

LAS TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN EN VITICULTURA DE PRECISIÓN

Beltrán, P. ^(P); Montesinos, S.

Abstract

Since 1999 several commercial satellites of very high resolution have been launched be in able to obtain information about any object in the terrestrial surface with a size upper of 60 cm. These satellites are orbiting over the Earth and supply customized information (the user choose *how*, *when* and *where* the satellite ad quires the image).The satellite images record the interaction between vineyards with the electromagnetic radiation of the visible and near-infrared regions of the electromagnetic spectrum. These interactions are directly related with the greenness of the plants, the photosynthetic activity rate and the biomass amount of the plant. The obtained information from satellite images can be, immediately, used in the improvement of the vineyard management because it allows us:

- a) *To assess the existing variability of the exploitation in critic periods of the vegetative development, and*
- b) *To establish areas with homogeneous characteristics in the exploitation.*

The acquired information before harvesting allows improve the work planning and to carry out the process in a selective way.

An integrated analysis with data from the plant-climate-soil sensors and with the information from satellite images provides continuous spatial temporal information to carry out an agricultural management addressed to the homogenization of the exploitation.

Keywords: Precision growing viticulture, teledetection, remote sensors, plant climate-soil sensors

Resumen

Desde 1999 varios satélites comerciales de muy alta resolución han sido capaces de obtener información sobre cualquier objeto en la superficie terrestre que tuviera un tamaño superior a los 60 centímetros. Estos satélites están orbitando sobre la tierra y proveen información determinada para requisitos particulares (el usuario elige *cómo*, *cuándo* y *dónde* el satélite adquiere la imagen).

Las imágenes basadas en dichos satélites registran la interacción entre los viñedos con la radiación electromagnética de las regiones visibles y cercano-infrarrojas del espectro electromagnético. Estas interacciones se relacionan directamente con el verdor de las plantas, el índice de actividad fotosintético y de la cantidad de biomasa de la planta.

La información obtenida de las imágenes de los satélites puede ser, inmediatamente utilizada en la mejora de los cultivos porque nos permite:

- a) *Determinar la variabilidad existente de la explotación en períodos críticos del desarrollo vegetativo.*
- b) *Establecer áreas con características homogéneas en la explotación.*

Por otro lado, la información adquirida antes de cosechar permite mejorar el planeamiento del trabajo y realizar el proceso de una manera más selectiva.

Además, un análisis integrado con datos de sensores climáticos en el suelo, junto con la información de imágenes de los satélites, proporciona una información espacio-temporal continua para realizar un cultivo agrícola dirigido a la homogeneización de la explotación.

Palabras clave: Viticultura de precisión, teledetección, sensores remotos, sensores planta-clima-suelo.

1. Introducción.

A partir de los años 90, la industria vitivinícola ha experimentado un notable crecimiento. Los países llamados del “nuevo mundo del vino” (Australia, Estados Unidos, Sudáfrica, Chile y Nueva Zelanda) han realizado grandes transformaciones, incrementando su producción y orientándola hacia los mercados internacionales, haciendo que el sector sea cada día más competitivo (figura 1).

Países como Australia, Chile y Estados Unidos han conseguido incrementos notables en la calidad de sus vinos, manteniendo niveles de productividad muy competitivos, realizando una Viticultura de Precisión. Ésta considera la variabilidad existente en un viñedo como el resultado de factores intrínsecos al lugar de producción, como el clima, la topografía o el tipo de suelo; y factores extrínsecos como el riego, la fertilización y otras prácticas agrícolas.

Tradicionalmente, las prácticas vitícolas son espacialmente uniformes y no consideran la heterogeneidad de los factores que inciden en la producción, haciendo que el proceso no sea totalmente eficiente, ya que zonas distintas son tratadas de forma homogénea, lo que provoca pérdidas económicas y medioambientales.

Los principales impactos económicos de la Viticultura de Precisión son un incremento de la cantidad de vino Premium y una reducción de los costes de producción.

