

MAPA DE RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum*, L.) EN UN LOTE DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DEL CINTURÓN VERDE DE CÓRDOBA, ARGENTINA. RELACIÓN ENTRE FACTORES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO E INDICADORES FOTOGRÁFICOS

Gustavo OVANDO¹, Antonio de la CASA¹, Angel RODRÍGUEZ¹, Luciano BRESSANINI² & Eduardo BUFFA³

1. INTRODUCCIÓN

El manejo de precisión de la agricultura requiere conocer la variabilidad espacial y temporal de los factores que determinan la productividad de un cultivo dentro del lote. Para tal fin es necesario disponer de información que exprese la variabilidad espacial de las características del suelo tales como su nivel de fertilidad física y química, topografía, condiciones microclimáticas y de las poblaciones de insectos, malezas y enfermedades, a los efectos de identificar y manejar los factores e interacciones que presentan el mayor impacto en la productividad del cultivo (Schneider *et al.*, 1997). Entre ellos la disponibilidad de agua y nitrógeno se pueden considerar los más relevantes.

A pesar que en la agricultura bajo riego la provisión de agua es un factor que puede ser considerado no restrictivo en términos potenciales, mediciones realizadas en una región centro sur del estado de Washington permitieron observar una gran variabilidad espacial del rendimiento de papa en cinco campos de producción comercial con riego de pivote central (Schneider *et al.*, 1996).

Los cambios topográficos, por su parte, al modificar la distribución local de agua y nutrientes, han sido señalados como un factor que afecta el rendimiento medio de los cultivos.

La existencia y disponibilidad de técnicas y medios digitales permite acceder a información cartográfica a partir de fotografías o imágenes satelitales, que ofrecen la posibilidad del seguimiento de la condición de un área de cultivo para establecer su evolución y estado general. La información de naturaleza radiativa que capta una escena fotográfica se puede tomar a modo de un indicador global que sintetiza el funcionamiento de todo el sistema.

El objetivo específico consiste en elaborar un mapa de rendimiento del cultivo de papa de un lote de producción comercial del Cinturón Verde de Córdoba, Argentina. En este contexto, evaluar la variabilidad espacial de factores que controlan el rendimiento y su relación con información fotográfica, a fin de determinar su incidencia y localizar anticipadamente aquellos sectores del predio que muestren algún signo de deterioro.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Las observaciones se realizaron en un lote de producción comercial de papa del Cinturón Verde de la ciudad de Córdoba (31° 30' 44" S, 64° 08' 42" W, 402 m. s.n.m.), entre febrero y junio del año 2000. El suelo del sector corresponde a un Haplustol típico, limoso fino, mixto, térmico (INTA, 1987), no salino y no sódico, con muy alto contenido en potasio (K) y fósforo (P) disponibles y pobre en materia orgánica (MO) y

nitrógeno total (N_{total}) (Tabla 1). No presenta limitaciones para su uso en agricultura bajo riego (Lanfranconi *et al.*, 1987) y, aparte de la restricción climática, su condición fisico-química no muestra otros impedimentos que limiten el crecimiento de las plantas.

Tabla 1: Contenido en materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio disponibles en el suelo (media y desvío estándar de cuatro repeticiones)

Horizonte y espesor (cm)	MO -----%	N _{total} -----	P _{Bray 1} mg,Kg ⁻¹	K _{de cambio} cmol.Kg ⁻¹
Ap (0-20)	1,41	0,08	135	1,8
	0,243	0,014	21	0,135
A ₁₂ (20-40)	1,02	0,06	73	1,6
	0,339	0,020	38	0,228
Bw (> 40)	0,55	0,03	-	-
	0,277	0,016	-	-

El lote fue fertilizado con sulfato de amonio al momento de la plantación con una dosis de 200 Kg.Ha⁻¹ (36 KgN.Ha⁻¹). En la etapa de brotación, el cultivo recibió 150 Kg Ha⁻¹ de Urea (69 KgN.Ha⁻¹). El muestreo de humedad de suelo y nitrógeno se realizó a dos profundidades (20 y 40 cm) en dos fechas durante el ciclo del cultivo (21 de Marzo y 14 de Abril de 2000).

El muestreo del lote se diagramó siguiendo una grilla rectangular de 30 puntos con una separación cada 25 m en el eje mayor (Norte-Sur) y 70 m en el eje menor (Este-Oeste) (Figura 1b). La posición y altura de los nodos se determinaron mediante un nivel topográfico. Las variables en estudio corresponden al nitrógeno de nitratos (NO₃-N), medido por electrodo específico (Orion 93-07), y la humedad gravimétrica del suelo mediante extracciones con barreno en una posición lateral de la fila de plantas.

El día 29/4/2000, en condiciones de cobertura completa, se efectuó un vuelo sobre el sector a los efectos de realizar su relevamiento fotográfico. Las imágenes digitales fueron descompuestas en sus colores básicos (azul, rojo y verde) a fin de disponer de diferentes parámetros de referencia.

Los mapas para expresar la condición topográfica, de humedad y fertilidad nitrogenada del lote, como así también la variación espacial del rendimiento de tubérculo fresco, se realizaron empleando técnicas de interpolación espacial basadas en el método de kriging.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las observaciones de rendimiento de tubérculo en fresco presentaron un máximo de 48,75 Tn ha⁻¹ y un mínimo de 25,62 Tn ha⁻¹ (133% y 70% del promedio, respectivamente), que corresponde a un rango de variación ligeramente superior al obtenido por Schneider *et al* (1997) en un campo con riego de pivote central en el este del estado de Washington (EU).

