

SIG para el seguimiento vitícola y diferenciación de lotes de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España)

GIS to viticulture monitoring and grape blocks identification in the Designation of Origin Bierzo (León-Spain)

Tainy Catanzarite Torres¹, Ana Belén González Fernández¹, Francisco Julián Benavente Cobo¹, José Ramón Rodríguez Pérez¹

¹Grupo de Investigación GI202: Geomática e Ingeniería Cartográfica (Geoinca). Universidad de León. E.S.T. I.A. Avda. de Astorga s/n. 24400-Ponferrada (León). Tel: +34 987 442 000; Fax: +34 987 442 070

Contacto

José Ramón Rodríguez Pérez. E.S.T. Ingeniería Agraria. Universidad de León. Avda. de Astorga s/n. 24400-Ponferrada (León). Tel: +34 987 442 022. Fax: +34 987 442 070. Email: jrrodp@unileon.es

Resumen

El objetivo principal es demostrar la utilidad de gvSIG para la implementación de un sistema de viticultura de precisión. En este trabajo se presentan los primeros resultados de un sistema de asistencia al viticultor para la zonificación diferenciada de la vendimia, basado en la implementación de un sistema de información geográfica en los viñedos de la bodega Ribas del Cúa S.A. (D.O. Bierzo). Las fases de trabajo fueron: identificación de las variables de interés, diseño de la red de muestreo, toma de datos en campo, análisis de la información georreferenciada e identificación de áreas homogéneas en los viñedos. Las variables de interés más importantes son las referentes a la calidad del mosto (grado alcohólico probable, acidez total, etc.) y fueron determinadas siguiendo procedimientos oficiales de análisis. Para hacer estos análisis se tomaron muestras en cepas individuales distribuidas de forma regular por toda la viña; se tomó la posición de cada cepa de muestreo mediante un receptor GPS. Con el software gvSIG se creó una base de datos georreferenciada para almacenar información referente al terreno (pendiente, orientación, etc.), las características de cada cepa y los resultados de los análisis del mosto. A partir del análisis de esta información se ha zonificado el viñedo diferenciando, para cada variedad estudiada, dos áreas de calidades de mosto y otras dos diferenciando rendimiento de uva. De esta manera se producirán distintos tipos de vino en función de la demanda de los clientes de la bodega, y combinando distintas cantidades de uva de cada zona se podrán compensar los posibles desequilibrios de calidad o cantidad de mosto en las campañas venideras.

Abstract

The main objective is to demonstrate the usefulness of gvSIG for the application of a system of precision viticulture. This paper presents the first results of an assistance system for zoning vine blocks based on geographical information system in the vineyards of the winery Cua Ribas SA (D. O. Bierzo). The phases of work were: identifying the variables of interest, network design sampling, field data collection, analysis of geo referenced information and identification of homogeneous areas in the vineyards. The most important variables of interest were concerning the quality (probable alcoholic degree, total acidity, etc.). For these plot samples were taken in individual samples throughout the vineyard and taking the position by a GPS receiver. Using the software gvSIG a database was made to store information about the terrain (slope, orientation, etc.), characteristics of each vine and the results of the analysis grape juice. From the spatial analysis of

this information managements blocks has been differentiating into the vineyards, for each variety studied, two areas for grape quality and two differentiating grape yield. So the winemaker will made different types of wine (combining different grape juice from each block) depending on customer demand and correct any imbalances in quality or quantity of grape juice in the coming campaigns.

Palabras clave: viticultura de precisión; geomática aplicada a la viticultura; bloques de vendimia.

Key words: precision viticulture; geomatics applied to viticulture; harvesting blocks.

Agradecimientos

Este trabajo ha podido ser desarrollado gracias a la financiación del proyecto *GEOVID* (Aplicación de la geomática -Sistemas de Información Geográfica y teledetección de alta resolución espacial y espectral- para la estimación de variables productivas y de calidad de la vid), financiado por el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL). El otro factor determinante para el desarrollo del proyecto ha sido la colaboración de la bodega Ribas del Cúa S.A. (<http://www.ribasdelcua.com/>) que ha cedido sus viñedos, instalaciones y personal.

