CUANTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD INTRAPARCELA DEL DESARROLLO DE LOS CULTIVOS MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE

Asunción Usón Murillo*, Manuel Sampériz Sarvisé y Mario Diéz González

Escuela Politécnica Superior. Carretera Cuarte s/n. 22071 HUESCA. Universidad de Zaragoza.

*mauson@unizar.es

RESUMEN

La variabilidad del desarrollo de un cultivo depende de su manejo y del entorno en el que se desarrolla. A nivel de parcela y asumiendo manejos homogéneos, esta variabilidad se puede relacionar con las diferencias edáficas e hidrológicas. El objetivo del trabajo es caracterizar la variabilidad del desarrollo de los cultivos a nivel de parcela y relacionarla con la unidad de suelos. En la cuenca del barranco de la Sardeta (Huesca) se tienen caracterizadas 7 unidades de suelo a partir de 20 puntos de muestreo. Se analiza el desarrollo vegetativo de los últimos 5 años con imágenes de Sentinel-2 a nivel de parcela, diferenciando los cultivos de invierno de los de verano, se localiza el momento de inicio, el máximo y el inicio de la senescencia, y se obtiene la siguiente información de NDVI: valor medio, mínimo, máximo y desviación estándar. Además de la información de la variabilidad a nivel de parcela, se realiza un ANOVA multifactorial analizando el efecto de la unidad de suelo, tipo de cultivo y momento de desarrollo. Se buscan correlaciones entre el desarrollo vegetativo y parámetros de la propia parcela (dimensión, pendiente, regularidad) y de la unidad de suelo en la que se localiza (profundidad del suelo, pedregosidad, materia orgánica y salinidad). La mayor variabilidad del NDVI se da en las unidades de ladera frente a las plataformas o fondos, en todos los estadios de desarrollo, allí se puede encontrar más respuesta en gestión (agricultura de precisión) y en aplicación de modelos de simulación hidrológica.

PALABRAS CLAVE: Teledetección, variabilidad intraparcela, NDVI, unidad, cultivo.

INTRODUCCIÓN

La realización de mapas de suelos o delimitación de unidades de suelo homogéneas es útil tanto desde el punto de vista de su manejo agronómico como para ayudar a reducir el impacto ambiental de estas actividades agrarias, si bien la variabilidad del desarrollo de un cultivo depende tanto del propio cultivo y de su manejo como del entorno agroambiental.

En nuestro trabajo se tiene información acerca de las distintas unidades de suelos homogéneas de una cuenca y se quiere profundizar en la variabilidad intraparcelaria para poder emplear esa información a la hora de modernizar el manejo de la agricultura de precisión, para la aplicación de los modelos hidrológicos y así conocer de forma más precisa el comportamiento de la cuenca.

A nivel de parcela, y asumiendo manejos homogéneos, esta variabilidad se puede relacionar directamente con las diferencias edáficas y de comportamiento hidrológico de la propia parcela.

El uso de imágenes satelitales y en concreto el trabajo con índices de cultivo como el NDVI se trata de un buen indicador de dicha variabilidad a nivel de parcela (Patil et al. 2014) que, además, permite una evaluación en un amplio campo temporal dada la disponibilidad de imágenes con una alta frecuencia y de años anteriores, lo que unido a la alta precisión en el tamaño del píxel hará que esta herramienta sea fundamental.

El objetivo de este trabajo es caracterizar la variabilidad del desarrollo de los cultivos a nivel de parcela y relacionarla con la unidad de suelos, el tipo de cultivo (verano/invierno) y el momento de desarrollo del propio cultivo (inicio, máximo e inicio de la senescencia).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolla en la cuenca del barranco de la Sardeta, zona regable de 2.324 hectáreas que comprende los municipios de Montesusín y Robres, ambos en la provincia de Huesca. En el primero se ha realizado la concentración parcelaria y la modernización de regadíos, mientras que en el segundo abundan las parcelas abancaladas de pequeño tamaño y con riego por superficie, lo que condiciona el uso de información de los sensores remotos.

Se tienen caracterizadas 7 unidades de suelo homogéneas con distinto grado de presencia, las cuales se detallan en la siguiente tabla (Usón et al. 2023).

Tabla 3: Descripción unidades de suelo homogéneas en la cuenca de estudio

Unidad cartográfica (% de representación en la cuenca)	Clasificación taxonómica	Secuencia horizontes
1 **Plataformas** (3,01%)	Calcixerept petrocálcico, franco fino (SSS, 2022)	Ap – Bwk – 2Ckm – 3C
2 **Lutitas** (2,33%)	Xerorthent típico, fino (SSS, 2022)	Ap – B/C – C (lutitas)
3 **Asociación salina** (2,88%)	Haploxeroll aqüíco, limoso fino Calcixerept nátrico, fino y Xerorthent oxyaqüíco, fino (SSS, 2022)	
4 **Cauce** (3,82%)	Xerorthent oxyaqüíco, fino, fase ligeramente salina (SSS, 2022)	Ap – Bwk – Bw1 – Bw2
5 **Fondo hidromorfo** (1,35%)	Xerorthent aqüíco, franco fino (SSS, 2022)	Ap – Bw – Bg
6 **Fondo** (14,90%)	Xerorthent oxyaqüíco, franco fino (SSS, 2022)	Ap – Bk - Bw – C(lutitas)
7 **Ladera** (71,70%)	Haploxerept cálcico, limoso fino (SSS, 2022)	Ap – Bw - Bk – C

El trabajo de determinación de la variabilidad intraparcelaria se centró en las unidades que presentan una mayor superficie y son más interesantes a nivel de cultivo, que son: plataforma, ladera, cauce, fondo y fondo hidromorfo.