En el análisis de correlación entre el rendimiento en fresco del cultivo y diversos factores considerados a priori

¹ Climatología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. cc 509-Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina. gugovan@agro.uncor.edu

² Agrotecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. cc 509-Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina. lubressa@agro.uncor.edu

³ Edafología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. cc 509-Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina. ebuffa@agro.uncor.edu

responsables de su variación espacial ninguna de las variables analizadas presenta relaciones estadísticamente significativas al nivel de 5%. Una razón que justifica este resultado general se explica porque la cosecha fue realizada sólo en una parte del sector, lo que redujo la expresión de los factores en estudio, como así también debido al carácter puntual de las observaciones. Schneider *et al.* (1997) no encuentran respuesta entre el rendimiento y los niveles de P y K del suelo luego de haberlo sometido a una fertilización correctiva local. En el lote del estudio los niveles de P y K disponibles exceden los valores críticos de referencia de 10 mgP.kg⁻¹ y 0,2 cmolK.kg⁻¹ (Tabla 1), por debajo de los cuales se justificaría la fertilización.

La información topográfica tampoco expresa una relación significativa con el rendimiento, en contraposición al estudio de Kravchenko y Bullock (2000), según el cual los datos topográficos, en combinación con información de suelo, fueron útiles para explicar la variabilidad del rendimiento de cultivos malos al nivel de predio. No obstante, se observa que la elevación presenta una fuerte correlación ($r=-0,827$) con el componente verde de la imagen fotográfica de una escena posterior al último muestreo adquirida el 29 de Abril y del mismo modo con respecto a la condición de humedad del segundo muestreo ($r=-0,534$). Esto pone de relieve la utilidad que presentan los datos de elevación para relacionar la topografía con propiedades del suelo (de Bruin y Stein, 1998).

Con la disponibilidad de información fotográfica completa del lote y asumiendo que por su intermedio es posible representar el estado general del cultivo en cada momento, se destaca una relación lineal negativa del color verde que se obtiene por descomposición de la fotografía con respecto a la elevación. Esto indicaría que las zonas más bajas del lote presentan una condición en general menos adecuada del cultivo que se pone de manifiesto en razón de un mayor contador digital de la capa verde. La Figura 1 muestra cartografía comparada de los valores de elevación del mapa topográfico y del contador digital (0-255) correspondiente al color verde que se obtiene por descomposición de la fotografía digital.

4. CONCLUSIONES.

La variabilidad del rendimiento en fresco del cultivo de papa en un predio de producción comercial mostró un rango entre 70 y 130% con respecto al rendimiento medio. No se detectó señal de correlación con la humedad del suelo, con la condición de fertilidad nitrogenada, ni tampoco con la información topográfica de altura. Se determinaron relaciones significativas, en cambio, entre la humedad del

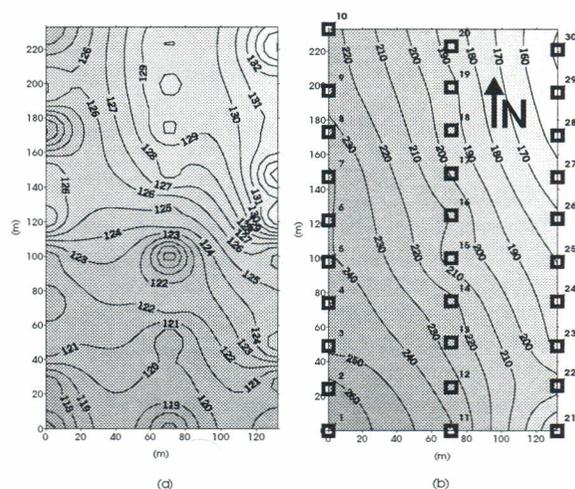


Figura 1: Variación espacial que presenta (a) el color verde (invertido) de una imagen aérea y (b) la elevación (cm) del sector en estudio. Sobre este mapa de ha trazado la grilla de puntos del muestreo

suelo y el contenido de NO₃-N, como así también entre la altura y un indicador fotográfico del estado del cultivo, información cuyo potencial debe ser examinado.

5. BIBLIOGRAFÍA.

- de Bruin, S. y A. Stein, 1998. Soil-landscape modeling using fuzzy c-means clustering of attribute data derived from Digital Elevation Model (DEM). *Geoderma*, 83:17-33.
- INTA, 1987. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3163-26, Villa del Rosario.
- Kravchenko, A.N. y D.G. Bullock, 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agron. Journal*, 92: 75-83.
- Lanfranconi, L.E., E.A. Tuda, M. Buteler, W. Robledo, M. Fontán y R. Beretta, 1987. Situación de contexto del área central bajo riego de la provincia de Córdoba. Volumen I: Tomo I y II. Manfredi (Argentina), INTA-EEA.
- Schneider, S.M., R.A. Boydston, S. Han, R.G. Evans, y R.H. Campbell, 1997. Mapping of potato yield and quality. *Precision Agriculture 1997, Volume I: Spatial Variability in Soil and Crop*, J.V. Stafford (Ed.), Silsoe Research Institute, UK, 253-261.
- Schneider, S.M., S.L. Rawlins, S. Han, R.G. Evans y R.H. Campbell, 1996. Precision agriculture for potatoes in the Pacific Northwest. *Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture*, P.C. Robert (Ed.), Madison, WI, ASA, CSSA, SSSA, 444-452.