

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

UNA METODOLOGÍA APOYADA EN SIG PARA EL SEGUIMIENTO VITÍCOLA Y LA DELIMITACIÓN DE ZONAS HOMOGÉNEAS DE VENDIMIA EN LA D.O. BIERZO (LEÓN-ESPAÑA)

ANA BELÉN GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ ¹, TAINY CATANZARITE TORRES ², JOSÉ RAMÓN RODRÍGUEZ-PÉREZ ³

Grupo de Investigación GI202: Geomática e Ingeniería Cartográfica (Geoinca)
Universidad de León. ESTI Agraria. Avda. de Astorga s/n. 24400-Ponferrada, León, España.

¹ anabelengf@yahoo.es; ² tainyct@gmail.com; ³ jr.rodriguez@unileon.es

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue crear un sistema de asistencia al viticultor para la zonificación de viñedos en función de criterios de calidad del mosto y peso de uva, basado en un Sistema de Información Geográfica (*software* gvSIG) y evaluación multicriterio. El proceso metodológico siguió cuatro etapas: toma de datos, creación de la base de datos georreferenciada, análisis espacial de la información y delimitación e identificación de las zonas homogéneas. Los resultados permitieron hacer tres zonificaciones diferentes basadas, respectivamente, en calidad del mosto, cantidad de uva y combinación de ambos criterios. En cada viñedo se diferenciaron zonas con tres calificaciones diferentes: primera, segunda y tercera, según si la calidad del mosto y la cantidad de uva sean elevadas, intermedias o bajas. Cada una de las zonas delimitadas en el análisis podría ser tratada con técnicas vitícolas diferenciadas para conseguir los tipos de vino ofertados por la bodega.

Palabras clave: viticultura de precisión, geomática aplicada a la viticultura, zonificación de vendimia.

GIS AIDED METHOD FOR VITICULTURE MONITORING AND ZONING BLOCKS OF HARVESTING IN THE DESIGNATION OF ORIGIN BIERZO (LEÓN-SPAIN)

ABSTRACT

The aim of this work was to set up a system to zoning grape harvest based on a Geographic Information System using gvSIG and multi-criteria evaluation. The most important variables of interest were those concerning both the quality and amount of the harvested grapes. Methodological steps were: data collection, creation of geo-referenced database, spatial analysis and zoning. The vineyards were zoning by three different criteria: grape juice quality, amount of grapes harvested

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

and both criteria. Each zone into the vineyard was classified by three different levels (high, intermediate or low) depending on the quality and quantity of grape juice. Using the zoning-maps, winemaker would blend grapes to offsetting any imbalances in quality or quantity in order to obtain the different types of wine demanded by the customers of the winery.

Keywords: precision viticulture, geomatics applied to viticulture, harvesting blocks.

1. Introducción y antecedentes

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 similares características climáticas, topográficas, culturales, varietales, etc., en toda su superficie, pero la uva producida difiere tanto en cantidad como en calidad de una zona a otra. Identificar bloques homogéneos dentro de una misma viña puede contribuir a mejorar la calidad y/o cantidad de vino según las necesidades de la bodega.

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 este tipo de estudios 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, EE.UU., 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 generar mapas continuos de rendimiento de uva a partir de información puntual (Brambley y Williams, 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). Arnó *et al.* (2005) generaron mapas de rendimiento y del estado nutricional de las cepas (a partir de análisis químicos de pecíolos) y los relacionaron con imágenes multiespectrales para su integración en uno de los primeros sistemas de viticultura de precisión aplicado en nuestro país.

La agricultura de precisión se apoya en la Teledetección (Hall *et al.*, 2002), los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y receptores GPS. Estas técnicas se han adaptado al cultivo de la vid, creando la viticultura de precisión (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

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

cuenta, así, con información de lo que ocurre en cada bloque de viña 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, es decir, 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 *inputs* necesarios (fertilizantes, pesticidas, labores, etc.) en función de los resultados obtenidos o esperados (*output*).

La viticultura de precisión implica un sistema cíclico de recogida de datos (mediante observaciones de campo o mediante sensores aerotransportados o a bordo de satélites), 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 (Bohle *et al.*, 2008; Morais *et al.*, 2008; Matese *et al.*, 2009).

El objetivo principal de este trabajo consiste en desarrollar una metodología para la identificación y definición de bloques homogéneos (criterios de calidad del mosto y cantidad de uva) de viñedo. Ésta se basará en la utilización de herramientas SIG y evaluación de variables de interés vitivinícola. En este artículo se explica la metodología y los resultados obtenidos en su aplicación a unos viñedos situados en la Denominación de Origen Bierzo (DO Bierzo).

2. Material y métodos

2.1. Zona de estudio

El estudio se hizo en viñas propiedad de la empresa Ribas del Cúa S.A., situadas en el municipio de Cacabelos (DO Bierzo). La propiedad de la empresa ocupa unas 40 ha situadas entre las coordenadas 4720400(N), 4719500(S), 687600(O) y 688800(E) (coordenadas ETRS89/UTMzone29N). Todas las viñas están formadas en espaldera. El marco de plantación es de 2,80 m entre líneas y 1,10 m entre cepas. Dentro de los viñedos se seleccionaron cuatro parcelas (con variedades diferentes: *Cabernet Sauvignon*, *Mencía*, *Merlot* y *Tempranillo*) en las que se seleccionaron las cepas de muestreo. En la [figura 1](#) se representan los viñedos de la bodega, las parcelas seleccionadas para este trabajo y la posición de las cepas muestreadas.

2.2. 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 espacial de la información y delimitación e identificación de las zonas homogéneas en cada parcela.

2.2.1. Toma de datos en las parcelas de trabajo

A) Diseño de muestreo

Dentro de cada parcela de estudio se seleccionaron líneas (una de cada diez) y, dentro de cada línea, se marcaron las cepas (una de cada veinte), definiendo una malla regular con una separación media entre cepas de 20 x 29 m, muestreándose unas 14 cepas/ha. En la [tabla 1](#) se indican las características del muestreo de cepas en cada variedad.

B) Obtención de coordenadas

Las coordenadas de cada cepa se midieron con un par de receptores GPS de precisión centimétrica (marca Topcon, modelo Hiper+) trabajando en tiempo real (*Real Time Kinematic - RTK*); uno de los receptores se mantuvo posicionado en una localización de coordenadas conocidas y el otro receptor se usó para medir las coordenadas en el centro de cada cepa.

La localización de cada cepa puede verse en la [figura 1](#).

C) Análisis de mosto y producción

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 cuantitativo.

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 (**IPT**) e intensidad colorante (**I**). Todos los análisis se hicieron siguiendo los métodos oficiales descritos en el 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 (**PMB**) y el peso total de uvas (**PTU**) en cada cepa. Las variables utilizadas para evaluar la calidad fueron el **GAP**, pH, **AT**, **IPT** e **I**. El **PTU** y el **PMB** se definieron como variables cuantitativas.

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

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. La **AT** es la suma de los ácidos valorables del mosto (tartárico, málico y láctico) cuando se llevan a pH neutro. 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. El **ITP** influye sobre las características organolépticas del vino (sobre todo sabor); se midió la absorbancia del mosto a 280 nm. Para determinar el color del mosto se midió la absorbancia dentro de espectro visible a 420, 520 y 620 nm, siendo **I** el valor de la suma de las tres absorbancias.