1. Introducción

Para la producción de vino diferenciado es fundamental el conocimiento de la variabilidad espacial de parámetros relacionados con la cantidad y calidad de uva en el viñedo. Una viña suele tener las mismas características ambientales (clima, topografía...) culturales, varietales... en toda su superficie pero la uva producida difiere tanto en cantidad como en calidad de una zona a otra, por lo que se pueden distinguir distintos bloques homogéneos dentro de la misma viña.

Algunos autores han tratado de evidenciar la relación existente entre los vinos producidos y el tipo de suelo de la viña de la que proceden. De Andrés-de Prado et al. (2007) relacionaron las características de los mostos (pH, acidez total y contenido en azúcares) y vinos (grado alcohólico, acidez y color) y variables del suelo como pH, materia orgánica, nitrógeno total, etc.... Así se consigue una buena caracterización de los viñedos pero exige hacer microvinificaciones, que están condicionadas a las características climáticas anuales y a los procedimientos de elaboración.

Los nuevos países productores de vino como Australia, Chile, EEUU, Nueva Zelanda y Sudáfrica, usan técnicas de interpolación espacial para conseguir mapas que permitan identificar bloques homogéneos dentro de una misma parcela. Uno de los países más avanzados en este tipo de técnicas es Australia, donde se han desarrollado protocolos para hacer mapas continuos en de rendimiento de uva a partir de información puntual (Brambley y Willliams, 2001), parámetros de maduración y calidad de uva (Brambley, 2005), relación suelo/uva (Brambley, 2001), entre otros. Se han realizado trabajos similares en Chile en los que se caracterizan suelos de viña (Flores, 2005), se definen metodologías para hacer mapas de rendimiento de uva (Esser y Ortega, 2002) y parámetros de calidad de uva relacionados con parámetros edáficos (Esser et al., 2002). Asimismo también se han desarrollado trabajos de viticultura de precisión en España en los que se elaboraron mapas de rendimiento, análisis químicos de peciolos de hoja de vid y tratando de relacionarlos con imágenes de satélite (Arnó et al., 2005).

La agricultura de precisión está soportada por teledetección (Hall et al., 2002), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y receptores GPS; cada vez se adapta a más cultivos y entre ellos la vid (Bramley, 2000; Esser et al., 2002). En viticultura las técnicas más empleadas se centran en la identificación y localización puntual de las variaciones de vigor y niveles de estrés en la viña, así como su correlación con la topografía del terreno. El viticultor cuenta así con información de lo que ocurre en cada bloque de viña y con la antelación suficiente para poder actuar antes de producirse

cualquier pérdida.

La viticultura de precisión se basa en la utilización de monitores de rendimiento y calidad, incorporados a cosechadoras mecánicas. La producción vitícola se considera un sistema con sus entradas (nutrientes, agua, etc.) y salidas (uvas y vino), controladas por el viticultor para atender la demanda del mercado (Bramley y Hamilton, 2004). El proceso será más eficiente cuanto mejor se controlen las entradas y salidas, cuanto mejor sea la información introducida en el sistema (Bramley, 2000; Esser et al., 2002; Esser y Ortega, 2002). En cada parte de la viña se deben aportar los input necesarios (fertilizantes, pesticidas, labores, etc.) en función de los resultados obtenidos o esperados (output).

La agricultura de precisión implica un sistema cíclico de recogida de datos (mediante observaciones de campo), interpretación y análisis de los datos recogidos (mediante herramientas SIG) e implementación de métodos de cultivo para conseguir los objetivos planteados (calidad y cantidad de uva y vino). Hay numerosos ejemplos de trabajos de investigación en los que se demuestra la utilidad de este sistema (Bohleet al 2008; Morais et al., 2008; Matese el al., 2009).

El objetivo principal de este trabajo consiste en desarrollara una metodología para la definición de bloques homogéneos de viñedo. Esta debe basarse en software informático de libre difusión y de fácil utilización por usuarios no especializados. Asimismo en este artículo se validará el protocolo propuesto en unos viñedos de la Denominación de Origen Bierzo (DO Bierzo).



