniería Rural y II del Mercosur, Rosario (2009)
17. Kemerer, A., Melchiori, A., Albarenque, S., Melchiori, R.: Utilización de fotografías aéreas multiespectrales para caracterizar la variabilidad espacial en la producción de caña de azúcar. IX Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2010)
18. Kemerer, A., Melchiori, R., Melchiori, A.: Aplicación de fotografías aéreas de alta resolución en la planificación de cosecha de caña de azúcar. Anais do 16 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2013).
19. Hadad, A., Solano, A., Kemerer, A., Schneider, G.: Experiencia de vinculación Universidad-INTA-Industria azucarera. 44 JAIIO - 9º Jornadas de Vinculación Universidad – Industria (2015)
20. Melchiori, R., Kemerer, A.: Agricultura de Precision en caña de azúcar perspectivas y avances. Congreso de la Sociedad Argentina de Técnicos en Caña de Azúcar. XVII Reunión Técnica Nacional de la caña de azúcar (2010)
21. Schneider, G., Hadad, A., Kemerer, A.: Implementación de un software para el análisis de imágenes aéreas multiespectrales de caña de azúcar. Ventana Informática. Manizales: Universidad de Manizales. 28,13 – 29, ISSN 0123-9678 (2013)
22. Solano, A., Schneider, G., Kemerer, A., Hadad, A.: Characterization of multispectral aerial images of sugarcane. Journal of Physics: Conference Series.: IOP Publishing, 477(1). ISSN 1742-6588. EISSN 1742-6596(2013)

23. Solano, A., Schneider, G., Kemerer, A., Hadad, A.: Texture Analysis for the Segmentation of Sugar Cane Multispectral Images. 43 JAIIO - 6° Congreso Argentino de AgroInformática (2014)
24. Melchiori, R., Barbagelata, P., Christiansen, C., Von Martini, A.: Manejo por sitios específicos del nitrógeno en maíz: Evaluación del N-sensor. VII Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino (2001)
25. Melchiori, R., Caviglia, O., Bianchini, A., Faccendini, N., Raun, W.: Use of Sensor Based Nitrogen Rates to Improve Maize Nitrogen Use Efficiency in the Northern Argentinean Pampas. ASA-CSSA-SSSA. 2006. Annual meeting. Indianapolis, Indiana, USA (2006)
26. Melchiori, R., Caviglia, O., Bianchini, A., Faccendini, N., Albarenque, S., Raun, W. Wheat Yield Prediction by Using an Active Sensor in the Northern Argentinean Pampas. ASA-CSSA-SSSA. 2006 Annual meeting. Indianapolis, Indiana, USA (2006)
27. Melchiori, R., Caviglia, O., Albarenque, S., Faccendini, N., Bianchini, A., Raun, W.: Sensor Based Tools to Manage Nitrogen Fertilization in Wheat. ASA-CSSA-SSSA. 2007 Annual meeting. New Orleans, Luisiana, USA (2007)
28. Melchiori, R., Barbagelata, O., Albarenque, A., Bianchini, A., Raun, W.: Spatial resolution for N management with active sensors in corn. 9th International Conference in Precision Agriculture (ICPA). Denver, Colorado, USA (2008)
29. Melchiori, R., Albarenque, S., Pérez Zamora, F., Vicini, L., Rodríguez, R., Masanti, J.: Propuesta para el desarrollo de un sistema para el manejo de dosis variable de nitrógeno en caña de azúcar utilizando sensores remotos activos. X Congreso Argentino de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR, Rosario (2009)
30. Charadía, R., Albarenque, S., Melchiori, R., Barbagelata, P.: Estimación del NDVI y la prescripción de dosis variable de nitrógeno para maíz y trigo basada en sensores ópticos. X Congreso Argentino de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR, Rosario (2009)
31. Melchiori, R., Coll, L., Albarenque, S., Kemerer, A., Pautasso, J.: Sensor based Nitrogen prescription method to spring canola in Argentina. Memorias del Primer Congreso Latinoamericano de Agricultura de Precisión, Chile: CLAP (2018)
32. Melchiori, R., Kemerer, A., Albarenque, S.: Unmanned aerial system to determine nitrogen status in maize. 12th International Conference Precision Agriculture, California (2014)
33. Melchiori, R., Kemerer, A., Cassucio, L., Albarenque, S.: Fotografías obtenidas por drones para la prescripción variable de nitrógeno en trigo. XVII Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica (2016)
34. Melchiori, R., Kemerer, A., Cassucio, L., Albarenque, S.: Sensores ópticos portables y aerotransportados en drones para determinar variables biofísicas en trigo XVII Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica (2016)
35. Melchiori, R., Albarenque, S., Kemerer, A.: Uso, adopción y limitaciones de la agricultura de precisión en Argentina. XII Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2013)
36. Melchiori, R., Albarenque, S., Kemerer, A.: Evolución y cambios en la adopción de la agricultura de precisión en argentina. XVII Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2018)
37. Kemerer, A.: Procedimientos para la delimitación de zonas de manejo mediante imágenes satelitales. Buenos Aires: Ediciones INTA. pp.79. ISBN 978-987-679-027-7 (2011)
38. Albarenque, S., Velez, J.: Técnicas para el procesamiento de mapas de rendimiento. Buenos Aires: Ediciones INTA. ISBN 978-987-679-028-4 (2011)
39. Kemerer, A., Albarenque, S., Melchiori, R.: Método estadístico simple para evaluar ensayos en franjas. XI Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2012)

40. Albornoz, E., Kemerer, A., Galarza, R., Mastaglia, N., Melchiori, R., Martínez, C.: Development and evaluation of an automatic software for management zone delineation. *Precision Agric*, 19:463–476 (2018)
41. Albarenque, S., Caviglia, O., Melchiori, R.: Impacto de diferentes escenarios climáticos sobre el rendimiento simulado de maíz en Entre Ríos. IX Congreso Nacional de Maíz. Rosario (2010)
42. Albarenque, S., Basso, B., Caviglia, O., Melchiori, R.: Spatio-temporal nitrogen fertilizer response in maize: field study and modeling approach. *Agronomy Journal*, 108(6), 1-13 (2016)
43. Albarenque, S., Melchiori, R., Caviglia, O.: Utilización del modelo CERES-Maize para la optimización de insumos en el manejo por ambientes. En: Melchiori R., Caviglia O., Albarenque S. y A. Kemerer (Eds). *Jornada Nacional de Agricultura de Precisión: Integrando tecnologías para una agricultura sustentable* (2009)
44. Melchiori, R., Kemerer, A., Albarenque, S., Bedendo, D., Pioto, C., Hill, S., Maydana, C., Butarelli, S., Faccendini, N., Bracco, J.: Desarrollo de un módulo experimental-demostrativo de agricultura de precisión. XVII Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi (2018)