Para estimar el potencial productivo de los viñedos es necesario conocer el **PTU** y el **PMB**. De este modo se conocerá si la cepa está equilibrada, es decir, si su estado vegetativo es adecuado para los objetivos de producción. Una planta con poco vigor tendrá pocas yemas brotadas, pámpanos delgados con entrenudos cortos, provocando que este tipo de cepas produzcan bayas y hojas pequeñas. En una planta con mucho vigor las características serán opuestas a la anterior, pero también producirá mosto de baja calidad. Por lo que interesa mantener la planta en un estado de vigor intermedio para producir mosto que podrá ser usado en la elaboración de vinos de calidad.

2.2.2 Creación de la base de datos georreferenciada

Con ayuda del *software* gvSIG se creó un proyecto en el que se representaron las cepas seleccionadas mediante sus coordenadas y se creó un archivo en formato *shape*. Se utilizó como sistema de referencia de coordenadas (CRS) el EPSG: 25929 (ETRS89/UTMzone29N). Los valores de las variables cualitativas (**GAP**, pH, **AT**, **ITP** e **I**) y cuantitativas (**PMB** y **PTU**) se almacenaron en una hoja de cálculo ODF (*OpenOffice*, Sum Microsystems Inc.); este archivo fue transformado al formato *.dbf* (formato usado por el *software* gvSIG para tablas de datos).

Se añadieron todos los datos de las variables de interés a la capa con la localización de cada cepa mediante conexiones relacionales entre tablas; de esta forma, se obtuvo una nueva capa georreferenciada con la información temática de interés para la viticultura de las parcelas estudiadas.

2.2.4. Análisis espacial de la información

La zonificación se hizo mediante la evaluación de la aptitud para la producción vitícola de cada parcela de estudio, siguiendo una metodología similar a la evaluación multicriterio (EMC). Barredo (1996) y Santos y Borderías (2002) definen la EMC como un conjunto de técnicas que permiten ayudar en los procesos de tomas de decisión, estudiando varias alternativas mediante múltiples criterios y objetivos en conflicto. El objetivo principal de la EMC aplicada en este trabajo fue la delimitación de zonas homogéneas en cada parcela en función de los parámetros de calidad del mosto y cantidad de uva. Los criterios de la EMC fueron las variables vitivinícolas.

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

Cada criterio o variable se representó mediante una capa raster con un tamaño de celda de 5x5m. Cada capa raster se obtuvo mediante interpolación espacial a partir de los datos puntuales de los muestreos. Atendiendo a los resultados obtenidos durante otras campañas en esas mismas zonas (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2008), las interpolaciones espaciales se hicieron mediante "krigeado" (*kriging*), ajustando los semivariogramas a funciones esféricas y con distancia de análisis próxima a la distancia entre puntos de muestreo (lag=30 m). Por tanto, cada criterio se representó mediante una capa georreferenciada.

El paso siguiente consistió en la definición de categorías y asignación de valores cuantitativos a cada categoría de cada criterio. Para cada criterio se establecieron tres categorías: superior, media e inferior. La decisión de establecer tres categorías se debió a que los resultados serán de aplicación práctica para los viticultores, por lo que se necesita establecer un número limitado de categorías que faciliten su aplicación en la zona de estudio. El centro del intervalo de la categoría media se corresponde con su media aritmética y los límites con los intervalos de las clases superior e inferior se fijan a 1,5 veces la desviación típica para asegurar que estas clases engloben los casos con valores superiores e inferiores al promedio. De esta forma se podrán establecer las tres categorías para cada criterio siguiendo las mismas pautas. Una vez fijadas las categorías se asignaron los valores 3, 2 y 1 a los píxeles de las categorías superior, media y inferior, respectivamente, siendo el intervalo de la categoría superior igual a la media + 1,5 desviaciones típicas y el de la inferior a la media - 1,5 desviaciones típicas. No se pueden establecer valores fijos para diferenciar cada categoría puesto que estos variarán en función de cada variedad, época de muestreo o campaña vitícola.

Para la asignación de valores respecto al **GAP** se consideró que la mayor velocidad de acumulación de azúcar se produce en el momento del envero, disminuyendo durante la maduración y llegando a pararse en los días previos a la vendimia (Blouin y Guimberteau, 2004). Este es un criterio muy importante de calidad y es deseable que sea el mayor posible, por tanto, se asignó el valor de 1 a las cepas de menor **GAP**, mientras que las cepas con mayor **GAP** se valoraron con 3.

Los compuestos fenólicos proporcionan las características aromáticas y son los principales responsables del color y sabor; además permiten el envejecimiento en los vinos tintos. Se acumulan antes del envero y aumentan su contenido durante la madurez (Blouin y Guimberteau, 2004). Las superficies de vid con mejores aptitudes cromáticas (mayor **I**) se puntuaron con un valor de 3 y el valor 1 se asignó a las zonas de menor **I**. Respecto a la aptitud para el envejecimiento del vino, las zonas con menor **IPT** se valoraron con 1 y se asignó un valor de 3 a las superficies de mayor **ITP**.

Desde el cuajado hasta la vendimia el volumen de las bayas evoluciona constantemente ya que acumulan agua, azúcares y otras sustancias (Blouin y Guimberteau, 2004). Por tanto, el valor asignado para la EMC fue mayor cuanto mayor fue el **PMB**. El valor asignado al **PTU** también fue proporcional al peso.

Los principales ácidos presentes en la uva son el tartárico y el málico, entre otros. A medida que la uva va madurando el contenido de estos ácidos va disminuyendo ya que la baya acumula agua (diluye los ácidos disminuyendo su proporción) y la respiración de la planta provoca la

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

combustión de los ácidos (Blouin y Guimberteau, 2004). Por tanto, los mayores valores de aptitud fueron asignados a los mostos con menor pH.

2.2.5. Delimitación e identificación de las zonas homogéneas en cada parcela

La integración de los criterios se hizo mediante la superposición espacial de las capas y haciendo la suma de los valores para cada pixel de 5x5 m. La capa final resultante contendrá información de todos los criterios, permitiendo la zonificación en tres intervalos en función de la aptitud (alta, media y baja).

El modelo descrito se aplicó para cada variedad por separado. Para cada variedad se hicieron dos zonificaciones: una en función de la calidad del mosto y otra en función de la cantidad de uva. Finalmente se integraron ambas en una única que permitió diferenciar las zonas en tres tipos en función del valor resultante de la suma total: alta (calidad y cantidad de uva elevadas) para valores superiores a 12; media (calidad y cantidad de uva medias) para las zonas con valor 12 y baja (calidad y cantidad de uva bajas) para los píxeles con valor inferior a 12. Cada bloque homogéneo podrá ser tratado con técnicas vitícolas diferenciadas o podrá ser cosechado en diferentes fechas para conseguir los tipos de vino ofertados por la bodega.

