

AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN FRUTICULTURA: EL MAPA DE RENDIMIENTO COMO BASE

FERNANDEZ, D.; MAGDALENA, C.; CURETTI, M.; BENITEZ, E.; ROMITELLI, M.
EEA INTA Alto Valle, Grupo Ingeniería en Biosistemas, General Roca (RN)
fernandez.dario@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión (AP) es la aplicación de tecnologías y principios para manejar la variabilidad espacial y temporal asociada con todos los aspectos de la producción agrícola. Se considera que existen al menos tres aspectos críticos para que su aplicación sea exitosa: información, tecnología y gestión.

El manejo por ambientes es uno de los conceptos más difundidos de la AP. Este enfoque intenta definir sub-zonas en los cultivos, donde los factores productivos son relativamente homogéneos, para luego aplicar a cada una de estas áreas la cantidad apropiada de insumos. Como resultado se espera maximizar el potencial productivo, eficientizar los aportes externos y minimizar el impacto ambiental.

Existen muy pocas experiencias a nivel mundial de mapas de rendimiento en frutales de pepita. Los pocos ejemplos disponibles se basan en métodos experimentales con el único fin de evidenciar la variabilidad, pero sin una aplicación práctica concreta. Por tanto, la mayoría de los frutales de pepita en todo el mundo son manejados en forma tradicional, aplicando fertilizantes, plaguicidas y el riego entre otros, sin considerar la variabilidad espacial intra-parcelaria. Esto puede resultar en sub-dosificación o en sobre-aplicación según el caso, aumentando innecesariamente los costos o el riesgo ambiental de la producción.

El potencial que implica poder mapear en forma generalizada las diferentes parcelas productivas es muy relevante e implicaría un cambio de paradigma para el futuro del cultivo de peras y manzanas.

El manejo por ambientes será aplicable solo bajo ciertas condiciones: a) si la variación espacial del rendimiento tiene cierta estabilidad a través de los años; b) si las causas de esa variabilidad pueden ser identificadas y medidas; c) si esas causas se pueden modificar con una aplicación diferencial de insumos o prácticas de manejo.

Para determinar la variabilidad espacial y temporal, una de las herramientas más utilizadas es el mapa de rendimiento. Esta pieza clave de la AP es relativamente fácil de obtener en cultivos extensivos, pero muy engorrosa y poco precisa en cultivos frutales, debido a la falta de monitores automáticos para la cosecha, ya que la misma se realiza casi exclusivamente en forma manual.

Idealmente, un monitor de cosecha en frutales debe funcionar durante el proceso de recolección y no debería interferir con la labor de los operarios. Por ese motivo, para lograr este objetivo es imprescindible la aplicación de tecnología (señal GPS, software, electrónica, etc.), información y gestión de esos datos.

El INTA Alto Valle desarrolló un prototipo de mapeador de rendimiento y se trabaja actualmente en un modelo precomercial más avanzado. Con el prototipo mapeador se ha logrado obtener mapas que reflejan la variabilidad espacial y temporal de una

parcela experimental. También se ha avanzado en la identificación de las causas de esa variabilidad, algunas de las cuales, de difícil corrección, están relacionadas con la estructura física del suelo, el sentido del riego o la presencia de alamedas. Otras, como la fertilización, la presencia de malezas o el raleo de frutos, es posible manejarlas en forma diferenciada, de manera de maximizar el rendimiento y minimizar el uso de insumos, con la consecuente reducción de costos y mitigación del impacto ambiental.

A partir del uso y estudio de estos mapas de rendimiento, se podrá dar un salto cualitativo hacia la fruticultura de precisión, cambiando la manera de trabajar y utilizar la información colectada.

Sin dudas, el desarrollo de esta metodología de análisis temporal y espacial, no sería posible sin la incorporación de las plataformas autopropulsadas que actualmente se están utilizando para diferentes tareas culturales, entre ellas, la cosecha de frutos.