En dichas unidades seleccionadas se tomó un total de 12 parcelas de las cuales se tenían datos de suelo y entorno, se analiza el desarrollo vegetativo de los últimos 5 años con imágenes de Sentinel-2 disponibles en Copernicus DSE.

Para cada cultivo, se localiza el momento de inicio de crecimiento, el máximo de madurez y el inicio de la senescencia, y se obtiene la siguiente información de NDVI: valor medio, mínimo, máximo, mediana y desviación estándar. También se obtiene el valor medio de NDVI durante todo el ciclo del cultivo.

Se tomaron datos de dos grupos principales de cultivos, de verano y de invierno, siendo el maíz el representativo del primer grupo y la cebada del segundo, descartando los forrajes por la dificultad de selección de sus valores de crecimiento y senescencia.

Se realiza un ANOVA de 2 factores: unidad de suelo y tipo de cultivo, para cada momento de desarrollo. Se buscan correlaciones entre el desarrollo vegetativo y parámetros de la propia parcela y de la unidad de suelo en la que se localiza. Se completa con un análisis de componentes principales entre todas las variables de estudio. Todo el análisis estadístico se realizó con el paquete IBM SPSS Statistics 26.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados de los valores de NDVI y de la desviación estándar del NDVI en cada parcela (Figura 1), diferenciando entre cultivos de verano (maíz) y de invierno (cebada). No se encontraron diferencias significativas entre las unidades de suelo ni entre los cultivos para el NDVI en ninguno de los momentos de estudio. Los altos valores de NDVI en madurez, tanto para los cultivos de verano como para los de invierno, podrían estar relacionados con la saturación de este índice cuando la cobertura del suelo es total (Alvino et al. 2020).

Sin embargo, para la desviación del NDVI hay diferencias significativas por la unidad de suelo, presentando más desviación (variabilidad) las unidades de ladera, que deberá tenerse en cuenta en la aplicación de las prácticas de agricultura de precisión.