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis estadístico

En la [tabla 2](#) se muestran los estadísticos básicos de cada variable de interés, diferenciados por la variedad de uva (se excluyeron los *outliers* o valores anómalos). Pueden apreciarse las diferencias entre las variedades, tanto para los parámetros de calidad (especialmente el **GAP** y el **IPT**) como los relacionados con cantidad de uva (**PMB** y **PTU**). Estas diferencias indican que para hacer la EMC será necesario establecer categorías y valores distintos en cada criterio y variedad.

La [tabla 3](#) muestra los valores calculados del Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables utilizadas en el estudio. Los coeficientes de correlación más altos (con significación estadística 0,05) son los que corresponden al criterio **AT** con el pH ($R=-0.76$) y con **I** ($R=-0.71$). Para el resto de variables los valores de R son más bajos, indicando que la correlación entre las mismas es baja.

Para poder hacer las interpolaciones mediante "krigeado" y que los valores promedio sean representativos de las variables, es recomendable que los datos se ajusten a una distribución normal. Para estudiar la distribución de los datos de cada variable se aplicó el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (KS); los resultados se muestran en la [tabla 4](#). Casi todas las series de datos siguen una distribución normal en cada una de las variedades. La variable **AT** no se ajusta a la distribución normal para ninguna de las variedades, por tanto, no es aconsejable hacer

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

interpolaciones mediante este criterio y el **AT** se excluyó del análisis espacial (además es una variable correlacionada con pH e **I**, que sí fueron utilizados en el análisis).

3.2. Resultados de las interpolaciones espaciales

Los resultados de las interpolaciones mediante "krigeado" fueron muy satisfactorios. La evaluación de cada interpolación se hizo mediante validación cruzada. Este procedimiento consistió en aislar cada dato de muestreo, hacer la interpolación con el resto de datos y calcular la diferencia entre el valor estimado y el real para el punto previamente separado (esta operación se repite para cada valor individual). En la [tabla 5](#) se muestran los valores de los residuos obtenidos en cada criterio o variable. Como era de esperar, los peores resultados se obtuvieron para el **PTU** (tiene el mayor EMC), puesto que depende de la intensidad del aclareo de racimos y de las pérdidas de uva provocada por los muestreos de calidad del mosto.

En la [figura 2](#) se muestran los resultados finales de las interpolaciones para la variedad *Mencía*. Puede apreciarse como varían espacialmente cada uno de los criterios, facilitando la localización de las áreas más o menos favorables desde el punto de vista de cada criterio cualitativo o cuantitativo. La variabilidad espacial en los criterios de calidad (**GAP**, pH, **IPT** e **I**) es más gradual, mientras que la variabilidad espacial de los criterios de cantidad de uva es más abrupta, en especial para **PTU**.

3.3 Asignación de valores a los criterios

Partiendo de los resultados de las interpolaciones se establecieron tres categorías en cada criterio y variedad, y a cada categoría se le asignó un valor representativo de su potencial vitivinícola. Los valores del intervalo (mínimo-máximo) utilizados para establecer cada categoría se muestran en la [tabla 6](#). Estos intervalos se establecieron siguiendo las pautas explicadas en el apartado de metodología y permitieron obtener las capas de información preparadas para la superposición final.

En la [figura 3](#) se muestran las categorías resultantes al aplicar la metodología descrita en el apartado 2.2.4. para cada criterio en la variedad *Mencía*. El método permite identificar claramente las zonas de aptitud superior o inferior a la media para cada criterio.

3.4. Zonificación intraparcela mediante superposición espacial

Finalmente se hizo la superposición espacial de las capas con los valores de aptitud asignados. Superponiendo los criterios relativos a la calidad del mosto (**GAP**, pH, **I**, **IPT**) se obtuvieron los resultados mostrados en la [figura 4](#). En la [tabla 7](#) se cuantifica el área ocupada por cada valor de aptitud en función de los criterios de calidad del mosto. Durante las siguientes campañas vitivinícolas será necesario validar los resultados obtenidos en este trabajo.

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

La [tabla 8](#) resume la extensión ocupada por cada valor de aptitud en función de la cantidad de uva para cada variedad. En la [figura 5](#) se representa la zonificación en función de la cantidad de uva de cada cepa. Estas diferencias se deben fundamentalmente a variaciones en las características del terreno (topografía, textura, composición química, etc.), que condicionan la producción por carencia de algún elemento esencial o de agua (Flores, 2005).

En ambas zonificaciones las zonas delimitadas en rojo muestran áreas en las que la calidad ([figura 4](#)) y la producción de la uva ([figura 5](#)) son inferiores a lo normal. Las zonas marcadas en naranja y amarillo son zonas cuyos parámetros tienen valores promedio en cada variedad y las zonas marcadas en verde son las que tienen valores superiores a la media. Coincidiendo con los resultados de trabajos realizados por otros autores (Cortell *et al.*, 2005; Cortell *et al.*, 2007) se puede observar una relación inversa entre la calidad del mosto ([figura 4](#)) y la producción ([figura 5](#)).

En la parcela de *Merlot*, tanto la calidad como la producción son homogéneas en el centro de la parcela, mientras que las zonas de mayor o menor calidad se sitúan en las zonas limítrofes. Esto puede ser debido a efectos provocados por la heterogeneidad en la aplicación de los productos fertilizantes y fitosanitarios. Existe una pequeña zona en el centro de la parcela donde hay una disminución de la producción de uva que representa el 2% del total. Las zonas de mayor producción suponen el 17% de la superficie de la parcela y deben ser consideradas como referencia para modificar las técnicas de cultivo en el resto de la parcela para aumentar el potencial.

En la parcela de *Cabernet* se puede observar una amplia zona central de baja producción ([figura 5](#)) que supone el 18% del total de la parcela. En esta zona se deberán estudiar los factores a los que es debida esta baja producción e intentar aplicar medidas correctoras. También es aconsejable analizar qué otros factores son los responsables de la alta producción puesto que la parcela tiene potencial para conseguir una mayor producción. En este caso, la relación inversa entre la calidad y la producción no es tan clara ya que las zonas de mayor producción coinciden con las de mayor calidad o están muy próximas entre sí, por lo que se debe estudiar qué factor es el que tiene un mayor peso y potenciarlo.

Los resultados obtenidos en *Tempranillo* son los más complejos de interpretar ya que las variaciones espaciales del potencial vitícola son muy irregulares y la distribución de los criterios no es homogénea. Esto puede ser debido a que esta variedad no está adaptada a las condiciones climáticas de la comarca. Aún así se observa una relación inversa entre parámetros de calidad y de producción en la parcela.

Mencía es la principal variedad acogida a la D.O. Bierzo y es la que mejor está adaptada a las condiciones de la comarca. Observando la [figura 4](#) se aprecian claramente las diferentes zonas, situándose las de peor calidad en el límite suroeste; además, en esta misma localización, la variedad *Mencía* tiene una producción inferior a la media ([figura 5](#)). Esta baja calidad puede deberse a la competencia con las plantas de *Cabernet Sauvignon* puesto que esta variedad, en ese tipo de suelo, da la mayor calidad y producción. También se puede observar que las zonas de menor producción y calidad se sitúan en la zona sur de la parcela, que corresponde con la zona más alta, mientras que la

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

zona de mayor calidad y producción están en el norte, que es la zona de menor altitud; esto puede deberse al mayor desarrollo del suelo en las zonas bajas.

