

ESTUDIO DE LAS RELACIONES ENTRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO, CUBIERTA VEGETAL Y RESPUESTA ESPECTRAL EN EL CULTIVO DE VIÑA

M. ARÁN (*), P. VILLAR (*), J. XANDRI (**), L. ALBIZUA (***), A. LERÁÑOZ (***),
M. ZALBA (***), X. FARRÉ (****)

maran@lafols.com

(*) LAF, (**) CUPASA, (***) *Trabajos Catastrales, S.A.*, (****) *Codorniu S.A.*

RESUMEN: Se ha procedido al estudio de las respuestas espectrales de diversas parcelas de viñedo en la zona de Raymat (Lleida). Se han utilizado imágenes del satélite IRS11D-LISIII de fecha 26 de julio. Paralelamente se ha procedido a un estudio de la composición del horizonte superficial de suelos y el análisis de las hojas de las parcelas seleccionadas. Los trabajos obtenidos han permitido definir la respuesta espectral propia de la parcela típica de la zona. En las parcelas en mejores condiciones vegetativas las respuestas espectrales se asemejan a la respuesta espectral promedio. Las parcelas con peores condiciones vegetativas se alejan del promedio de respuesta espectral obtenido. El alejamiento de las condiciones estándar de respuesta espectral se debe a: cobertura vegetal incompleta e irregularidades de la cubierta vegetal originadas por problemas de tipo físico o químico en el suelo. La complejidad de los factores que inciden en la respuesta espectral no permite diagnosticar a partir de ésta el tipo de problemática, aunque sí permite detectar la presencia de irregularidades, cuyo origen debe investigarse en campo.

ABSTRACT: A project related to spectral characteristics of vineyard crop has been developed in the area of Raymat (Lleida). Spectral imagery of the IRS11D_LISIII satellite of 26th July has been used. At the field level, a soil surface survey has been carried out to describe main soil characteristics, and foliar analysis of wines of selected parcels, as well. Project results have allowed the on average spectral signature of the representative vineyard parcels. Best parcels show a spectral signature similar to the average one. Parcels with cover deficiencies show a spectral signature far away of the average one. Deviations regarding the average are due to the complexity of the vegetal cover and physical or chemical problems associated with the type of soils. Although it is not possible to predict exactly the origin of spectral differences it is well possible to discriminate areas of irregular spectral response, which are to be surveyed in the field to detect the causes of differences.

Palabras clave: Viña, Superficies, Estadística, Teledetección, Suelos

INTRODUCCIÓN

La gestión agronómica de la viña ha recibido en época reciente un impulso muy importante como consecuencia de un renovado interés por la producción de vinos de media y alta gama.

El cultivo de la viña ha pasado a ser objeto de una dedicación técnica intensiva con el objetivo de tipificar o mejorar la elaboración e identificación de los vinos. Se han introducido nuevas técnicas de cultivo, ajustado las combinaciones portainjerto-variedad, fertilización, riego, poda, tratamientos, proceso de recolección y, particularmente, mejoras en el proceso de elaboración de vino.

La influencia de las propiedades del suelo en el manejo del cultivo y en las características del producto

final constituyen una temática evidente, pero de resolución compleja.

La interacción de los factores edáficos, naturales y modificados, con los diferentes pares portainjerto-variedad, junto con las características climáticas y la gran influencia de la técnica de manejo del cultivo, constituyen un complejo y variado abanico de posibilidades.

La caracterización de los suelos constituye un primer paso elemental, al discriminar desde las unidades de paisaje a las parcelas, por criterios asociados a las propiedades físicas de los suelos, de carácter más permanente, a la clasificación de parcelas en base a los estados transitorios del suelo. En el primer grupo de propiedades se considerarían algunas como la sucesión de horizontes edáficos o la clase textural de dichos hori-

zontes. En el segundo grupo de propiedades podrían incluirse propiedades como las reservas de nutrientes del horizonte superficial.

La cartografía de suelos a gran escala constituye la técnica ajustada para este tipo de discriminación territorial. En otro plano de enfoque, la cualificación y definición de unidades de suelo homogéneas a efectos de manejo, constituye una técnica utilizada a nivel de decisión agronómica: selección de portainjertos, enmiendas húmicas, aportes de fertilizantes orgánicos y minerales, aporte de micronutrientes, riego, drenaje, etc.