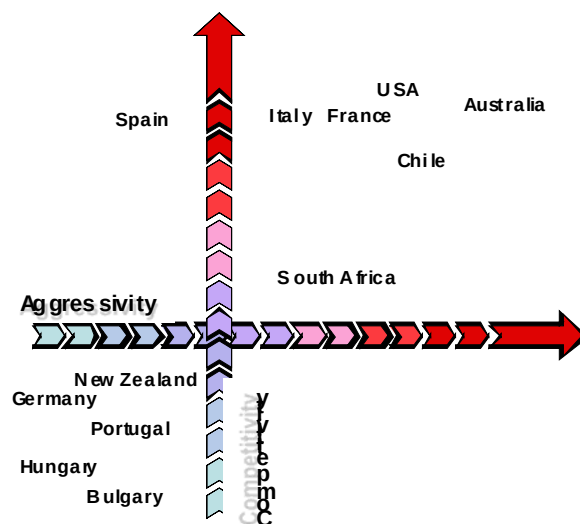


Figura 1. Escenario del Mercado mundial del vino (Montesinos y Quintanilla, 2006).

Las regiones pioneras en el uso de la Viticultura de Precisión han sido Australia y California (EEUU), aunque con diferentes aproximaciones.

En California, el énfasis se ha puesto en el concepto “sensores remotos” o lo que es lo mismo, en la obtención de imágenes multispectrales de las viñas a partir de satélites y aviones (Johnson *et al.* 1996 y Nemani *et al.* 2001).

En Australia, donde existe una fuerte mecanización, la adquisición de datos se realiza a través de monitores de rendimiento con posicionamiento GPS (*Global Positioning Satellites*), instalados en las propias cosechadoras (Bramley, 2000).

Desde el año 2004, en España, hemos propuesto una metodología basada en el uso integrado de “*sensores remotos*” y “*sensores planta-clima-suelo*” (Montesinos *et al.*, 2006 y Álvarez *et al.* 2006). Mientras éstos últimos nos proporcionan datos de una planta, continuos en el tiempo; los sensores remotos nos aportan datos multispectrales de todas las plantas de la explotación, facilitándonos un conocimiento continuo en el espacio y en el tiempo, que además queda registrado digitalmente, lo que permite su análisis en un Sistema de Información Geográfica (*GIS, Geographical Information System*).

2. ¿Qué es la teledetección?

La teledetección es la capacidad de obtener información mediante el análisis de la radiación electromagnética que refleja o emite un objeto de la superficie terrestre.

El ojo humano es un sensor que capta la radiación electromagnética en la región del visible, sin embargo no puede captar el infrarrojo reflejado, siendo ésta la región del espectro donde la vegetación presenta mayor reflectancia en función de las características y desarrollo vegetativo de los cultivos (Figuras 2 y 3).

El infrarrojo reflejado puede ser captado por sensores multispectrales a bordo de satélites y de aviones, permitiéndonos “ver” características de la vegetación invisibles al ojo humano.

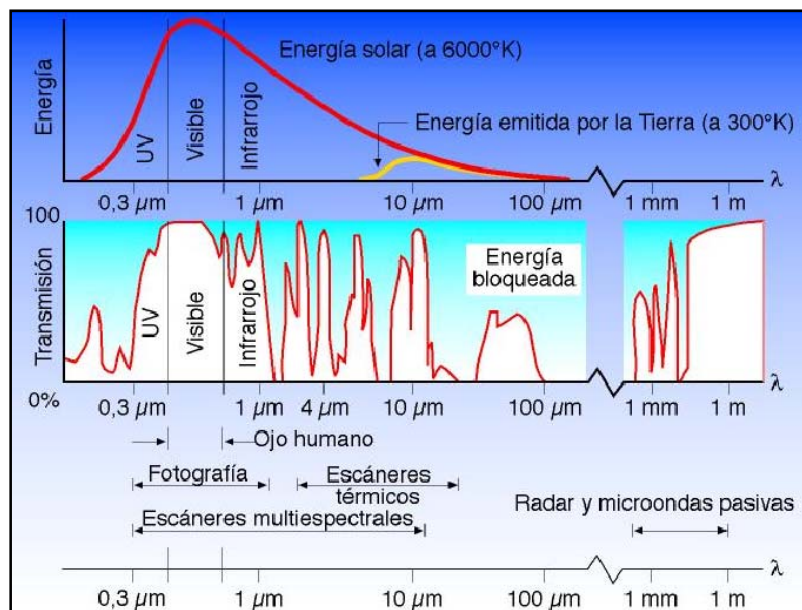


Figura 2. Principios físicos de la teledetección. El Sol es una fuente de energía que emite radiación en todas las longitudes de onda, esta radiación atraviesa la atmósfera en las denominadas “ventanas atmosféricas” e interacciona con los objetos de la superficie terrestre. Sensores adaptados son capaces de captar esta radiación y convertirla en una imagen digital.