La integración de los criterios cualitativos y cuantitativos ha permitido zonificar las cuatro parcelas en zonas con los tres tipos de calificación vitivinícola ([figura 6](#)). La extensión de cada zona se muestra en la [tabla 9](#). Mediante la aplicación de herramientas SIG a la viticultura se han conseguido identificar zonas homogéneas dentro de cada viña, permitiendo aumentar la eficiencia de los *inputs* aplicados, ya que se aplicarían únicamente a las zonas en las que son necesarias (Esser y Ortega, 2002; Esser *et al.*, 2002).

Al igual que en el trabajo de Flores (2007), el potencial vitivinícola presenta un alto grado de variabilidad que hace difícil su caracterización precisa. Para un mejor conocimiento habría que estudiar la correspondencia entre las variables muestreadas y nuevos parámetros relacionados con la estructura y fertilidad del suelo.

En la variedad *Cabernet Sauvignon* las zonas de mayor potencial vitícola ocupan un 20% del total de la parcela y se encuentran en las zonas limítrofes de la parcela. Las zonas de menor potencial ocupan un 25% y se encuentran situadas en el centro de la parcela.

En el bloque de *Mencía* las zonas de mayor potencial vitícola ocupan un 19% del total de la parcela, mientras que las de menor potencial ocupan un 25%. La superficie ocupada por cada calificación es similar a la de *Cabernet*, sin embargo la localización en la parcela (centro/límite) es opuesta en ambas variedades.

La variedad con mayor extensión de la primera categoría es *Merlot* (30%) y también presenta la menor superficie de menor potencial (13%). Por tanto, puede afirmarse que esta variedad, durante la campaña 2009, ha tenido mejor aptitud para producir vinos de calidad. Se deberían hacer análisis más exhaustivos para identificar qué otros parámetros condicionan su potencial, aunque puede deberse a que las características edáficas sean mejores que en el resto de variedades, puesto que el bloque de *Merlot* está más alejado que los otros tres.

En *Tempranillo* las zonas de mayor potencial vitícola ocupan un 14% del total de la parcela, mientras que las de menor potencial ocupan un 25%. Esta es la variedad que presenta un menor potencial para la viticultura y es posible que se deba a la peor adaptación de esta variedad a las condiciones meteorológicas del 2009.

En general, las zonas de peor categoría ocupan una gran extensión ([figura 6](#)) y sería necesario identificar los motivos con análisis más detallados y aplicar medidas correctoras. Las zonas de alto potencial están muy dispersas en todas las variedades y sería recomendable hacer un estudio sobre el beneficio económico que representaría vendimiar estas zonas de forma independiente al resto. Por otro lado, esta dispersión espacial en las zonas de mejor aptitud indica el alto potencial de las parcelas y se deberían aplicar tratamiento diferenciado para extender esta calificación a una mayor superficie.

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

Un problema operativo de las zonificaciones 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 la zona diferenciada es de pequeña extensión no es factible usar la vendimiadora. Para solventar este problema se propone que estas zonas de pequeño tamaño se vendimien de forma manual y antes del paso de la máquina vendimiadora.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado una metodología que, partiendo del conocimiento de parámetros de calidad del mosto y cantidad de uva, permite hacer una zonificación de viñedos mediante la utilización de herramientas SIG y técnicas de evaluación multicriterio. El método permite hacer zonificaciones basadas en criterios de calidad, criterios productivos o una combinación de ambos.

Una de las principales aportaciones del método propuesto es su versatilidad ya que permite una zonificación relativa aplicable a otras variedades y zonas de producción, válida para otras campañas vitivinícolas y útil para los viticultores que pretendan mejorar la calidad del vino o incrementar su volumen de producción.

Es posible implementar este sistema utilizando *software* de libre difusión y los criterios para la evaluación del potencial vitivinícola son los parámetros que habitualmente se determinan antes de decidir la fecha la vendimia. Por tanto, cualquier viticultor puede poner en marcha este sistema en sus viñedos con un bajo coste y le permitirá identificar zonas homogéneas en sus viñedos y su localización espacial.

Aplicando la metodología en las cuatro parcelas de la D.O. Bierzo se ha determinado la variabilidad espacial de la calidad del mosto y de la cantidad de uva en cada parcela. Esta información permite al viticultor actuar de forma diferenciada en cada zona y, así, disminuir costes y fijar nuevos objetivos para las siguientes campañas.

Como línea futura de trabajo se plantea utilizar *software* sobre dispositivos PDA para la captura simultánea de información espacial y características de la uva, así como la introducción de nuevos criterios que representen la variabilidad del suelo para la mejora de las zonificaciones.

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.

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

Referencias bibliográficas

- Arnó, J.; Martínez-Casasnovas, J.A.; Blanco, R.; Bordes, X. y Esteve, J. (2005): "Viticultura de precisión en Raimat (Lleida). Experiencias durante el período 2002-2004", *ACE: Revista de Enología*, 64. [Consulta: 16-11- 2009].
Disponible en http://www.acenologia.com/ciencia73_01.htm
- Barredo Cano, J.I. (1996): *Evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica en la Ordenación del Territorio*. Madrid, Editorial RA-MA.
- Blouin, J. y Guimberteau, G. (2004): "Maduración y madurez de la uva", Madrid, Editorial Mundi-Prensa.
- Bohle, C.; Maturana, S. y Vera, J. (2008): "A robust optimization approach to wine grape harvesting scheduling", *European Journal of Operational Research*, 200, 1, pp. 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*. Wagga Wagga, Cooperative Research Centre for Viticulture / National Wine Grape Industry Centre, pp. 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*. Adelaide, Australian Wine Industry, pp. 29-33.
- Bramley, R.G.V. y Williams, S.K. (2001): "A protocol for the construction of yield maps from data collected using commercial available yield monitors" Adelaide, Cooperative Centre for Viticulture and CSIRO Land and Water [Consulta: 15-11-2009]. Disponible en http://www.cse.csiro.au/client_serv/resources/crcvyield_mapping_protocol.pdf
- Bramley, R.G.V. y 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, pp. 32-45.
- 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, pp. 33-42.
- Cortell, J.M.; Halbleib, M.; Gallagher, A.V.; Righetti, T. Y. y Kennedy, J.A. (2005): "Influence of vine vigor on grape (*Vitis Vinifera* L. cv. Pinot Noir) and wine proanthocyanidins", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 14, pp. 5798-5808.
- Cortell, J.M.; Halbleib, M.; Gallagher, A.V.; Righetti, T. Y. y Kennedy, J.A. (2007): "Influence of vine vigor on grape (*Vitis Vinifera* L. cv. Pinot Noir) anthocyanins. 1. Anthocyanin concentration and composition in fruit", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 16, pp. 6575-6584.
- De Andrés-De Prado, R.; Yuste-Rojas, M.; Sort, X., Andrés-Lacueva, C.; Torres, M. y Lamuela-Raventós, 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, pp. 779-786.
- Esser, A. y Ortega, R. (2002): "Aplicaciones de la viticultura de precisión en Chile: Estudio de casos", *Agronomía y forestal UC*, 17, pp. 17-21.

