



APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN VITÍCOLA: APLICACIÓN EN LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN BIERZO (ESPAÑA)

José Ramón Rodríguez Pérez, María Flor Álvarez Taboada y Ana Rosa Cazón Seco

Universidad de León
E.S.T. Ingeniería Agraria, Área de Ingeniería Cartográfica Geodésica y Fotogrametría
Avda. de Astorga, s/n. 24400 Ponferrada León (España)
e-mail: dimjrp@unileon.es; dimmat@unileon.es

SUMARIO

En esta comunicación se exponen las primeras conclusiones sobre la implementación de un sistema de gestión aplicado a la viticultura para la mejora en la calidad del vino. La experiencia está basada en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite almacenar toda la información acerca de las viñas, labores de cultivo y medio físico que determinan la calidad del producto final obtenido en la bodega. Como aplicación se expone el modelo propuesto para una bodega ubicada en la localidad de Canedo (Denominación de Origen Bierzo. España).

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, viticultura, modelos de aptitud vitivinícola.

ABSTRACT

The first conclusions on the implementation of a management system applied to the viticulture for the improving wine quality are exposed in this paper. The experience is based on a Geographic Information System (GIS) that permits to store all the information about the vines, culture labours and environment characteristics, that determine the quality of the final product obtained in the wine cellar. As application the model proposed for a winery located in Canedo (controlled wine-producing area "Denominacion de Origen Bierzo". Spain) is described.

Key words: Geographis Information Systems, viticulture, winegrowing suitability model.

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Son numerosas las aplicaciones SIG desarrolladas para viticultura. La mayoría consisten en introducir en el sistema ortofotos y asociarlas con otra información temática (tipos de suelo, variedades, pendiente, orientación, etc.), para detectar pequeñas áreas de vid homogéneas y definir distintos segmentos o bloques [Carothers 2000]. Cada bloque se maneja de forma independiente, permitiendo la localización de labores y tratamientos, con la optimización de insumos, disminución de costes y otras mejoras que esto conlleva. Además la localización

de las labores y tratamientos disminuye el gasto de agua, el peligro de contaminación ambiental y residuos, etc.

Otra importante aplicación es para la prospección de terrenos con buena aptitud para el cultivo de la vid. Es bien sabido que las características del suelo condicionan enormemente la calidad del vino. Sirva como ejemplo de esta utilidad, la aplicación desarrollada por Robert Pool, de la Universidad de Cornell, para la región Finger Lakes (Nueva York), en la que el medio físico es poco favorable para el cultivo de la vid, con frecuentes heladas y problemas de encharcamiento. La herramienta se apoya en parámetros como la duración de período vegetativo de la vid, horas de insolación, propiedades físico-químicas del suelo y capacidad drenante [Ensminger 2000]. Gracias a este estudio se ha concluido que en la zona norte no deben existir problemas para realizar nuevas plantaciones de vid, mientras que la parte sur es más problemática y se debe recurrir al empleo de patrones autóctonos.

En la empresa californiana Deaver Vineyards se ha implementado un SIG con un alto nivel de detalle en el que se integró información topográfica, mapas de suelos, mediciones de campo (determinaciones GPS, patrón, variedad y edad de cada planta, sistemas de conducción, etc.) e imágenes de alta resolución. El sistema ha servido para seleccionar las nuevas áreas de plantación, diseño del sistema de riego, red de caminos, segmentación en bloques homogéneos de vid, programación de labores y ha conseguido aumentar producción y calidad de vino [Gordon 1997]. Gran parte de éxito de la iniciativa se debe a la gran resolución (se conoce información de cada cepa de cada bloque de viña) y a la actualización continuada (desde 1996 se toma al menos una imagen multiespectral). Se trata de un proyecto modélico que ha servido para otros desarrollos e incluso, el SIG, es uno de los atractivos que se ofrece a los clientes que visitan la explotación.

En The Gordon Family Ranch (California), también ha implementado un SIG con información sobre sus viñas. Anualmente se realiza un vuelo para obtener imágenes multiespectrales y ortofotos, de cada bloque de la plantación. Como en el caso anterior, el sistema es utilizado para la gestión vitícola y en su base de datos se especifican las características de cada cepa de cada bloque de la viña.