Estos sensores codifican la radiación en forma de imágenes multispectrales que pueden ser georreferenciadas (adecuadas a una proyección cartográfica) y analizadas mediante programas informáticos que nos permiten extraer la información que contienen.

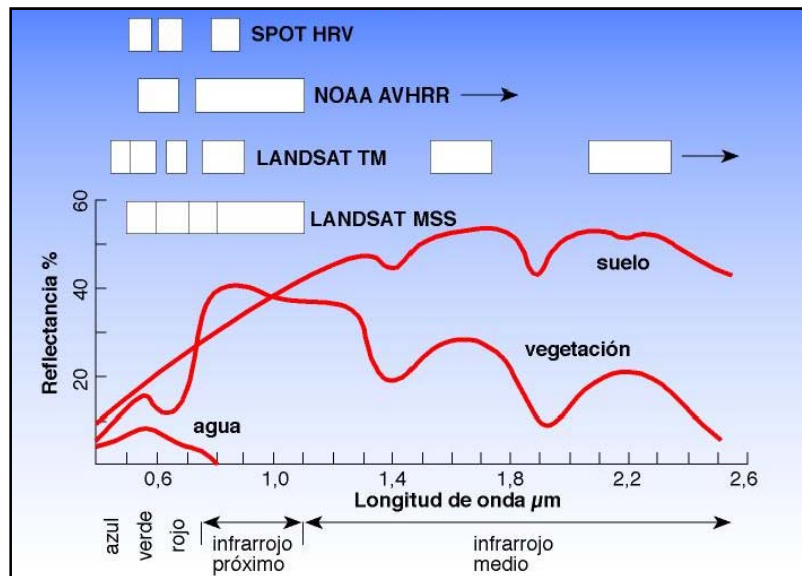


Figura 3. Las curvas de reflectancia de las principales cubiertas de la superficie terrestre. La respuesta espectral de la vegetación es más importante en la región del infrarrojo que en el visible.

Estos sensores codifican la radiación en forma de imágenes multispectrales que pueden ser georreferenciadas (adecuadas a una proyección cartográfica) y analizadas mediante programas informáticos que nos permiten extraer la información que contienen.

Las imágenes registran la interacción de la viña con la radiación electromagnética tanto en las regiones del visible como del infrarrojo próximo. Estas interacciones están relacionadas con el verdor de la planta, su tasa de actividad fotosintética y la cantidad de biomasa.

Existe una relación directa entre los Índices de Vegetación que se pueden obtener de las imágenes multispectrales, con el Índice de Área Foliar de la viña (*LAI*, *Leaf Area Index*) estimado en campo.

Estos Índices de Vegetación son utilizados para segmentar las viñas en zonas homogéneas, desde el punto de vista del vigor de la vegetación, y se ha demostrado que esta segmentación es muy útil para maximizar la producción de vinos de calidad.

Recientes estudios, en Francia, del ICV (*Institut Coopératif du Vin Vallée du Rhône*) y del Cemagref han demostrado que existe una correlación directa entre los valores de los índices de vegetación extraídos de una imagen con la calidad del mosto.

3 Metodología.

Desde el año 1999 se han lanzado varios satélites comerciales de muy alta resolución que permiten obtener información de cualquier objeto de la superficie terrestre con un tamaño superior a 60 centímetros. Estos satélites se encuentran orbitando alrededor de la Tierra y están disponibles para captar imágenes de cualquier punto de ella.

Frente a otras fuentes de datos como la ortofoto convencional (SIGPAC, PNOA,...), las imágenes de satélite aportan una información personalizada (el usuario escoge *cómo*, *cuándo* y *de dónde* el satélite debe captar la imagen).

Las imágenes se adquieren en el periodo de envero, cuando la cobertura foliar se encuentra totalmente desarrollada, y en un momento crítico para la obtención de un fruto de calidad.

Como hemos visto, las imágenes registran la interacción de la viña con la radiación electromagnética en las regiones del visible y del infrarrojo próximo del espectro

electromagnético. A partir de estos datos y mediante operaciones aritméticas que combinan la respuesta espectral de la planta en estas regiones del espectro, se calculan Índices de Vegetación.