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

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

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

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

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

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

Rodríguez-Pérez, J.R.; Álvarez, M.F. y Peters, S. (2008): "Aplicación de los SIG para determinar la variabilidad espacial de parámetros de calidad del mosto de uva. Experiencia en la D.O. Bierzo", *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*, 1, 1. pp. 412-423. [Consulta en: 13-05-2010]. Disponible en

http://age.ieg.csic.es/metodos/gran_canaria08/ponencia_2/Rodriguez%20Perez%20et%20al.pdf

Santos Preciado, J. M. y Borderías Uribeondo, M. P. (2002): *Introducción al análisis medioambiental de un territorio*. Madrid, Educación Permanente UNED.

TABLAS

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

Variedad	Nº Líneas	Nº Cepas	Área (m ²)	Altitud (m) Promedio (máx-mín)
<i>Cabernet Sauvignon</i>	5	47	30687,9	588,0 (592,6 - 579,1)
<i>Mencía</i>	5	45	32128,0	582,0 (590,1 - 575,7)
<i>Merlot</i>	7	27	19253,7	569,8 (572,4 - 567,3)
<i>Tempranillo</i>	8	43	29455,4	599,7 (614,8 - 594,2)

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

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

Variedad	Estadístico	GAP (%vol.)	pH	AT (mg/L)	IPT (A _{280 nm})	I (A _{420+520+620nm})	PMB (g)	PTU (g)
<i>Cabernet Sauvignon</i>	Media	13,15	3,24	8,31	13,75	1,59	1,43	1698,38
	Mediana	13,20	3,25	8,10	13,80	1,55	1,42	1605,70
	Desv. típica	0,79	0,08	0,95	1,02	0,40	0,14	673,01
	Mínimo	11,30	3,02	6,80	11,50	0,78	0,93	470,50
	Máximo	14,60	3,39	10,60	15,60	2,29	1,94	3262,70
	Rango	3,30	0,37	3,80	4,10	1,50	1,01	2792,20
<i>Mencía</i>	Media	13,78	3,41	5,26	18,64	4,83	2,15	3289,04
	Mediana	13,70	3,42	5,30	18,55	4,78	2,15	3280,1
	Desv. típica	0,88	0,09	0,50	2,50	0,47	0,21	1504,12
	Mínimo	11,70	3,23	4,10	14,10	3,76	1,70	624,40
	Máximo	15,60	3,58	6,40	23,20	5,88	2,60	6805,50
	Rango	3,90	0,35	2,30	9,10	2,12	0,90	6181,10
<i>Merlot</i>	Media	14,49	3,31	7,20	12,33	2,63	1,42	1267,85
	Mediana	14,60	3,33	7,10	11,90	2,56	1,40	1171,3
	Desv. típica	0,86	0,09	0,70	2,10	0,58	0,17	570,10
	Mínimo	13,00	3,12	6,20	9,50	1,70	1,17	324,70
	Máximo	15,80	3,47	8,80	18,00	3,99	1,79	2932,80
	Rango	2,80	0,35	2,60	8,50	2,28	0,62	2608,10
<i>Tempranillo</i>	Media	13,49	3,53	5,82	19,52	3,14	2,00	757,08
	Mediana	13,50	3,52	5,60	19,75	3,21	2,03	654,85
	Desv. típica	0,74	0,12	0,82	3,38	0,97	0,40	598,03
	Mínimo	11,60	3,30	4,60	12,3	1,49	1,24	63,80
	Máximo	15,00	3,86	8,00	26,40	5,51	2,91	2205,10
	Rango	3,40	0,56	3,40	14,10	4,01	1,67	2141,30

GAP: Grado Alcohólico Probable (%vol.); **AT:** Acidez Total (mg/L de ácido tartático); **IPT:** Índice de Polifenoles Totales (Absorbancia a 280 nm); **I:** Intensidad de color (suma de absorbancias a 420, 520 y 620nm); **PMB:** Peso Medio de la Baya (g); **PTU:** Peso Total Uva producida (g).

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables del estudio.

Variable	pH	AT	IPT	I	N	PMB	PTU
GAP	0,32	-0,42	0,09	0,21	-0,45	-0,13	-0,17
pH		-0,76	0,65	0,48	-0,21	0,42	-0,2
AT			-0,64	-0,71	0,13	-0,6	-0,19
IPT				0,67	0,14	0,48	-0,03
I					0,11	0,54	0,36
N						0,16	0,39
PMB							0,35

Tabla 4. Resultados de la prueba de normalidad utilizando el estadístico Kolmogorov-Smirnov.

Variable	<i>Cabernet Sauvignon</i>			<i>Mencia</i>			<i>Merlot</i>			<i>Tempranillo</i>		
	KS	gl	Sig.	KS	gl	Sig.	KS	gl	Sig.	KS	gl	Sig.
GAP	0,083	47	0,20**	0,131	44	0,06	0,120	27	0,20**	0,062	41	0,20**
pH	0,120	47	0,09	0,081	45	0,20**	0,129	27	0,20**	0,096	42	0,20**
AT	0,141	47	0,02	0,160	45	0,01	0,188	27	0,01	0,180	42	0,00
IPT	0,072	46	0,20**	0,085	44	0,20**	0,222	23	0,00	0,099	42	0,20**
I	0,076	47	0,20**	0,092	43	0,20**	0,117	26	0,20**	0,079	42	0,20**
PMB	0,145	47	0,01	0,080	45	0,20	0,135	27	0,20	0,104	42	0,20
PTU	0,105	47	0,20	0,061	45	0,20	0,136	27	0,20	0,123	42	0,11

KS: estadístico Kolmogorov-Smirnov; gl: grados de libertad; **Sig.: significación (0,05)

Tabla 5: Residuos en las validaciones cruzadas (evaluación de la interpolación por "krigeado").

Residuo	GAP (%vol.)	pH	IPT (A ₂₈₀ nm)	I (A _{420+520+620nm})	PMB (g)	PTU (g)
EM	0,004	-0,001	-0,013	-0,003	-0,001	-1,608
EMC	0,786	0,097	2,529	0,771	0,272	1088,000
EME	0,793	0,099	2,511	0,756	0,276	1091,000

EM: error medio; EMC: error medio cuadrático; EME: error medio estándar

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

Tabla 6: Intervalos utilizados para establecer las categorías en cada criterio.