Figura 1. Parcelas de estudio: Bodega Ribas del Cúa, S.A. Cacabelos, León (con ortofotografía en color verdadero facilitada por el ITACyL: http://www.itacyl.es/opencms_wf/opencms/informacion_al_ciudadano/wms/index.html)

2. Zona de estudio

El estudio se realizó en cuatro parcelas de vid situadas en el municipio de Cacabelos (DO Bierzo). Dichas parcelas pertenecen a la empresa Ribas del Cúa S.A. La bodega y sus viñedos están situadas

entre las coordenadas 4720400(N), 4719500(S), 687600(O) y 688800(E) (Coordenadas WGS84 proyectadas en UTM-29T) ocupando una superficie aproximada de 40 ha. Dentro de los viñedos se seleccionaron cuatro bloques (con variedades de vid diferentes) en los que se seleccionaron las cepas de muestreo. Dentro de cada bloque se seleccionaron unas líneas (una de cada diez) y dentro de cada línea se marcaron las cepas (una de cada veinte), definiendo una malla regular rectangular con una separación media entre cepas de 20 x 29 m, muestreándose unas 23 cepas/ha. En la Figura 1 se representan los viñedos de la bodega, las parcelas seleccionadas para este trabajo y la posición de las parcelas muestreadas. En la Tabla 1 se caracterizan cuantitativamente las cepas de muestreo en cada parcela de estudio.

Tabla 1. Características de los muestreos en cada bloque de viña

Variedad	Nº Líneas	Nº Cepas	Superficie (m ²)	Perímetro (m)
Mencia	5	45	32128	729,2
Cabernet Sauvignon	5	47	30687,9	716,7
Merlot	7	27	19253,7	660,5
Tempranillo	8	43	29455,4	749,3

3. Metodología

Para conseguir el objetivo planteado se ha seguido una metodología estructurada en las siguientes fases: toma de datos en las parcelas de trabajo, creación de la base de datos georreferenciada, análisis de la información y delimitación de las parcelas en bloques homogéneos.

3.1. Toma de datos en las parcelas de trabajo

En cada parcela de estudio se marcaron cepas individuales haciendo un muestreo regular seleccionando una de cada diez líneas y dentro de cada línea se utilizó una de cada veinte cepas. El total de cepas muestreadas en cada parcela se indica en la Tabla 1.

Las coordenadas de cada cepa se midieron con un par de receptores GPS centimétricos (marca Topcon, modelo Hiper+) trabajando en RTK. La localización de cada cepa puede verse en la Figura 1.

Durante la semana del 21 al 25 de septiembre de 2009 se tomaron muestras de uva en cada cepa seleccionada y se determinaron variables de interés vitivinícola desde el punto de vista cualitativo y desde una perspectiva cuantitativa.

Para realizar los análisis se tomaron muestras de uvas de cada cepa de las cuales se extrajo el mosto y se analizó el grado alcohólico probable (GAP), pH, acidez total (AT), índice de polifenoles totales (ITP) y tonalidad e intensidad colorante (I). Todos los análisis se hicieron siguiendo los métodos oficiales descritos en Reglamento (CEE) N° 2676/90 de la Comisión de 17 de septiembre de 1990, por el que se determinan los métodos de análisis comunitarios aplicables en el sector del vino. Asimismo también se calculó el peso medio de una baya, el peso medio de un racimo y el peso total de uvas en cada cepa.

El GAP es el parámetro más importante para decidir la época de vendimia ya que es una estimación del contenido de azúcar fermentable de la baya, por lo que determina el grado alcohólico que tendrá el vino y condiciona los procesos de fermentación. Se determinó por refractometría y se expresa como % vol (a 20°C).

La AT es la suma de los ácidos valorables del mosto cuando se llevan a pH neutro. Los ácidos más

frecuentes son el tartárico, málico y láctico, que influyen en las características organolépticas del vino, además la síntesis de azúcar a partir de ácido málico, los fenómenos de dilución y por último la migración de bases procedentes de las raíces. Para su determinación se realizó una valoración ácido-base utilizando hidróxido sódico (0,1N) y Azul de bromotinol (0,4%) como indicador. Los resultados se expresan el g/L de ácido tartárico.