Otro ejemplo notable lo constituye la empresa vitícola Snow Lake Ranch (California) que desarrolló un SIG para definir la plantación en cada bloque del viñedo (patrón y variedad, orientación de las líneas, separación de cepas, etc.), para evitar problemas de erosión y estrés hídrico. Además se diseñaron corredores ambientales para no interferir en la vida de varias especies animales de interés. Actualmente cuenta con un SIG muy potente que se utiliza en la gestión del cultivo (abonado, tratamientos, riego, vendimia escalonada, etc.), se adquiere una imagen multiespectral anual y se está diseñando un sistema para reducir costes en el transporte de la uva vendimiada.

Experiencias similares han servido a los viticultores de Southcorp y Rosemount (Australia) para: clasificar y cartografiar las viñas por variedades (escala muy detallada), realizar planes de vendimia por grado de calidad de uva, creación de unidades homogéneas y su seguimiento a lo largo del período vegetativo, predicción de calidad y cantidad de cosechas, planificación de nuevas plantaciones, etc. [Conolly 2000].

Otros autores proponen diferentes desarrollos futuros: realización de mapas de alta resolución (2 m) para todas las zonas vitícolas que permitan el seguimiento de aplicación de pesticidas (es una exigencia en algunos estados de EE.UU.), evaluación de costes por lotes de viña y georreferenciación de cada cepa; generación de cartografía accesible por Internet,

con actualización diaria para aviso de plagas y enfermedades, recomendaciones para programar la vendimia, etc.; implementación de un sistema para aumentar la uva de calidad a través de imágenes multiespectrales de alta resolución (1 m) [Ensminger 2000].

1.2. Zona de estudio

Este trabajo se está desarrollando en la empresa Prada a Tope S.A. emplaza en la localidad de Canedo (Figura 1), dentro del municipio de Arganza (León. España). La bodega comenzó a elaborar vinos en 1976 utilizando uva de otras explotaciones vitícolas y en 1988 adquirió las tierras y el Palacio del Señorío de Canedo, para plantar allí sus viñedos, construir una moderna bodega y aprovechar la bodega del propio Palacio para el envejecimiento de los vinos de crianza y reserva.