Existe una relación directa entre los Índices de Vegetación que se pueden obtener a partir de la combinación de las bandas del rojo y del infrarrojo próximo de las imágenes multiespectrales, con el Índice de Área Foliar de la viña (*LAI*, *Leaf Area Index*) estimado en campo (Nemani *et al.* 2001).

Los Índices de Vegetación son utilizados para segmentar las viñas en zonas homogéneas, desde el punto de vista del vigor de la vegetación, y se ha demostrado que esta segmentación es muy útil para maximizar la producción de vinos de calidad (Johnson *et al.* 1996).

La información adquirida antes de la vendimia permite al gestor realizar una mejor planificación de la campaña de recolección, así como llevar a cabo el proceso de vendimia de una forma selectiva (figura 4).

Conocer la variabilidad existente, desde la visión integral de la explotación que proporciona el satélite, posibilita la puesta en marcha de un plan de homogeneización. Mediante prácticas agrícolas adecuadas se puede reducir la variabilidad de la finca, de manera que las características del fruto recogido en cada parcela sean lo más similares posible. Este mismo proceso puede llevarse a cabo entre parcelas plantadas con la misma variedad.

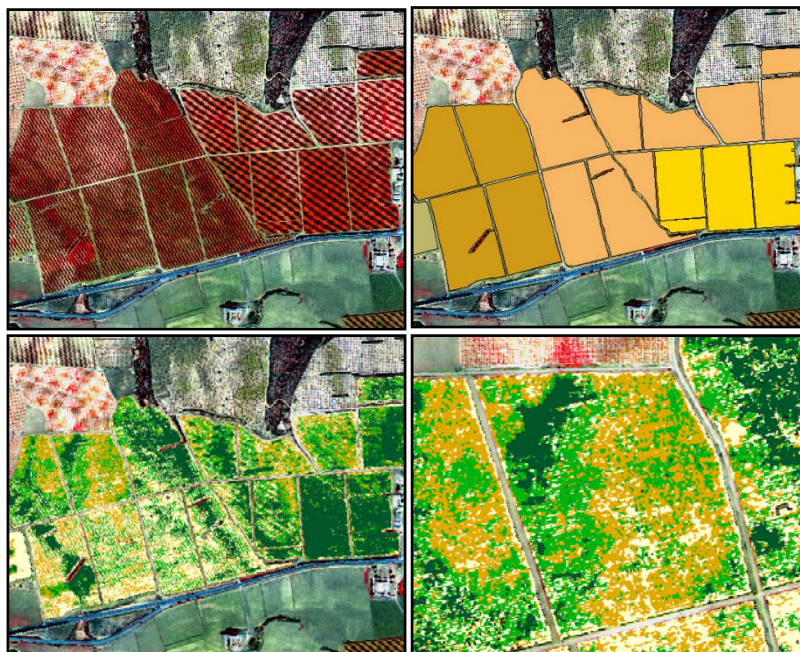


Figura 4. En las siguientes figuras se pueden ver datos generados a partir de imágenes multiespectrales: i) imagen de una explotación de viña en color infrarrojo, ii) cartografía de las variedades de viña por sectores, iii) zonificación de la explotación basada en el verdor de la planta, actividad fotosintética y cubierta vegetal y iv) detalle de la zonificación.

Una imagen nos permite obtener información multiespectral de todas las plantas de una explotación. Es decir, **información continua en el espacio**, sin embargo solamente nos ofrece información del momento de la toma.

Para caracterizar el desarrollo vegetativo de la viña es conveniente combinar esta información continua en el espacio con la **información continua en el tiempo** que nos proporcionan los *sensores planta-clima-suelo*.

Los sensores *planta-clima-suelo* miden de manera continua la humedad del suelo a diferentes profundidades, la variación de grosor del tronco de la planta y las variables climáticas de interés.

Nuestra experiencia práctica en viticultura determina que se puede caracterizar una variedad con un punto de muestreo bien seleccionado (Álvarez *et al.* 2006), y las imágenes multiespectrales nos permiten localizar puntos de muestreo representativos.