El pH es una de las determinaciones más importantes ya que ejerce influencia sobre la presencia de microorganismos, sobre el matiz del vino, el sabor, potencial redox, sobre la razón sulfuroso libre/sulfuroso combinado, etc. Es por esto que se debe tomar en cuenta la evolución del pH durante la maduración y especialmente en el momento de cosecha. Se midió mediante un potenciómetro con electrodo calibrado específico para mosto.

El ITP influye sobre las características organolépticas del vino (sobretudo sabor). Se midió la absorbancia del mosto a 280 nm, ya que es donde el núcleo bencénico de los polifenoles muestra su máximo.

La medida del color del mosto es importante ya que influye en el color del vino. Se midió la absorbancia dentro de espectro visible (420, 520 y 620 nm). Con la suma estos valores se obtuvo la intensidad colorante (índice de color o puntos de color). La tonalidad es la relación entre los valores de la absorbancia a 420 y 520 nm.

También se realizaron otras mediciones como el peso medio de cada baya, el número de racimos por cepa, el peso de la vendimia, cálculo del área foliar, contenido en agua de las hojas análisis foliares... aunque no se tendrán en cuenta para el trabajo aquí expuesto.

3.2 Creación de la base de datos georreferenciada

Con ayuda del software gvSIG se creó un proyecto (archivo *.gvp) en el que se representaron las cepas seleccionadas mediante sus coordenadas (utilizando la opción *Vista/Añadir capa de eventos*) y se creó un archivo en formato *shape*. Se utilizó como CRS (sistema de referencia de coordenadas) el EPSG:25929 (ETRS89/UTMzone29N), puesto que las ortografías más recientes utilizan ese sistema.

Las variables de cualitativas se obtuvieron analizando el mosto con los métodos de análisis oficiales ya indicados. Las propiedades cuantitativas se determinaron pesando las uvas y contando los racimos de cada cepa. Esta información se guardó en una hoja de cálculo ODF (OpenOffice3.org Calc, Sum Microsystems Inc.); este archivo fue transformado al formato *.dbf para añadirlo como *tabla* al proyecto *.gvp.

Se añadieron todos los datos de las variables de interés a la capa con la localización de cada parcela, utilizando la opción *Tabla/Unir*. Es esta forma se obtuvo una nueva capa georreferenciada con la información temática de interés para la viticultura de las parcelas estudiadas.

3.3. Análisis de la información

La capa georreferenciada con toda la información se superpuso sobre las ortofotografías para poder visualizar la variabilidad espacial de cada parámetro cualitativo y cuantitativo. Con esta información y con la experiencia del propietario de las viñas, se desarrollaron dos modelos de valoración: uno en función de criterios de calidad (en el que la variable más importante fue el GAP) y otro con criterio de cantidad producida (basado en el peso de uva vendimiada en cada cepa).

3.4. Delimitación de las parcelas en bloques homogéneos

A partir del análisis explicado en el epígrafe anterior, se hizo una delimitación de bloques

homogèneos en cada parcela estudiada. Cada bloque homogèneo podrà ser tractat amb tècniques vitícola diferenciades o podrà ser cosechado en diferents dates per aconseguir els tipus de vi ofertats per la bodega.

4. Resultados y discusión

Con los datos tomados en las 162 cepas se ha realizado un análisis de las parcelas en función de la calidad y la cantidad de la uva de cada cepa. Para cada uno de estos parámetros se ha realizado una zonificación de cada parcela en dos clases dependiendo de si el valor de calidad o cantidad de las cepas de esa zona es superior o inferior al promedio de cada parcela. Por lo tanto se han podido definir una serie de bloques que permiten distinguir zonas homogéneas dentro de cada variedad; así se podrá actuar sobre cada zona independientemente de la forma que el viticultor considere más adecuado.