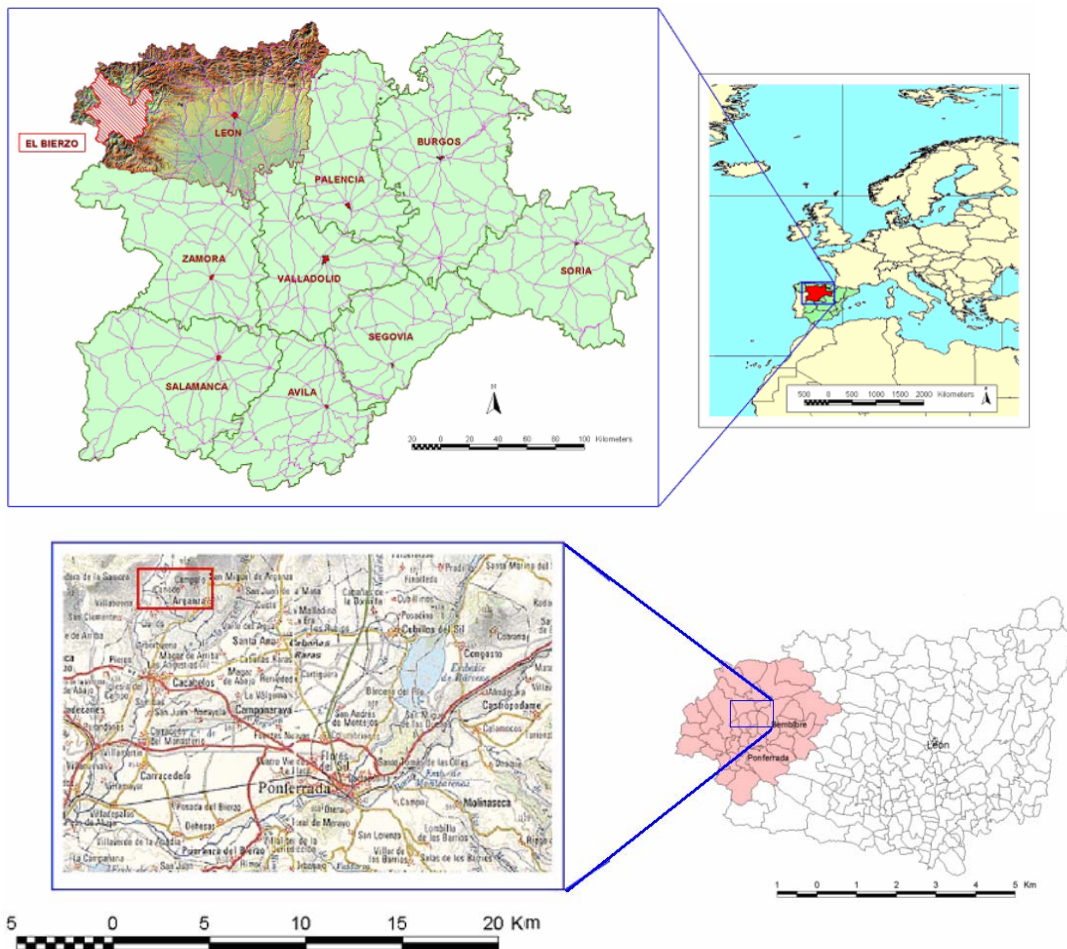


Figura 1. Localización de Canedo (León. España)

1.3. Descripción general de los viñedos

Los viñedos se encuentran en los alrededores de la bodega (Figura 2). La altitud media de las viñas es de 600 m, sobre laderas de orientación sur para aprovechar la mayor insolación.

En cuanto a las labores culturales, no se utilizan productos químicos (herbicidas, abonos químicos, insecticidas y anticriptogámicos penetrantes sistémicos, etc.), con excepción de los tradicionales (azufre, sulfato de cobre). Con estas medidas se pretende mejorar la calidad del vino y conseguir la Denominación de Producto Ecológico para los vinos.

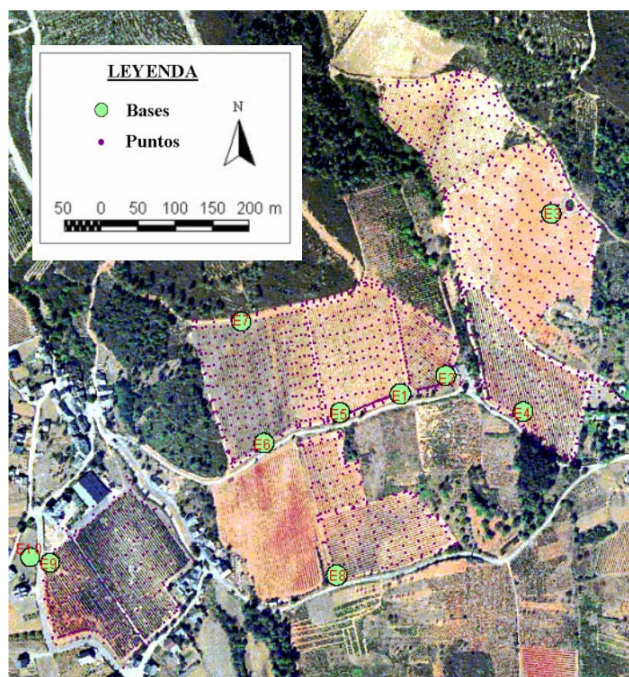


Figura 2. Viñedos y puntos para el levantamiento topográfico

La bodega cuenta con la más moderna tecnología para la realización de todo el proceso de vinificación, siendo especialmente cuidadoso el control de la fermentación. Como se ha mencionado, la crianza y envejecimiento del vino se realiza de forma tradicional en la bodega del Palacio.

En definitiva para elaboración de vinos se aprovechan los procedimientos tradicionales seguidos en El Bierzo, pero utilizando las más modernas técnicas enológicas. Actualmente se elaboran diversos tipos de vino indicados en la tabla 1.

Tabla 1. Vinos elaborados en las bodegas Prada A Tope

Tipo de Vino	Variedad	Características
Blanco Chardonay	Chardonay 100 %	Vino blanco joven para consumir muy fresco
Blanco	Godello 90 %	Vino blanco joven para consumir muy fresco
Rosado	Mencia 70 % y Godello 30 %	Vino joven: fruta fresca berciana
Tinto Crianza	Mencia 100 %	Delicado, madera aterciopelada en boca
Tintos	Mencia 100 %	Vino joven con un singular toque metálico
Tinto Maceración	Mencia 100 %	La maceración potencia los aromas
Tintos Reserva	Mencia 90 %	Vinos de más calidad de la bodega
Xamprada	Chardonay 80%, Godello 20%	Vinos espumosos con crianza en botella

2. Objetivos

El objetivo perseguido con este trabajo es desarrollar e implantar un Sistema de Información Geográfica para facilitar la gestión vitivinícola en la Prada a Tope. Además se pretende desarrollar un modelo de aptitud vitivinícola de los viñedos. Con la implementación de esta herramienta se pretende conseguir mejoras en las técnicas de producción de uva y aumentar la calidad y diferenciación de los diferentes tipos de vino.