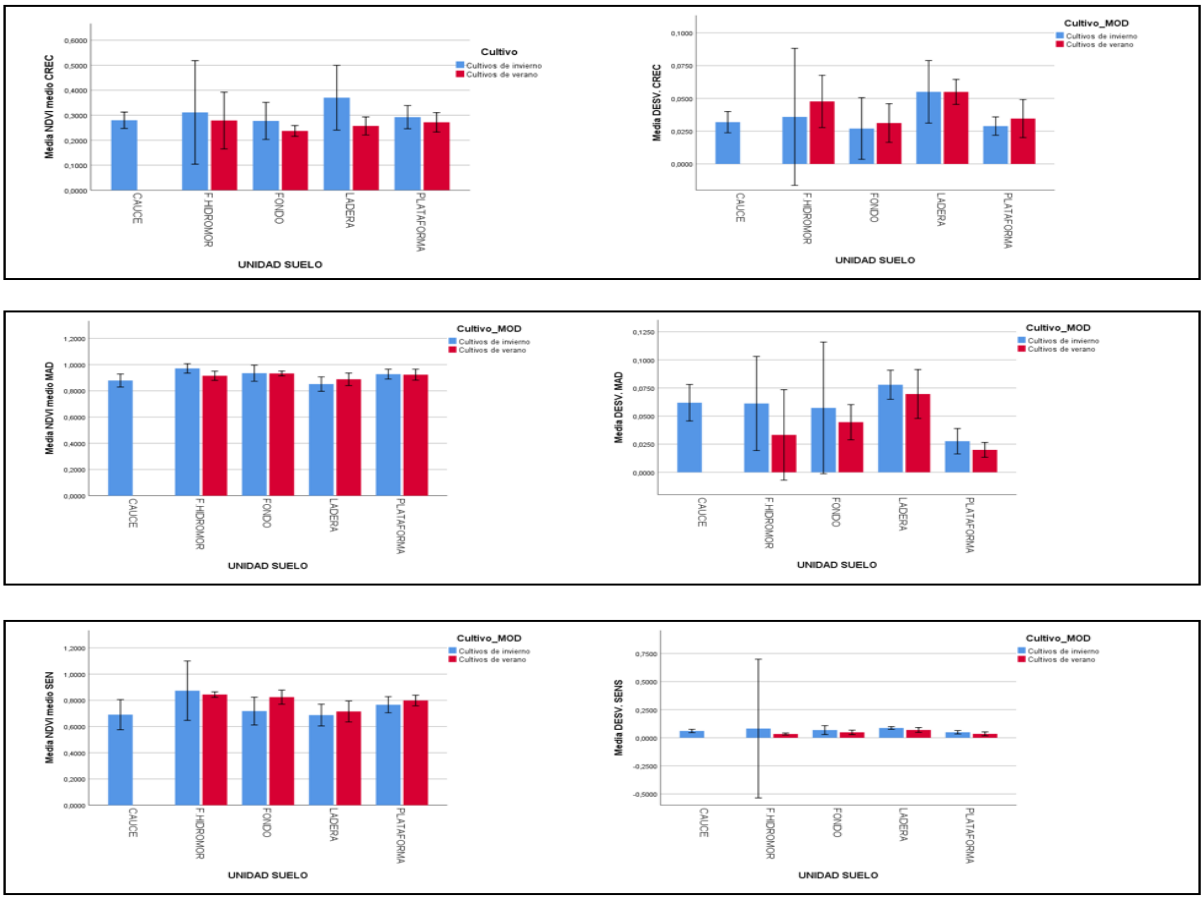


Figura 7: Valor medio NDVI en crecimiento, madurez y senescencia para las distintas unidades de suelo y cultivos: verano e invierno (Izquierda). Desviación estándar NDVI en crecimiento, madurez y senescencia para las distintas unidades de suelo y cultivos: verano e invierno (Derecha).

Se han encontrado numerosas correlaciones significativas entre variables, que se interpretan en el análisis de componentes principales (Figura 2). Las dos componentes explican el 41,86% de la varianza y las correlaciones más importantes a nivel de manejo son:

- La profundidad del freático tiene una correlación positiva con el porcentaje de arena y con la pendiente.
- La desviación del NDVI presenta una correlación directa con la unidad de suelo.
- La salinidad se correlaciona directamente con el porcentaje de arcilla.

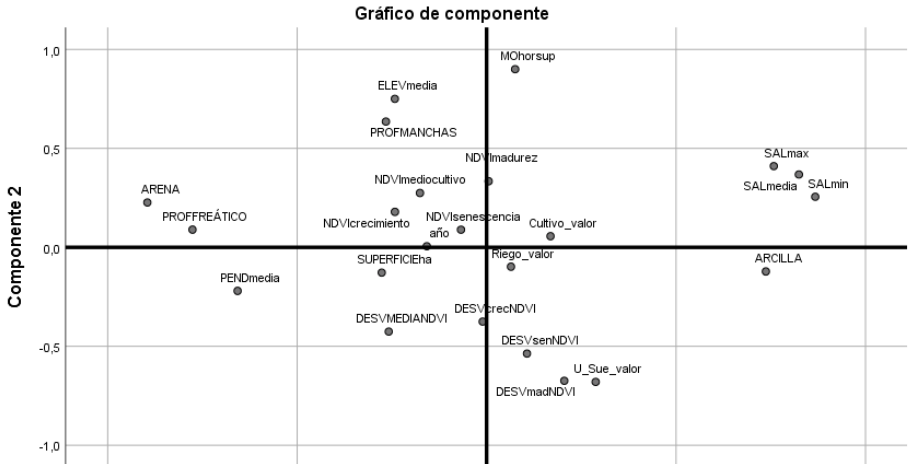


Figura 2: Análisis de componentes principales entre variables del suelo y de desarrollo del cultivo.

CONCLUSIONES

No se encuentran diferencias de biomasa en función del NDVI entre los cultivos de verano e invierno ya que este se satura en los valores altos, sin embargo, en senescencia la variabilidad del NDVI es mayor en los cultivos de invierno.

En la unidad LADERA observamos mayor variabilidad en el NDVI debido a su mayor heterogeneidad, y la unidad PLATAFORMA muestra menor variabilidad en el NDVI en todos los estadios de desarrollo debido a su mayor homogeneidad

REFERENCIAS

Alvino F, Aleman C, Filgueiras R, Althoff D, da Cunha F. 2020. Vegetation índices for irrigated corn monitoring. Engenharia Agricola 40 (3): 322-333.

Usón A, Díez M, Sampériz M. 2023. Uso de teledetección para la delimitación de unidades de suelo homogéneas. En: Arricibita et al. (Eds). XXXIII Reunión nacional de suelos. Libro de resúmenes. Pamplona/Iruña. p. 150-151. ISBN 978- 84-9769-395-0 (Edición digital).

Patil V, Al-Gaadi K, Madugundu R, Tola E, Marey S, Al-Omran A, Khosla R, Upadhyaya S, Mulla D, Al-Dosari A. 2014. Delineation of management zones and response of spring wheat (*Triticum aestivum*) to irrigation and nutrient levels in Saudi Arabia. International Journal of Agriculture and Biology 16: 104–110.