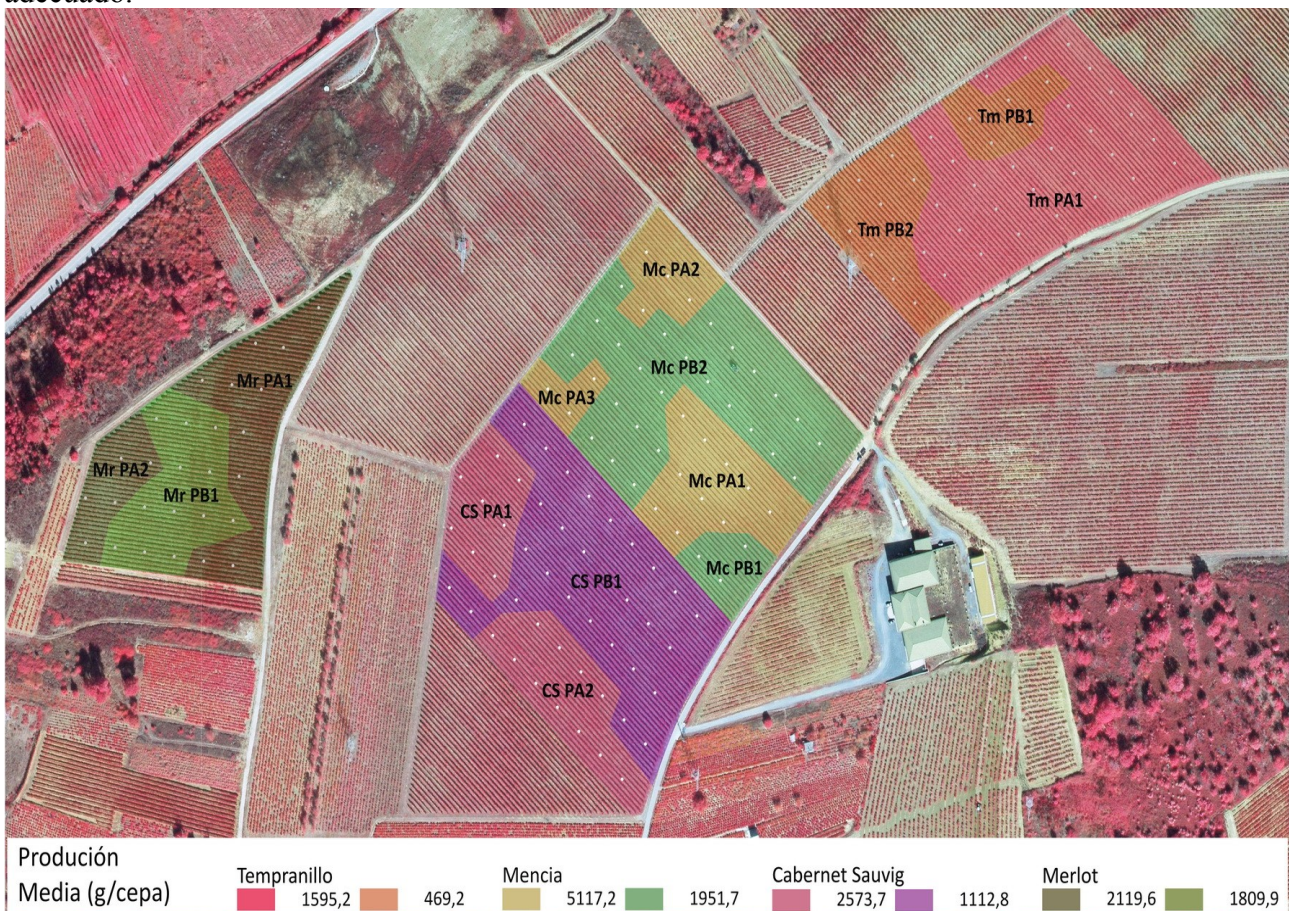


Figura 2. Zonificación de las parcelas de vid en función de la cantidad de uva producida (sobre ortofotografía en falso color-Infrarrojo facilitada por el ITACyL:

http://www.itacyl.es/opencms_wf/opencms/informacion_al_ciudadano/wms/index.html)

En la Figura 2 se representa la zonificación en función de la cantidad de uva de cada cepa y en la Tabla 2 se muestran los valores característicos de cada bloque. En cualquiera de las parcelas se pueden distinguir bloques homogéneos en función del peso. Estas diferencias se deben fundamentalmente a las características del terreno (topografía, textura, composición química...) que condicionan la producción por carencia de algún elemento esencial o de agua (Flores 2005). El objetivo de esta zonificación es identificar los bloques de menor producción para que mediante labores de cultivo específicas se pueda mejorar el rendimiento y conseguir una producción regular en cada bloque y parcela.