La agricultura de precisión se apoya en el estudio y localización de las variables edáficas permanentes y variables del suelo. A partir de una correcta definición de la variabilidad y su localización espacial, corresponde la ejecución de tratamientos heterogéneos en las unidades así definidas.

Las técnicas de teledetección parecen a priori adecuadas para el apoyo de la agricultura de precisión. Las posibilidades de la información generada en sensores de satélite reúnen unas características en principio transferibles a las técnicas de la agricultura de precisión. La disponibilidad de información geo-referenciada, continúa, sistemática y de proceso numérico, constituye un activo potencialmente útil para el manejo de la información territorial, inclusive en un cultivo como el viñedo.

Entre los factores intrínsecos al viñedo para los cuales la agricultura de precisión, apoyada en información satelitaria, podría ser de utilidad figuran: delimitación de zonas de crecimiento diferenciado, detección y aforo de zonas con problemáticas como clorosis férrica, excesivo vigor, problemas físicos del suelo, delimitación de áreas de drenaje subsuperficial diferenciado, sin descartar la mayor comprensión de conjunto asociada a la visualización homogénea de un zona de monocultivo.

El trabajo desarrollado constituye un proyecto conjunto desarrollado por las sociedades Trabajos Catastrales, S.A., LAF y CUPASA en las fincas de viñedo propiedad de la sociedad Codorniu, S.A. en la zona de Raymat, en la provincia de Lleida.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio: La zona objeto de estudio se sitúa en el término municipal de Lleida, en la zona denominada Raymat. El paisaje está formado por relieves moderados en los que se ha encajado una amplia red de drenaje. Las zonas sumitales presentan una pendiente muy escasa con formas tabulares. Su suelo está formado por gravas poligénicas de origen Cuaternario de depósito Pliocuaternario. Las zonas de vertientes y fondos se desarrollan sobre materiales blandos, lutitas y areniscas oligocénicas.

Los trabajos de seguimiento y control se han concentrado en un conjunto de parcelas de viñedo. Se trata de plantaciones de gestión intensiva con productos de muy alto valor añadido de prestigio nacional e internacional. La denominación de origen a la que pertenecen es la de "Costers del Segre".

En el área objeto de estudio la propiedad se halla concentrada en un escaso número de propietarios y el parcelario resultante es relativamente grande, en relación a los regadíos circundantes.

Suelos: Los suelos situados sobre las partes somitales presentan una relativa homogeneidad. Se caracterizan por ser moderadamente profundos, pedregosos, de clase textural franca, básicos, no salinos y de drenaje interno rápido.

Los suelos situados en vertientes y fondos se desarrollan sobre materiales oligocénicos y coluvios de las zonas somitales. Presentan un patrón de características complejo, con clases texturales moderadamente finas o medias, variabilidad de la profundidad de enraizamiento, zonas de drenaje entre rápido y lento, irregular presencia de salinidad y contenidos de nutrientes altamente variables. Estos últimos materiales presentan características desfavorables en cuanto a su aptitud para el desarrollo radicular: pobre circulación de agua, alcalinidad y salinidad.

Parcelas seleccionadas: Las parcelas seleccionadas y sus características se exponen en el tabla 1.

<i>Parc.</i>	<i>Has</i>	<i>Var</i>	<i>cub. %</i>	<i>suelos</i>
P.29	22	Cab. Sau.	70	heterog.
P.7	19	Chardon.	50	dos tipol.
P.6	8,5	Tempra.	80	dos tipol.
P.15	10	Pinot Noir	50	homog.
P.28	16	Chardon.	50	homog.
P.11	16	Chardon.	60	homog.

Tabla 1. Características de las parcelas seleccionadas.

En todos los casos se trata de viñedos ya establecidos en plena producción o en fase de alcanzarla.

Imagen de satélite: Para la selección de imágenes se planteó la selección entre una imagen del satélite LANDSAT 5 TM y el satélite IRS1D-LISIII. En base a las fechas de paso del satélite se procedió a la selección de la información proporcionada por el satélite IRS1D-LISIII con fecha 26 de julio.

Prospección de campo y toma de muestras: Con objeto de dar una correcta relación entre el estado de cada parcela y su firma espectral, la recolección de los datos parcelarios de cultivo, suelo (inclusive toma de muestras) y cubierta vegetal (inclusive toma de mues-

tras de hoja) se efectuó en idéntica fecha que la pasada de satélite.