METODOLOGIA EMPLEADA

Se trabajó en una parcela de perales cv. Williams de 1,6 ha. Los frutos fueron cosechados manualmente por operarios ubicados sobre una plataforma autopropulsada y depositados en cajones bins. El peso y la posición de los cajones fueron registrados mediante celdas de carga y en receptor GPS instalado sobre la plataforma. Los datos colectados se corrigieron y procesaron para obtener 168 puntos muestrales con una cobertura espacial de 96 m² cada uno. Posteriormente se procedió a analizar los datos obteniendo los estadísticos generales y el ajuste del modelo teórico omnidireccional del variograma (análisis geoestadístico). Los mapas de rendimiento se obtuvieron mediante interpolación con el procedimiento de krigeo ordinario.

Se utilizaron diferentes técnicas estadísticas de comparación de los mapas para determinar la ocurrencia o estabilidad de las zonas de baja, alta y media productividad.

RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla 1. Estadísticos generales y análisis geoestadístico del rendimiento de cosecha para los años 2014, 2015 y 2016.

	2014	2015	2016	Promedio 2014-2016
Media	14.1 T/ha	37.2 T/ha	23.0 T/ha	25.2 T/ha
Desv. Est.	5.0	8.6	6.7	6.3
N	168	168	168	168
Modelo	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical
Pepita (Co)	12.9	7.8	8.2	4.3
Meseta (Co+ C)	26.4	81.7	47.9	42.2
Rango (Ao)	50.5	58.1	55.6	53.1
Proporción C/(Co+C)	0.51	0.90	0.83	0.90
r ²	0.77	0.83	0.84	0.77
Validación cruzada- Coef. de regresión	0.92	0.95	0.94	1.0

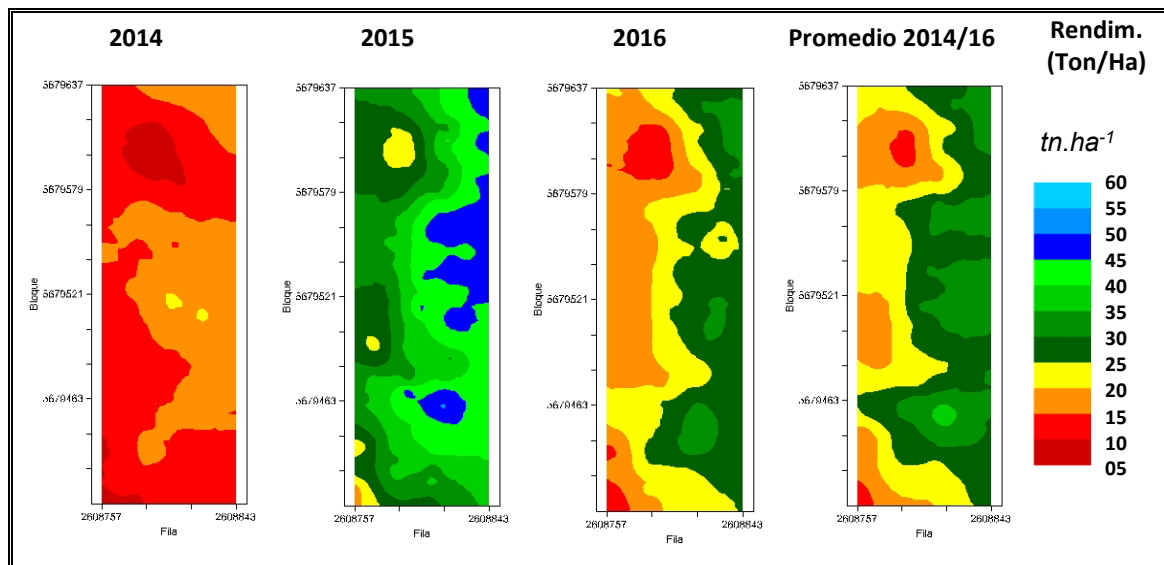


Figura 1. Mapas de rendimiento de una parcela de pera cv. Williams en 2014, 2015 y 2016, en el Alto Valle de Río Negro, Argentina.