Tabla 2. Caracterización de los bloques en función de la producción de uva

Variedad	Bloque	Producción media (g/cepa)	Área (m ²)	Perímetro (m)
Mencia	Mc_PB1	1951,7	2397,5	198,2
	Mc_PA1	5117,2	7364,8	387
	Mc_PB2	1951,7	17294,2	833,4
	Mc_PA2	5117,2	3471	260,2
	Mc_PA3	5117,2	1642,4	190,2
Cabernet S.	CS_PA1	2573,7	4804	279,6
	CS_PA2	2573,7	6581,1	396,1
	CS_PB1	1112,8	19286,7	832,8
Merlot	Mr_PB1	1809,9	7380,1	399,2
	Mr_PA1	2119,6	8576,5	617,6
	Mr_PA2	2119,6	3303	267,2
Tempranillo	Tm_PB1	469,2	3211,7	253,1
	Tm_PB2	469,2	6634,1	383,2
	Tm_PA1	1595,2	19598,2	852,0



GAP Medio (%) Tempranillo 12,6 15 Mencia 12,2 14,8 Cabernet Sauvign 13,8 12,1 Merlot 13,6 15,2

Figura 3. Zonificación de las parcelas de vid en función de la calidad del mosto (sobre ortofotografía en color verdadero facilitada por el ITACyL: http://www.itacyl.es/opencms_wf/opencms/informacion_al_ciudadano/wms/index.html)

En la Figura 3 se muestra la división en bloques según los parámetros de calidad del mosto. Para esta segunda zonificación el parámetro con más importancia fue el GAP, coincidiendo con el criterio de otros trabajos similares (Bramley y Hamilton 2004; Bramley 2005). Como era de esperar, observando las Figuras 2 y 3 puede verse que hay una relación inversa entre la cantidad de uva y el GAP. Por tanto debe ser el gestor de la bodega quien debe decidir si le interesa más aumentar la producción para conseguir un mayor volumen de cosecha o centrarse en mejorar la calidad del mosto para producir vinos de mayor calidad, que alcanzan un mayor precio en el mercado.

La Tabla 3 se muestra los valores promedio del GAP de cada bloque. Con esta información se pueden establecer las zonas de uva que pueden ir destinadas a vinos de mayor calidad (como los bloques Mc_GA1, Mc_GA2, CS_GA1, Mr_GA1, Tm_GA1, TmGA2, Tm_GA3) mientras que las uvas de los bloques con menor GAP tendrán más limitaciones a la hora de conseguir vinos diferenciados. Si los objetivos marcados se centran en la producción de vinos de calidad, en los bloques Mc_GB1, CS_GB1, CS_GB2, Mr_GB1, Tm_GB1, se deberían intensificar los estudios del suelo y material vegetal para identificar las causas del bajo GAP. En las parcelas de Merlot y Cabernet se pueden ver bloques bien diferenciados respecto a la calidad del mosto; en las variedades Mencía y Tempranillo, esa diferenciación no es tan clara (Figura 3).

Un problema operativo de esta diferenciación por calidad se produce a la hora de vendimiar: ya que en los viñedos estudiados la uva se recoge con vendimiadora (recolecta la uva forma continua en cada línea de cepas) y si el bloque es pequeño (como los bloques Mc_GA1, TmGA2, TmGA3) no es factible usar la vendimiadora. Para solventar este problema se propone que estos bloques de pequeño tamaño se vendimien de forma manual y antes del paso de la máquina vendimiadora. Tanto en Mencía como en Tempranillo se diferencia bien los bloques (como Mc_GB1, Mc_GA2, Tm_GB1 y Tm_GA1), por lo que su recolección diferenciada con la vendimiadora se podría hacer sin grandes inconvenientes.