En el caso de la cubierta parcelaria se procedió a la descripción de: humedad del suelo, color de la superficie, porcentaje de cobertura del suelo, presencia de rodales, laboreo, orientación de las filas, variedad, estado vegetativo, etc. Se procedió a la toma de muestras de hoja para su análisis.

En el caso del suelo se realizaron diversos sondeos en cada parcela para caracterizar a grandes rasgos las propiedades del suelo y se procedió a la toma de muestras en el horizonte superficial (0-25 cm).

Análisis de suelos y hojas: Los análisis de suelos y hojas se efectuaron de acuerdo con los Métodos Oficiales de Análisis (MAPA, 1995). En el caso de los suelos se procedió a la determinación de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbonatos, caliza activa, nitratos, fósforo, potasio, magnesio, hierro extraíble y granulometría. Adicionalmente se obtuvieron las clases texturales (UDSA), índice de poder clorosante e índice de estabilidad estructural.

En el caso de las muestras de hoja se procedió a la determinación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, hierro y manganeso

Tratamiento de imagen

La imagen adquirida fue georeferenciada en la zona de estudio utilizando como referencia el fichero gráfico de parcelas catastrales.

En cada una de las parcelas seleccionadas se realizó un estudio exhaustivo del comportamiento espectral para cada una de las bandas teniendo en cuenta las variaciones intraparcclarias.

Posteriormente se calculó para cada parcela el NDVI y se analizaron numérica y visualmente los resultados. Las salidas gráficas generadas fueron de gran interés para los viticultores de cara al manejo posterior de las parcelas.

RESULTADOS

Análisis de suelos: Los suelos presentan una importante heterogeneidad en su profundidad de enraizamiento, que oscila de 40 a más de 100 cm. Se trata de suelos básicos o ligeramente alcalinos, de no salinos a moderadamente salinos, niveles medio-bajos de materia orgánica y un contenido de carbonatos alto y regular (24-27%). Las clases texturales son francas o franco-limosas. Los índices de estabilidad estructural son de 1.5, alcanzándose en los suelos con menor materia orgánica índices de estabilidad estructural de 2.5.

A nivel de nutrientes, los nitratos oscilan mayoritariamente alrededor de 10 ppm. En el caso del fósforo

y potasio los valores medios respectivos son de 24 ppm y 149 ppm. La heterogeneidad de valores de nutrientes es moderada.

El índice de poder clorosante, factor importante en viñedo y, previsiblemente, con un fuerte impacto potencial en la firma espectral, oscila de 5 a 7 en cinco de seis parcelas.

Análisis de hojas: Los macronutrientes que presentan una mayor variabilidad son el potasio y el magnesio con un importante rango de contenidos en hoja. Los micronutrientes presentan un mayor grado de variación, atribuible en la mayor parte de los casos a los tratamientos fitosanitarios realizados.

Resultados espectrales: Las medias de las respuestas espectrales e índices de vegetación se presentan en la tabla 2.

Parc.	verde	rojo	NIR	SWIR	Ind.Veg.
P.29	104	76	142	174	0.30
P.7	118	91	144	191	0.23
P.6	101	65	158	163	0.41
P.15	115	89	138	194	0.21
P.28	95	66	127	129	0.31
P.11	95	66	116	147	0.27

Tabla 2. Medias de respuesta espectral de cada intervalo de lectura e índice de vegetación de cada parcela.

Igualmente se procedió a una analítica visual de cada una de las seis parcelas seleccionadas.

En el caso de las respuestas numéricas se observa un clásico patrón de respuesta espectral en vegetación en pleno desarrollo: un máximo relativo en intervalo del verde, un mínimo en el intervalo rojo y un máximo variable en el intervalo NIR.

Para el conjunto de 28 parcelas seleccionadas, eliminadas las parcelas con escasa cobertura vegetal a causa de su reciente plantación, las medias y desviaciones estandard son las siguientes:

- intervalo verde: 112 +/- 9
- intervalo rojo: 83 +/- 13
- NIR: 140 +/- 7
- SWIR: 180 +/- 11
- Índice de vegetación: 0.3 +/- 0.02

Relación entre respuestas espectrales y parámetros suelo-planta, los análisis intraparcclarios indican:

P.29.- El análisis visual resulta en una imagen relativamente heterogénea. El índice de vegetación es alto. El análisis de suelos refleja una cierta heterogeneidad que se refleja en el estado de la cubierta vegetal. En con-

junto la firma espectral de la vegetación sana parece dominar claramente a la respuesta espectral de la vegetación con problemas.