3. Material y métodos

3.1 Material

El material de partida es la información recogida por la bodega y en otros trabajos previos (Rodríguez y Álvarez, 2002). Además se cuenta con una ortofoto digital con un tamaño de píxel de 0.7x0.7 m (sistema geodésico de referencia ED-1950; coordenadas UTM referidas a la zona 30T).

El software SIG empleado es ArcView, complementado con los programas de modelado del terreno TCP-MDT (TCP-IT) y AutoCAD (Autodesk).

2.2 Métodos

El proceso metodológico del trabajo está condicionado por los requerimientos de SIG: generación de las bases de datos gráficas y alfanuméricas, entrada de datos, operaciones de análisis y mantenimiento del sistema.

Para la elaboración de la base de datos gráfica se realiza un levantamiento topográfico con estación total topográfica; este alto grado de definición permite referir los datos a un tamaño de píxel de 4x4 m.

Los datos alfanuméricos se recopilan de la información existente en la empresa y de datos tomados en campo. Todos datos se introducen en el sistema en formato compatible.

La fase de análisis permite modelizar los aspectos que se pretenden estudiar como el peligro de deterioro de los suelos por erosión y la determinación de la aptitud para producción de vinos de calidad.

Para la consecución del modelo de aptitud se van a definir las variables que intervienen, en qué medida influye cada una de ellas y cómo se tienen que combinar. Se pretende conseguir un valor numérico para cada píxel de viña que informe sobre cada variable considerada.

Este modelo debe validarse sobre los viñedos de la explotación y actualizarse y mejorarse de forma permanente mediante la introducción de nuevas variable y datos más actuales

4. Resultados

En la primera fase se realizó un levantamiento topográfico con estación total mediante el software TCP-MDT. La escala de trabajo es de 1:1000 y el total de puntos levantados de 1854 desde 10 puntos de estación (figura 2). En la figura 3 se muestra el plano final de las viñas a escala poco detallada (los planos de trabajo está a mayor resolución).

A partir de esta información se generan los planos fisiográficos (pendiente, orientación y altitud) de los cuales se derivan otros introducidos en el modelo.

4.1 Variables del modelo

Para el desarrollo del modelo de potencial vitivinícola para producir vinos de calidad, se han tenido en cuenta 5 variables fundamentales: terreno, clima, variedad vinífera, sistema de conducción-poda y susceptibilidad a enfermedades.