Variedad	<i>Cabernet Sauvignon</i>		<i>Mencía</i>		<i>Merlot</i>		<i>Tempranillo</i>	
	Intervalo	Valor	Intervalo	Valor	Intervalo	Valor	Intervalo	Valor
GAP (%vol.)	12,4-12,6	1	13,3-13,5	1	13,7-13,9	1	13,1-13,3	1
	12,7-13,7	2	13,6-14,0	2	14,0-15,1	2	13,4-13,6	2
	-	-	14,1-14,2	3	15,2-15,4	3	13,7-13,9	3
pH	3,10-3,20	3	3,34-3,38	3	3,20-3,40	2	3,42-3,45	3
	3,21-3,30	2	3,39-3,42	2	3,41-3,50	1	3,46-3,59	2
	3,31-3,40	1	3,43-3,45	1	-	-	3,60-3,63	1
IPT ($A_{280\text{ nm}}$)	13,4-13,5	1	15,8-17,1	1	11,4-13,3	1	17,5-18,4	1
	13,6-14,2	2	17,2-20,0	2	13,4-14,0	2	18,5-20,4	2
	14,3-14,9	3	-	-	-	-	20,5-21,1	3
I ($A_{420+520+620\text{ nm}}$)	0,9-1,2	1	4,1-4,5	1	1,9-2,1	1	1,9-2,2	1
	1,3-1,8	2	4,6-5,3	2	2,2-3,0	2	2,3-3,7	2
	1,9-2,2	3	5,4-5,6	3	3,1-3,6	3	3,8-4,7	3
PMB (g)	1,2-1,3	1	1,9-2,0	1	1,2-1,4	2	1,5-1,8	1
	1,4-1,5	2	2,1-2,3	2	1,5-1,7	3	1,9-2,3	2
	1,6-1,7	3	2,4-2,5	3	-	-	2,4-2,5	3
PTU (g)	1303,7-1502,7	1	2500,1-2851,2	1	1010,0-1026,1	1	392,0-480,8	1
	1502,8-2076,5	2	2851,3-3456,2	2	1026,2-1411,8	2	480,9-1072,8	2
	2076,6-2158,7	3	3456,3-3602,9	3	1411,9-1704,0	3	1072,9-1293,6	3

Valores/Categorías: 3 / Superior, 2 / Media, 1 / Inferior

Tabla 7. Superficie ocupada por cada rango de aptitud potencial según criterios de calidad del mosto.

Aptitud según calidad	<i>Cabernet Sauvignon</i> (m ²)	<i>Mencía</i> (m ²)	<i>Merlot</i> (m ²)	<i>Tempranillo</i> (m ²)
5	-	325	-	-
6	275	1150	500	150
7	2325	2800	850	3400
8	15550	12900	7450	13150
9	2675	2375	1550	1900
10	-	50	375	75

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

Tabla 8. Superficie ocupada por cada rango de aptitud potencial según criterios de cantidad de uva.

Aptitud según cantidad	<i>Cabernet Sauvignon</i> (m²)	<i>Mencía</i> (m²)	<i>Merlot</i> (m²)	<i>Tempranillo</i> (m²)
2	-	-	-	100
3	3850	2525	225	2225
4	14675	14525	8725	14825
5	2275	2525	1525	1525
6	25	25	250	-

Tabla 9. Extensión de las calificaciones vitivinícolas en cada variedad.

Variedad	Calificación vitivinícola	Área (m²)
<i>Cabernet Sauvignon</i>	Baja	5200
	Media	11625
	Alta	4000
<i>Mencía</i>	Baja	4725
	Media	11200
	Alta	3675
<i>Merlot</i>	Baja	1325
	Media	6275
	Alta	3125
<i>Tempranillo</i>	Baja	4700
	Media	11375
	Alta	2600

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

FIGURAS

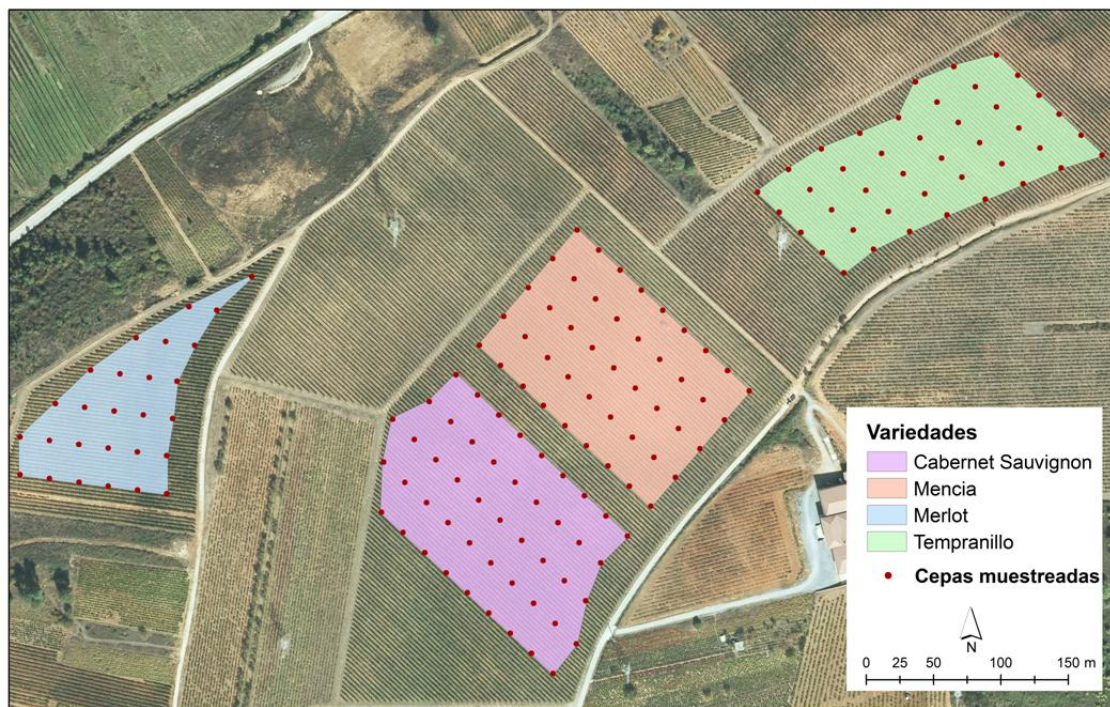


Figura 1. Parcelas de estudio (Bodega Ribas del Cúa, S.A. Cacabelos, León): variedades de uva y localización de las cepas de muestreo.

[Sobre ortofotografía en color verdadero facilitada por el ITACyL:

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

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

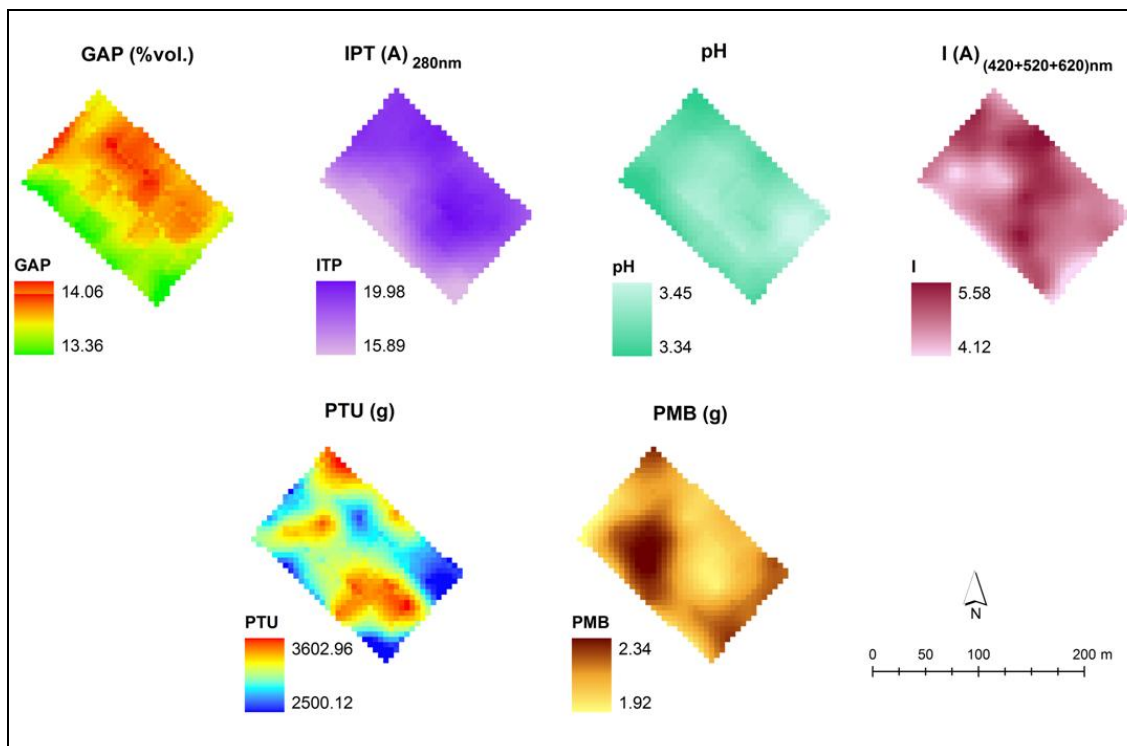


Figura 2. Capas resultantes de las interpolaciones en la variedad *Mencía*: criterios cualitativos (GAP, IPT, pH, I) y criterios cuantitativos (PTU, PMB).

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

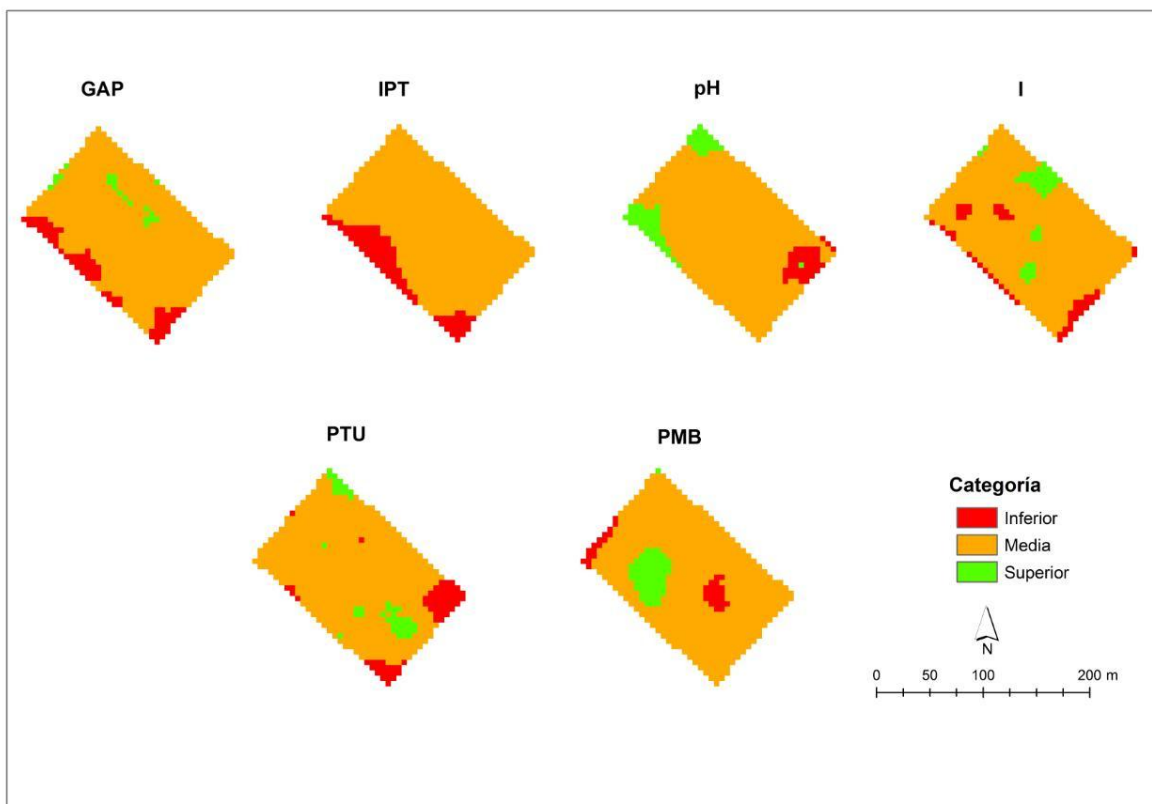


Figura 3. Capas resultantes de la asignación de valores (3, 2 y 1) a cada categoría (superior media-inferior) para la variedad *Mencía*: criterios cualitativos (GAP, IPT, pH, I) y criterios cuantitativos (PTU, PMB).

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

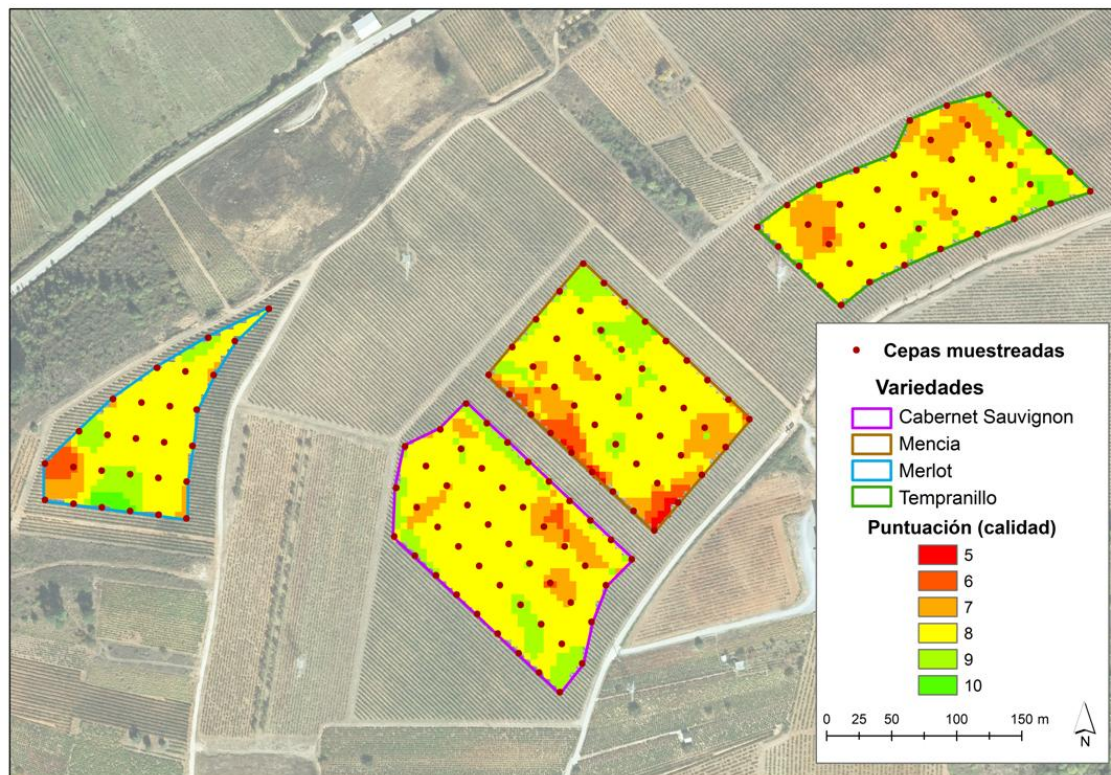


Figura 4. Zonificación según criterios de calidad del mosto

[Sobre ortofotografía en color verdadero facilitada por el ITACyL:

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

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

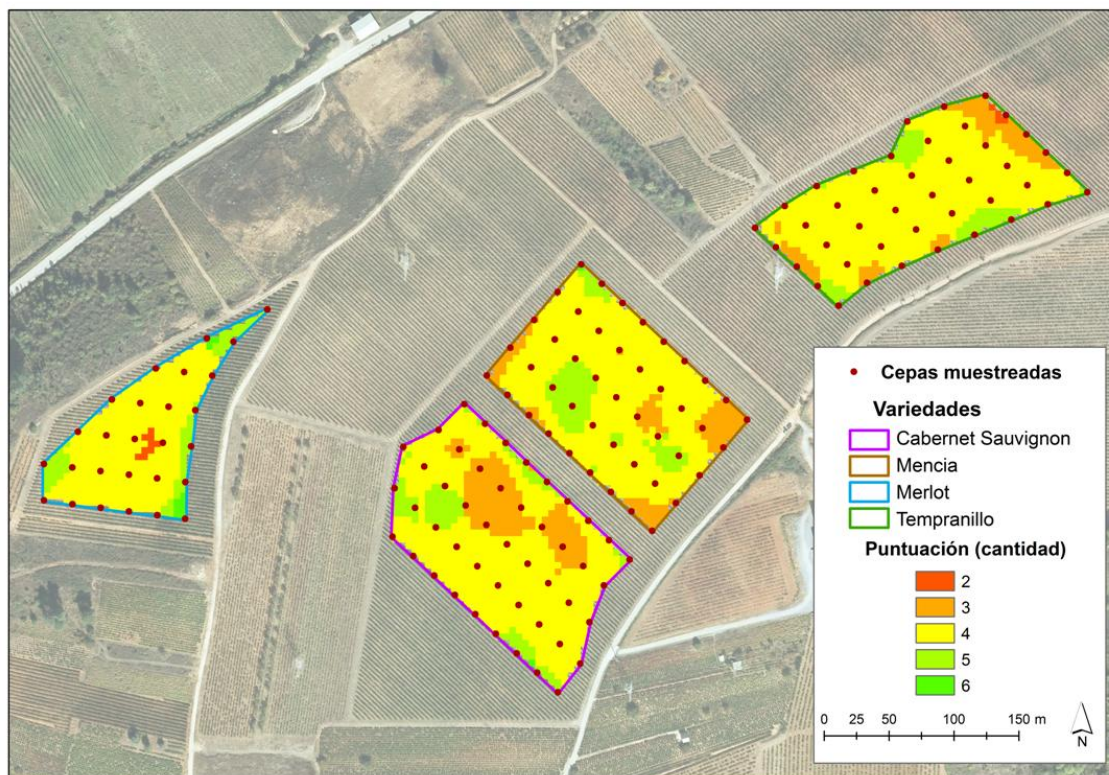


Figura 5. Zonificación según criterios de cantidad de uva

[Sobre ortofotografía en color verdadero facilitada por el ITACyL:

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

González-Fernández, A.B., Catanzarite Torres, T., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010): "Una metodología apoyada en SIG para el seguimiento vitícola y la delimitación de zonas homogéneas de vendimia en la D.O. Bierzo (León-España.)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 10, p. 185-207. ISSN: 1578-5157

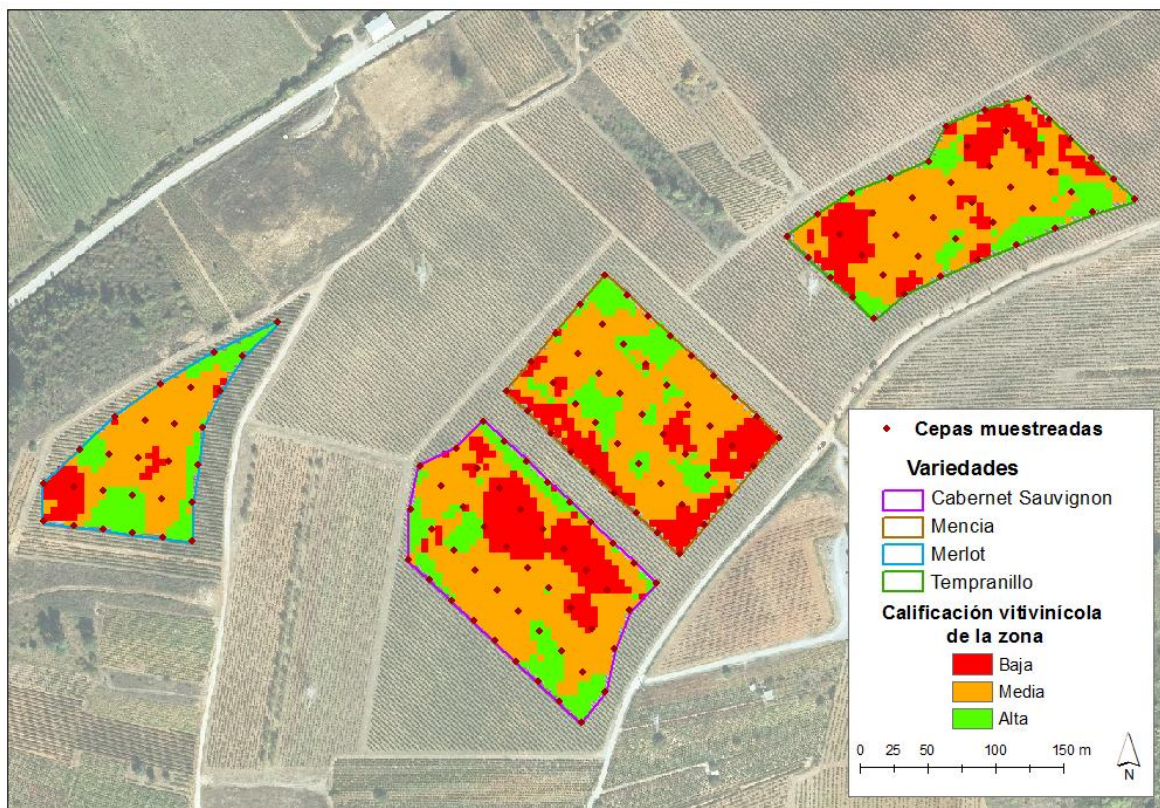


Figura 6. Zonificación agrupando criterios cualitativos y cuantitativos

[Sobre ortofotografía en color verdadero facilitada por el ITACyL:

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