P.7.- La analítica visual indica una débil cobertura vegetal. El índice de vegetación es muy inferior a la media. El valor más elevado en el rojo indicaría un menor componente de vegetación activa. Los suelos son heterogéneos con problemas de encostramiento y salinidad.

P.6.- Presenta un alto índice de vegetación (0.41), particularmente debido al alto salto de respuesta espectral entre rojo y NIR. La respuesta en el NIR es muy semejante a la del SWIR. En esta parcela se obtiene el máximo de concordancia entre resultados analíticos de suelo, de hoja y respuesta espectral

P.28.- Se trata de una parcela en la que se pretendía evaluar la respuesta espectral en relación a la presencia de mildiu. El índice de vegetación es normal y el análisis visual refleja un estado de humedad alto, posiblemente a causa de la posición fisiográfica de la parcela. El bajo SWIR refleja una cobertura vegetal muy completa del suelo.

P.15.- La interpretación visual resulta homogénea. Presenta un bajo índice de vegetación. La respuesta en el SWIR es la más alta de todas las parcelas, lo que unido a la baja cobertura vegetal (50%), indicaría una fuerte presencia del factor suelo.

P.11.-. El análisis visual indica una tonalidad rojiza oscura que se relaciona probablemente con el estado de humedad del suelo en el momento de paso del satélite. El índice de vegetación es muy bajo y refleja, probablemente, una menor cobertura del suelo que la inicialmente estimada (50%).

CONCLUSIONES

Del análisis de la firma espectral promedio del viñedo de la zona objeto de estudio se puede concluir que:

* La respuesta espectral de una parcela es la suma de las respuestas espectrales del cultivo y de las propiedades del suelo.

* Las parcelas en mejores condiciones vegetativas, atribuibles a suelos homogéneos y con una gestión agronómica adecuada, presentan una firma espectral semejante a la promedio, con una profundización en el mínimo relativo de rojo y un salto importante en el NIR y con un valor semejante de SWIR y NIR.

* Las parcelas con escasa cobertura vegetal, o bien con un peso importante de problemas en la cobertura vegetal, se alejan del promedio obtenido en cualquiera de sus intervalos.

El análisis de hojas y suelos ha permitido detectar diversas problemáticas de suelos, que interactúan incluso simultáneamente. Las distorsiones respecto a la normalidad se traducen en problemas de tipo vegetativo que se reflejan en la cubierta vegetal y a su vez en el NDVI.

En el nivel actual de conocimientos y para la zona y cultivo objeto de estudio, no es posible establecer un "camino inverso" directo entre respuesta espectral y causa que la provoca.

BIBLIOGRAFÍA

- C. JÜRGENS, 1997. The modified normalized difference vegetation index (mNDVI)- a new index to determine frost damages in agriculture based on Landsat TM data. *Int. Journal of remote sensing*, 1997, vol 18 nº 17 (pag 3583-3594)
- FRANZEN, D. W., HOFMAN V. L., HALVORSON A. D., CIHACEK L. J. (1996). "Sampling for Site-Specific Farming: Topography and Nutrient Considerations". *Better crops/Vol. 80, No. 3*.
- ImagingNotes, Summer 1998 Vol. 13 nº 1 "Precision Farming, the view from above".
- M.A.P.A. (1994). "Métodos Oficiales de Análisis". Tomo III. Madrid.
- Spot Magazine April 1999 nº 30 (pg 17-18) "European farming is moving with the times".
- Spot Magazine April 1999 nº 30 (pg 19-20) "United States: Spot's watchful eye comes to the aid of farmers".
- Spot Magazine April 1999 nº 30 (pg 21-22) "Spot data used to monitor sugar cane crops".
- Spot Magazine 2th Semester 2000 nº 32 (pg 11-13) "Supporting sustainable Agriculture with Spot".
- Spot Imaging January-February 2000 (pg 18-21) "The art Winemaking".
- Spot Imaging January-February 2000 (pg 14-15) "6.000.000 and counting. Feeding a hungry world".

AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo agradecen a la sociedad Codorniu, S.A. el interés por el desarrollo de los trabajos y las facilidades ofrecidas en las fases de toma de datos en campo y discusión de resultados.