El análisis integrado de los datos recogidos por sensores *suelo-planta-clima* con la información aportada por las *imágenes multiespectrales* facilita su extrapolación al total de la finca y proporciona una herramienta útil para llevar a cabo las prácticas de gestión agrícola que permitan la homogeneización de la explotación (figura 5).

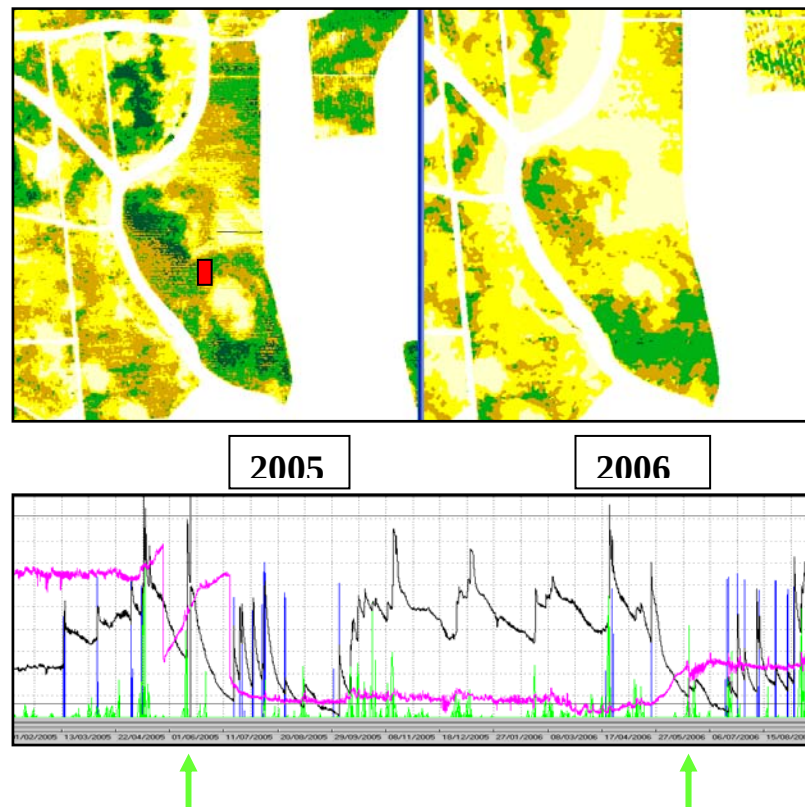


Figura 5. Seguimiento del plan de homogeneización de la variedad Merlot (2005-2006). En rojo, la localización del *sensor planta-clima-suelo*. En la parte superior, la zonificación obtenida a partir de imágenes multiespectrales en los años 2005 y 2006. En la parte inferior, gráficas integradas de precipitación (en verde), riego (en azul), reservas de agua en el suelo (en negro) y evolución de la planta (en rosa).

La figura 5 ilustra, mediante un ejemplo sencillo, las posibilidades que aporta esta metodología integrada de diagnóstico.

Las dos imágenes de la parte superior de la figura muestran dos mapas de la zonificación realizada en una parcela en dos años consecutivos (2005 y 2006). Cada uno de los colores representa la zona de la parcela donde la vegetación tiene características similares. La

variación de los colores indica la variación de vigor vegetativo y cobertura foliar de las zonas ordenándose de menor a mayor, según la gradación: amarillo pálido; amarillo, ocre, verde y verde oscuro.

Ambas imágenes se adquirieron en la época de envero, en la que se maximiza la variación en el estado de la vegetación permitiendo una comparación directa. La distribución de colores permite en ambos casos identificar zonas con características comunes dentro de la parcela, así como intuir el grado de diferencia existente entre cada una de estas zonas.

El rectángulo rojo localiza la posición del *sensor planta-clima-suelo* instalado en la parcela, y que ha venido recogiendo datos, en continuo, durante las campañas 2005 y 2006.

En la parte inferior de la figura, la gráfica representa el registro continuo de cuatro variables durante las campañas 2005 y 2006: i) la intensidad de las precipitaciones (en verde), ii) la intensidad del riego (en azul), iii) el porcentaje de agua útil en el suelo (en negro) y iv) el grosor del tallo de la planta (en rosa).

La gráfica de humedad en el suelo muestra las reservas de agua en el suelo, entre los límites (líneas horizontales negras) de la Capacidad de Campo y Punto de Marchitez. La evolución de la planta se representa (en magenta) partiendo de la existencia de una correlación entre el desarrollo vegetativo y el crecimiento acumulado de la planta durante la campaña.