Tabla 3. Caracterización de los bloques en función del GAP

Variedad	Bloque	GAP medio (%)	Área (m ²)	Perímetro (m)
Mencía	Mc_GB1	12,2	21491,2	1021
	Mc_GA1	14,8	1173,2	142,2
	Mc_GA2	14,8	9463,6	445,2
Cabernet S.	CS_GB1	12,1	498,4	356,8
	CS_GB2	12,1	8611	464,6
	CS_GA1	13,8	17978,6	553,6
Merlot	Mr_GA1	15,2	8917,8	383
	Mr_GB1	13,6	10636	577,2
Tempranillo	Tm_GB1	12,6	20244,8	1025,3
	Tm_GA1	15	3607,9	305,6
	Tm_GA2	15	2653,5	209,9
	Tm_GA3	15	2949,2	312

Como se puede apreciar en la Figura 3 la parcela de Merlot es la que presenta dos bloques claramente diferenciados de tamaño similar para calidad (Mr_GA1, Mr_GB1); sin embargo esta diferenciación en cuanto a la cantidad de uva no es tan marcada puesto que se pueden diferenciar tres bloques (Mr_PB1, Mr_PA1, Mr_PA2). En esta parcela sería recomendable uniformizar la

producción y conseguir los resultados del bloque Mr_PA1 (Figura 2) en el que se consiguen un buen valor de GAP (Figura 3) con alta productividad.

Algo similar ocurre en la parcela de Cabernet, en la que para cada criterio se puede diferenciar tres bloques en función de la calidad (CS_GA1, CS_GB1, CS_GB2) y de cantidad (CS_PA1, CS_PB1, CS_PB2) de uva recogida; además el área que ocupan estos bloques es similar. A la vista de los resultados, para este bloque se recomendaría hacer los tratamientos necesarios para que en la cosecha venidera se pudieran definir dos bloques: uno de mayor calidad (en la zona central, noreste y este: coincidente con los bloques CS_GA1 y CS_PB1) y otro de mayor productividad (en la zona sur, oeste y noroeste: coincidente con los bloques CS_PA1, CS_PA2 y CS_PB1, CS_PB1).

Los resultados en las parcelas de Mencía y de Tempranillo son más heterogéneos. En calidad se pueden observar dos grandes bloques en cada parcela de baja calidad (Figura 3: Mc_GB1 y Tm_GB1), mientras que los bloques de alta calidad ocupan un área muy pequeña dentro de la una de las parcelas (Figura 3: Mc_GA1, Mc_GA2, Tm_GA1, Tm_GA2, Tm_GA3). Además estos bloques están diseminados por las parcela por lo que es más difícil hacer una vendimia diferenciada. Algo similar ocurre para la cantidad de uva, ya que los bloques menos productivos ocupan casi toda la parcela tanto de Mencía (Figura 2: Mc_PB1, Mc_PB2) cómo de Tempranillo (Figura 2: Tm_PB1, Tm_PB2). Por lo tanto, en ambas parcelas, antes de tratar de diferenciar lotes homogéneos de uva sería recomendable aplicar técnicas de cultivo diferenciadas para lograr uniformizar la calidad y productividad de uva. Es recomendable hacer estudios en mayor profundidad para la parcela de Mencía, ya que esta variedad permite elaborar vinos para la D. O. Bierzo de mayor beneficio económico.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado una metodología que permite hacer una zonificación de viñedos mediante la utilización de software de libre difusión (gvSIG). Se proponen dos tipos de zonificación, una con criterios productivos y otra con criterios de calidad, pero ambas se basan en parámetros que habitualmente se determinan antes de decidir la fecha adecuada para la vendimia. Por tanto cualquier viticultor puede poner en marcha este sistema en sus viñedos puesto que se basa en software informático sin coste y la utilización de información sobre cantidad y calidad de la uva para la representación de su variabilidad espacial. Conociendo la variabilidad espacial de la calidad del mosto y de la cantidad de uva para una campaña vitícola, el viticultor podrá actuar de forma diferenciada en cada bloque y así disminuir costes y lograr los objetivos propuestos para la siguiente campaña.