CONSIDERACIONES FINALES

Mediante los estudios realizados fue posible determinar la existencia de variabilidad espacial al interior de una parcela de perales cv. Williams. Además, se observó que existen zonas de baja productividad, que año tras año presentan las mismas características independientemente de la cantidad de fruta cosechada. Esto implica que las diferencias no están solamente asociadas a variaciones climáticas temporales, sino que existen otras variables de mayor peso como por ejemplo el suelo.

En virtud de los datos colectados, las técnicas analíticas utilizadas y los resultados obtenidos, se puede inferir que en los cultivos de frutales de pepita, quizá no sea necesario tener un dato de rendimiento punto a punto o por árbol, permitiendo esto reducir los costos de muestreo y procesamiento de la información. Por otra parte, la tecnología disponible en ciertos aspectos de manejo del cultivos (poda, raleo de frutos, riego, etc.) es todavía muy limitada en cuanto a la posibilidad de realizar aplicaciones variables. Por lo tanto, la utilización de técnicas de análisis como la geoestadística, proporcionan un nivel aceptable de información que sirve a los fines de determinar sub-áreas de manejo. De esta manera no es necesario, por el momento, el desarrollo e incorporación de equipos de gran precisión y muy costosos. Sin embargo, se deberá continuar con los estudios iniciados, con el objetivo de propiciar su utilización en el mediano plazo.

REFERENCIAS

- Aggelopoulou, A.D., D. Bochtis, S. Fountas, K.C. Swain, T.A. Gemtos, G.D. Nanos. 2011. Yield prediction in apple orchards based on image processing. *Precision Agric.* 12: 448–456.
- Ampatzidis, Y.G., S.G. Vougioukas, D.D. Bochtis, C.A. Tsatsarelis. 2009. A yield mapping system for hand-harvested fruits based on RFID and GPS location technologies: field testing. *Precision Agric.* 10: 63–72.
- Araujo e Silva Ferraz, G., F. Moreira da Silva, M. de Carvalho Alves, R. de Lima Bueno, P.A. Negrini da Costa. 2012. Geostatistical analysis of fruit yield and detachment forcé in coffee. *Precision. Agric.* 13:76–89.
- Aruani, M.C, P. D. Reeb, N. E. Barnes. 2014. Influence of soil properties on yield and fruit maturity at harvest of 'Williams' pear. *Chilean J. Agr. Res.* 74 (4): 460-467.
- Benítez, C., H. Castro, A. Ricca, S. Vaudagna. 2005. *Peras y manzanas: Factores que afectan la calidad de los frutos.* 394 p. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Best, S., F. Salazar, R. Bastías, L. León. 2008. Crop load estimation model to optimize yield-quality ratio in apple orchards, *Malus Domestica Borkh, Var. Royal Gala. Journal of Information Technology in Agriculture*, 3: 11–18 (e-Journal at www.jitag.org).
- Bramley R.G.V., R.P. Hamilton. 2004. Understanding variability in winegrape production systems. 1. within vineyard variation in yield over several vintages. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10: 32-45.
- Earl, R., P.N. Wheeler, B.S. Blackmore, R.J. Godwin. 1996. Precision farming—the management of variability. *Landwards*, 51(4): 18–23.
- Perry E.M., R.J. Dezzani, C.F. Seavert, F.J. Pierce. 2010. Spatial variation in tree characteristics and yield in a pear orchard. *Precision Agric.* 11: 42–60.
- Plant, R.E. 2001. Site-specific management: The application of information technology to crop production. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30: 9–29.
- Rosa U.A., S.K Upadhyaya, M. Josiah, M. Koller, M. Mattson, M.G. Pelletier. 2000. Analysis of a tomato yield monitor. *Transactions of the ASAE* 43(6): 1331-1339.