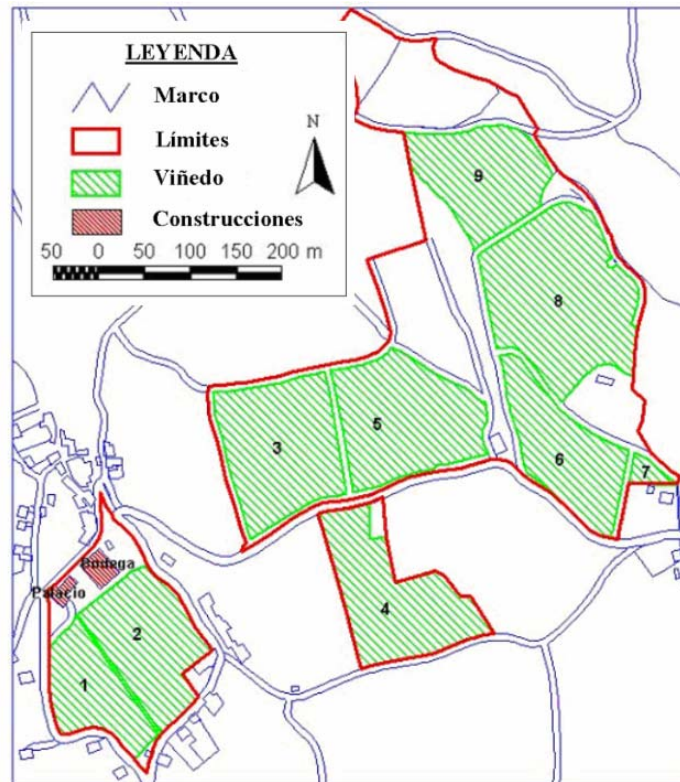


Figura 3. Plano final de Levantamiento

4.1.1 Terreno

A partir del levantamiento topográfico se han realizado varios planos que describen la fisiografía del terreno (pendiente, orientación, altitudes, etc.). Algunas viñas están ubicadas sobre terrenos de elevada pendiente y esto puede provocar problemas de degradación del suelo que se valoran mediante la identificación de estados erosivos [MOPTMA 1995], que están muy influidos por la pendiente (figura 4).

En la tabla 2 se relaciona el grado de erosión obtenido para la vid comparándolo con el que se obtendría para otra cubierta vegetal herbácea, cuantificando la superficie de cada intervalo considerado.

Tabla 2. Grado de erosión comparado para los viñedos

Pendiente	Superficie (m ²)	Grado de erosión	
		viñedo	cubierta vegetal
0-12	35616	0.4	0.1
12-18	24288	0.6	0.2
18-24	23168	0.8	0.2
24-35	48832	1	0.3
35-60	9696	1	0.6
>60	224	1	0.6

4.1.2 Clima

Existen gran cantidad de variables climáticas que condicionan la calidad de la uva para vinificación (precipitación, temperatura, humedad, horas de sol, etc.). Como los viñedos están en una zona pequeña la mayor parte de estas variables son muy similares para toda el área.

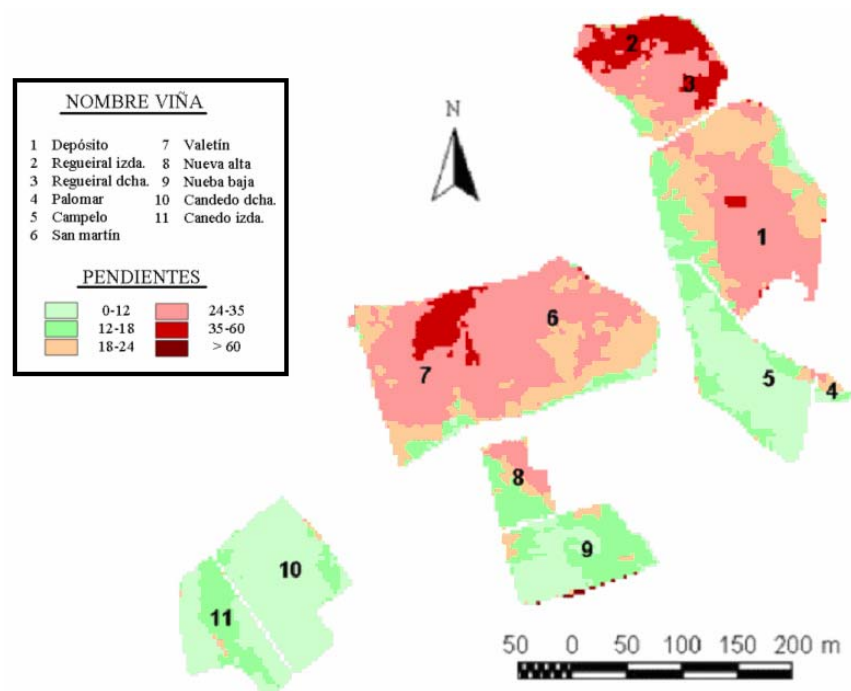


Figura 4. Plano de pendientes

De todos modos se ha tratado de introducir la influencia del clima en el modelo considerando la insolación para cada píxel. Según la metodología propuesta por Gandullo [MOPTMA 1995] y tomando como variables la pendiente, orientación y latitud de la zona se ha realizado un mapa de insolación que servirá para su inclusión en el modelo.

De forma complementaria se han determinado otros parámetros climáticos muy relacionados con la calidad vinícola: integrales térmicas de Winkler-Ameride y Huglin, los índices heliométrico e hidrotérmico de Branas, Bernon, Levadoux y de Davitaja.