Como línea futura de trabajo se plantea utilizar software sobre dispositivos PDA (gvSIG mobile) para la captura de información espacial, características de la uva en el campo y de forma simultánea.

6. Referencias Bibliográficas

- Arnó, J., Martínez-Casasnovas, J.A., Blanco, R., Bordes, X., Esteve, J. (2005), "Viticultura de precisión en Raimat (Lleida). Experiencias durante el período 2002-2004", ACE: Revista de Enología, n °64. http://www.acenologia.com/ciencia73_01.htm fecha de consulta: noviembre 2009.
- Bohle, C., Maturana, S., Vera, J. (2008), "A robust optimization approach to wine grape harvesting scheduling", *European Journal of Operational Research*, 200 (1), p. 245–252.
- Bramley, R.G.V. (2000), "Measuring within vineyard variability in yield and quality attributes", en Lamb, D.W. (ed). *Vineyard monitoring and management beyond 2000. Final report on a workshop investigating the latest technologies for monitoring and managing variability in vineyard*

productivity. Cooperative Research Centre for Viticulture / National Wine Grape Industry Centre, Charles Sturt University, Wagga Wagga, Australia, p. 8-14.

Bramley, R.G.V. (2001), "Research supporting the development of optimal resource management for grape and wine production", en Bramley, R.G.V. (ed). *Precision Viticulture-Principles, opportunities and applications*. (Technical Conference. Workshop W14). Australian Wine Industry, Adelaide, Australia, p. 29-33.

Bramley, R.G.V. (2005), "Understanding variability in winegrape production systems 2. Within vineyard variation in quality over several vintages", *Australian Journal of Grape and Vine Research*, 11, p. 33-42.

Bramley, R.G.V. Hamilton, R.P. (2004), "Understanding variability in winegrape production systems 1. Within vineyard variation in yield over several vintages", *Australian Journal of Grape and Vine Research*, 10 (1), p. 32-45.

Bramley, R.G.V. Williams, S.K. (2001), "A protocol for the construction of yield maps from data collected using commercial available yield monitors", Cooperative Centre for Viticulture and CSIRO Land and Water, Adelaide, Australia, p. 22.
http://www.cse.csiro.au/client_serv/resources/crcvyield_mapping_protocol.pdf fecha de consulta: noviembre 2009.

De Andres-De Prado, R., Yuste-Rojas, M., Sort, X., Andres-Lacueva, C., Torres, M., Lamuela-Raventos, R.M. (2007), "Effect of soil type on wines produced from vitis vinifera L. Cv. Grenache in Commercial Vineyards", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55 (3), p. 779-86.

Esser, A., Ortega, R. (2002), "Aplicaciones de la viticultura de precisión en Chile: Estudio de casos", *Agronomía y forestal UC*, 17, p. 17-21.

Esser, A., Ortega, R., Santibáñez, O. (2002), "Viticultura de precisión: Nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia productiva en viñas", *Agronomía y forestal UC*, 15, p. 4-9.

Flores, L.A (2005), "Variabilidad espacial del rendimiento de uva y calidad del mosto en cuarteles de vid cv.Cabernet Sauvignon y Chardonay en respuesta a la variabilidad de algunas propiedades del suelo", *Agricultura Técnica*, 62 (2), p 210-220.

Hall, A., Lamb, D.W., Holzappel, B., Louis, J. (2002), "Optical remote sensing applications in viticulture. A review", *Australian Journal of Grape and Vine Research*, 8 (1), p. 36-47.

Matese, A., Di Gennaro, S.F., Zaldei, A., Genesio, L., Vaccari, F.P., (2009), "A wireless sensor network for precision viticulture: the NAV system", *Computers and Electronics in Agriculture*, 69, p. 51-58.

Morais, R., Fernandes, M.A., Matos, S.G., Serôdio, C.(2008), " A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture", *Computers and Electronics in Agriculture*,62, p. 94-106.