En este ejemplo, se puede ver como la imagen de satélite y la gráfica que representa el crecimiento del tallo muestran que en 2006, el desarrollo vegetativo ha sido menor que en 2005, año en el que según el técnico de la bodega, la calidad del vino obtenido con uvas procedentes de esa zona fue óptima.

Se observa como el crecimiento acumulado de la planta en 2005 ha sido mayor que en 2006. La razón de esta diferencia se debe a que durante el periodo crítico para el desarrollo vegetativo (junio 2005) hubo una lluvia importante que elevó las reservas de agua por encima del 60%, y que duraron hasta finales de junio. Sin embargo, en 2006 las reservas de agua se encontraban muy bajas en el mes de junio, lo que produjo una ralentización del desarrollo foliar.

A la vista de esta información podemos concluir que si se hubiese regado previamente se podría haber corregido la situación y mejorado la calidad del producto.

Como se ha podido ver en la figura 3, todos los datos obtenidos por este método integrado de diagnóstico se incorporan automáticamente en un Sistema de Información Geográfica, obteniendo una base de datos de “*experiencias*”. De esta forma podremos intentar repetir las condiciones de aquellas campañas en las que se han obtenido los mejores resultados en términos de calidad y/o cantidad.

Este Sistema de Información Geográfica es una herramienta informática, que de una manera rápida, fácil y amigable, nos permite almacenar todos los datos recogidos por los sensores (imágenes, mapas, gráficos...) en lo que se denomina una geodatabase, y nos proporciona las funciones necesarias para recuperarlos, visualizarlos y analizarlos, sin necesidad de ser técnicos especializados.

4 Conclusiones.

Conocer la variabilidad de la viña significa mejorar la rentabilidad del negocio, ya que nos permite adoptar, preventivamente, medidas agrícolas adecuadas en unidades de cultivo homogéneas.

En la actualidad, en España, 40 explotaciones vitícolas están utilizando métodos de diagnóstico basados en la integración de *sensores remotos* con *sensores planta-clima-suelo*, para conocer la variabilidad de sus viñas.

Este método de diagnóstico integrado nos permite obtener un conocimiento continuo, en el espacio y en el tiempo, de cada variedad existente en nuestra explotación. Este conocimiento nos va a permitir identificar y caracterizar las zonas de excelencia de cada variedad y por lo tanto, realizar las prácticas agrícolas necesarias para homogenizar el resto de la/s parcela/s.

Todos los datos obtenidos por ese método de diagnóstico se integran automáticamente en un Sistema de Información Geográfica, convirtiéndose en una geodatabase de “*experiencias*” que se pueden repetir en años sucesivos.

Referencias

- [1] Álvarez, R.; Huete, J.; López, M.; Bea, M.; Fernández, L. y Montesinos, S. (2006).- *“Integración de nuevos métodos de diagnóstico en la gestión de información agrícola para mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad”*. Fruticultura profesional, nº 161: 81-87.4
- [2] Bramley, R. (2000).- *“Measuring within vineyard variability in yield and quality attributes”*. Vineyard monitoring and management beyond 2000. Wagga Wagga: 8-14
- [3] Montesinos, S. y Quintanilla, A. (2006).- *“BACCHUS: Methodological Approach for Vineyard Inventory and Management”*. European Commission. DG Research. RTD Action: Energy, Environment and Sustainable Development. Murcia.190 pp. ISBN: 84-611-0107-3.
- [4] Montesinos, S.; Fernández, L.; Bea, M.; Martínez, A.; Erena, M.; Francisco, J.; García, P.; González, F. y López, J.A.(2006).- *“BACCHUS: Una herramienta para mejorar el inventario y la gestión de la viña”*. V Foro Mundial de la Viña. Logroño, 28 al 30 de marzo de 2006.

Correspondencia (para más información contacte con:)

Pedro Beltrán Medina
Director Cátedra de la Viña y del Vino
Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología.
Universidad Politécnica de Valencia
Avda. Blasco Ibáñez, 21. 46010 Valencia.
Teléfono 963 87 71 44. Fax: 963 87 71 49
Email: pbeltran@fis.upv.es
Página web: www.catedravidyvino.es