Tabla 3. Superficie ocupada por cada variedad de vinífera

Variedad	Superficie		Variedad	Superficie	
	m ²	%		m ²	%
Godello	59808	42.6	Tempranillo	10656	7.6
Palomino Fino	928	0.7	Merlot	7616	5.4
Mencia	37568	26.7	Cabernet Sauvignon	9360	6.7
Chardoney	14544	10.3			

4.1.3 Variedad vinífera

La variedad de la uva es otro factor fundamental en cuanto a la calidad final del vino. Mediante el trabajo de campo se ha logrado cuantificar y localizar cada una de las variedades existente en las viñas. En la tabla 3 se recoge la superficie de cada variedad.

4.1.4 Sistema de conducción/poda

Para estimar esta variable se determinó la madera de poda en dos viñas (San Martín y Valetín) y la distancia entre cepas. El trabajo de campo consistió en un muestreo estratificado seleccionando 2 cepas contiguas representativas de cada una de las 15 áreas consideradas. Las variables medidas fueron número de sarmientos, longitud del

cordón y peso de madera de poda, a partir de las cuales se deducen otras a introducir en el modelo. Los datos de campo se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Muestreo de madera de poda

Identificador	Número medio sarmientos	Peso medio sarmiento (g)	Peso medio madera / cepa (kg)
1	7.75	55.6	0.417
2	8.5	82.4	0.688
3	9.5	110.6	1.132
4	8.75	48.3	0.355
5	8.75	81.6	0.682
6	10.25	78.5	0.755
7	9	59.2	0.494
8	8	92.6	0.724
9	11	39.9	0.438
10	8.75	26.3	0.231
11	9.5	32.1	0.291
12	13.75	12.5	0.174
13	20.75	44.3	0.943
14	9.75	16.2	0.152
15	21.5	43.2	0.928

En la tabla 5 se indican los resultados del análisis estadístico realizado con los datos de campo. Las variables independientes se indican en filas y las dependientes en columnas. Los cruces que tienen diferencias estadísticamente significativas (nivel de significación del 5%) aparecen con un “*si*”.

Tabla 5. Muestreo de madera de poda

	Número medio sarmientos	Peso medio sarmiento (g)	Peso medio madera / cepa (kg)
Identificador	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
Viña	<i>no</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
Variedad	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>no</i>
Suelo	<i>no</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
Protección	<i>no</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
Altitud	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
Insolación	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>no</i>
Pendiente	<i>si</i>	<i>no</i>	<i>si</i>
Orientación	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>no</i>
Muestra	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>

De estos resultados cabe resaltar que el número medio de pámpanos es mayor en la variedad Godello que en la Mencía, pero no es indicativo del vigor, porque el peso medio de madera de poda es superior en la Mencía; el peso medio de los sarmientos de Mencía es mayor que los de Godello; en cuanto al número de pámpanos según la insolación, hay diferencias significativas, y se establece una relación: a mayor insolación, menor número de pámpanos.

A partir de estas variables se miden otras sobre caracteres del follaje, frutos y pámpanos que condicionan los parámetros óptimos para la obtención de uva de calidad.

4.1.5 Susceptibilidad a enfermedades

Para darle valores a esta variable, se va a tener en cuenta las limitaciones hidrotérmicas definidas para la caracterización del medio físico, las cuales están muy cerca del límite del

ataque inexistente de mildew. Además se hace una clasificación de las zonas en función de su estado sanitario. Las zonas sanas tienen un valor de 3, las que tienen problemas (como las manchas), se le da un valor de 1, y el 2 para las zonas intermedias.

4.2 Modelo de aptitud vitivinícola

Con las variables descritas se realiza un modelo numérico en el que se asignan los siguientes pesos: 5 al terreno, 4 al clima, 3 a la variedad, 2 al sistema de conducción-poda y 1 a la susceptibilidad a enfermedades. A cada píxel de viña se le asigna un valor de 1, 2 o 3 para cada una de las variables, en orden de menos a más favorable. Por tanto el valor de cada píxel será el resultado del sumatorio del valor de cada variable por el peso concedido a cada parámetro.

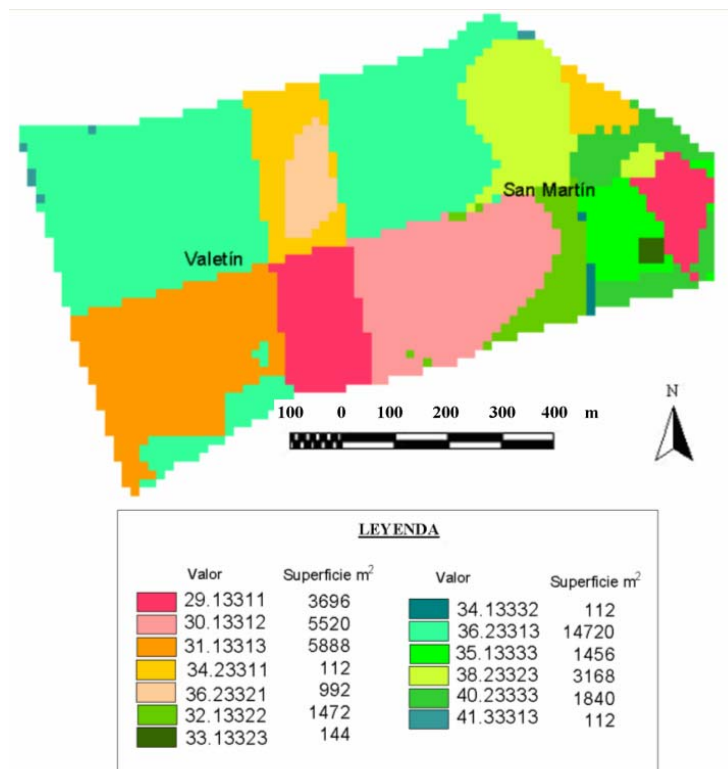


Figura 5. Modelo de aptitud vitivinícola

Como se pretende conocer el valor de cada variable en cada píxel, al número obtenido se le sumará una parte con 5 decimales que describen las variables consideradas en el orden establecido. Aplicando el modelo a las viñas Valetín y San Martín, se obtienen los resultados de la tabla 6, cuya distribución espacial se muestra en la figura 5.

Tabla 6. Valores y superficie del modelo de aptitud

Valor	Superficie en m ²	Valor	Superficie en m ²
29.13311	3696	34.23311	2528
30.13312	5520	36.23323	14720
31.13313	5888	36.23321	992
32.13322	1472	38.23323	3168
33.13323	144	40.23333	1840
34.13332	112	41.33313	112
35.13333	1456		

Por tanto el valor más frecuente es 36.23323, en el que los valores nos indican el valor de cada variable: terreno intermedio (2), buenas condiciones climáticas (3), buena variedad (3), sistema de conducción intermedio (2) y baja susceptibilidad a enfermedades.

5. Conclusiones

Los valores empleados para la caracterización de los viñedos para producir vinos de calidad son favorables, lo cual demuestra la buena aptitud general del medio físico en la que se ubican los viñedos.

El modelo para la estimación de la aptitud vitivinícola permite conocer los factores limitantes para cada porción de viña de 4x4m, permitiendo tomar las medidas adecuadas para su corrección. Los valores obtenidos en las viñas de validación se ajustan correctamente a las estimaciones realizadas posteriormente por el propietario de la viña.

El mantenimiento del modelo propuesto exige una actualización continua de las bases de datos: los resultados de los análisis de suelos realizados serán determinantes a la hora de efectuar abonados y otras actividades culturales. En este sentido se ha realizado un muestreo de suelo exhaustivo para complementar los datos del sistema.

Bibliografía

Carothers, J., *Imaginary technology meets vineyard management*. Practical Winery and Vineyard Magazine. May/June 2000, pp. 54-62

Cattlett, R. *Debugging California Cash Crops. Spatial information leads the battle against destructive pests*, Imaging Notes, January/February 2001, pp 25-32.

Conolly, N., *In vino veritas. Spatial technology can help to grow better grapes, and so produce better wines*. GIS User Editorial, Issue 41, August-September, 2000

Ensminger, P.A. *Geographic information technology and the Finger Lakes wine industry*, 2000 [<http://www.racne.org/wineandgit.html>].

Gordon, D.A., *Vineyard and winery management: a case study in GIS implementation*. ESRI user Conference, 1997 [<http://www.vestra.com/documents/services/vinewine.htm>].

MOPTMA, *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*, Centro de publicaciones MOPTMA, Madrid, 1995.

Rodríguez J.R. y Álvarez, M.F. *Geographic Information Systems capabilities for vine-producing management. Experiences in the Denominación de Origen Bierzo (León. España)*, Proceedings from 10th international conference GIS, Ostrava, República Checa, 2002, pp. 587-595.