

## MICRO – TERROIR

J.R. Marques da Silva<sup>1</sup>, J. Blanco<sup>2</sup>, J.M. Terrón<sup>2</sup>, F.J. Pérez<sup>2</sup>, F.J. Moral<sup>3</sup>, F. Galea<sup>2</sup>, J.A. Salgado<sup>2</sup>, y L.L. Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Escola de Ciências e Tecnologia, Apartado 94, 7002-554, Évora, Portugal. [jmsilva@uevora.pt](mailto:jmsilva@uevora.pt).

<sup>2</sup> Centro de Investigación “La Orden – Valdesequera”, Gobierno de Extremadura, Autovía A-5 p.k. 372, 06187, Guadajira (Badajoz).

<sup>3</sup> Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales, Avda. de Elvas, s/n, 06071, Badajoz.

### Resumen

El concepto de *terroir* en el vino está basado en la observación de que diferentes regiones, viñedos o secciones dentro del mismo viñedo, pueden producir vinos con identidades propias y muy diferentes entre sí. Este concepto se cristalizó con el fin de describir los aspectos únicos de un lugar particular (suelo, topografía y clima) que influyen y forman el vino que nace a partir de él.

Para una misma posición geográfica, podemos pensar que factores tales como el suelo y la topografía son fijos, en el espacio y en el tiempo, sin embargo las plantas del cultivo de viñedo presentan microvariaciones locales con diversas respuestas adaptativas. En efecto, dentro de un mismo viñedo, aéreas aparentemente uniformes desde un punto de vista pedológico y topográfico presentan plantas con vigores vegetativos totalmente distintos, considerando todos los factores fijos. Estos *micro – terroirs* vegetativos proporcionan una diferenciación en la maduración de la uva, creando así una variación espacial y temporal en la calidad de la misma.

Considerando los demás factores fijos y, partiendo del principio de que la variación espacial y temporal en el vigor vegetativo de una planta es un indicativo de su capacidad productiva, así como del potencial cualitativo del fruto, fueron controladas 80 hectáreas de viñedo mediante un sensor de vegetación. La base de datos, espacial y temporal, obtenida y posteriormente analizada por componentes principales, permitió elaborar zonas homogéneas de tratamiento que denominamos *micro – terroirs*. Como resultado, se encontró que existe una variabilidad espacial y temporal en las regiones aparentemente uniformes en términos pedológicos y topográficos, lo que sugiere una capacidad de adaptación genética que no siempre es fácil de tener en cuenta. La capacidad de monitorizar la variación espacial y temporal del vigor vegetativo de la vid, permitirá gestionar diferenciadamente las unidades geográficas distintas, desde el punto de vista de la calidad del vino.

Palabras clave: Sensores de vegetación, Vigor vegetativo, Viñedo, Terroir, Espacio y Tiempo.

## MICRO – TERROIR

### Abstract

The concept of wine *terroir* is based on the observation that different regions, vineyards or different sections within the same vineyard, can produce wines with an own identity and very much different from each other. This concept was crystallized in order to describe the unique aspects of a particular place (soil, topography and climate) that influence and shape the wine made from it.

For a particular location, we think that factors such as soil and topography are fixed in space and time, however, the vineyard plants, facing local micro-variations have different adaptive responses to it. Indeed, within the same vineyard regions apparently uniform from the pedological and topographical standpoint present vegetative variation considering all other factors fixed. These vegetative *micro – terroirs* provide a differentiation in grape maturation, thereby creating a spatial and temporal grape quality variability.

Considering the other factors fixed, we assume that the spatial and temporal variability of a plant vine vegetative vigor would be indicative of its production capacity as well as its fruit qualitative potential. Considering the previous 80 ha of vines were weekly monitored with a vegetation sensor. This space and time database, after being studied by principal component analysis has permitted the development of homogeneous treatment zones that we call *micro – terroirs*. As a result, it was found that there is a spatial and temporal variability of vigor in

regions apparently uniform from the pedological and topographic standpoint of view, showing a genetic adaptive capacity that is not always easy to consider. The ability to monitor the spatial and temporal variability of vine vegetative vigor, allows us to manage differently different geographical units from the standpoint of wine quality.

Keywords: Vegetation sensors, Vegetative vigour, Vineyard, Terroir, Space and Time

## Introducción

El *terroir*, término francés, hace referencia a una serie de características tangibles que definen un espacio concreto, entre las que destacan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, horas de sol, precipitaciones, temperatura, etc., e incluso, técnicas locales de viticultura. Todas estas propiedades, fundamentalmente climatológicas y edafológicas, y las interacciones entre ellas mismas producen una variabilidad, tanto espacial como temporal, en las características intrínsecas de los viñedos en cuanto a parámetros productivos y cualitativos se refiere (Hall et al., 2002). Diversos investigadores (Hunter and Archer, 2001a; Hunter and Archer, 2001b; Smart et al., 1985) establecen que los factores fijos relacionados con el *terroir* tienen una gran influencia sobre la calidad del fruto en el cultivo del viñedo, aceptándose por la mayoría que los vinos suelen contener caracteres intrínsecos propios relacionados con el lugar donde son producidos. El vigor vegetativo del viñedo, por su parte, es un parámetro esencial en la búsqueda de la calidad de los vinos, pues existe una relación directa entre el vigor y los parámetros cualitativos (Cortell et al., 2005), por lo que las variaciones que puedan ser producidas dentro de una misma parcela puede interpretarse en una variación en la calidad de los mostos y vinos resultantes. Este vigor vegetativo, por estar fuertemente influenciado por el *terroir* de la zona inmediata a su entidad como planta, dicho de otro modo, por *su micro – terroir*, va a sufrir variaciones espaciales y temporales en función de las que se produzcan en las características de este último.

Por tanto, la variabilidad en el vigor causa disformidad en el dosel vegetativo de los viñedos, haciendo necesaria la aplicación de la viticultura de precisión. El uso de este tipo de agricultura en el cultivo del viñedo, al igual que a cualquier otro cultivo, permite aplicar estrategias de manejo diferenciado en el mismo, utilizando para ello parámetros asociados a la producción de cosecha y a la calidad de la uva así como los correspondientes al suelo y al clima por su gran influencia en el producto final (Lamb and Bramley, 2001). En consecuencia, un manejo incorrecto del área de cultivo puede ser traducido en una reducción de la calidad del vino y de su volumen (Hall et al., 2002). Actualmente existen sensores de vegetación próximos (terrestres) capaces de recoger determinadas longitudes de onda de la luz reflejada por el dosel vegetativo del viñedo (Tardáguila and Diago, 2008), permitiendo conocer la variabilidad de vigor de las cepas que se puede producir en una parcela de cultivo. En este sentido, los índices de vegetación que pueden ser calculados a partir de estas reflectancias, son una herramienta útil para conocer el desarrollo vegetativo del viñedo y cómo pueden afectar los parámetros del *micro – terroir* al mismo. Las respuestas de la vegetación en las longitudes de onda en el rojo visible y en el infrarrojo cercano (NIR) han sido típicamente usadas para calcular los llamados “Índices de Vegetación”. Uno de estos índices vegetativos es el NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), el cual muestra las diferencias producidas en el vigor vegetativo del dosel del viñedo usando estas dos longitudes de onda mediante la Ecuación (1):

$$NDVI = (R_{NIR} - R_{RED}) / (R_{NIR} + R_{RED}), \quad (1)$$

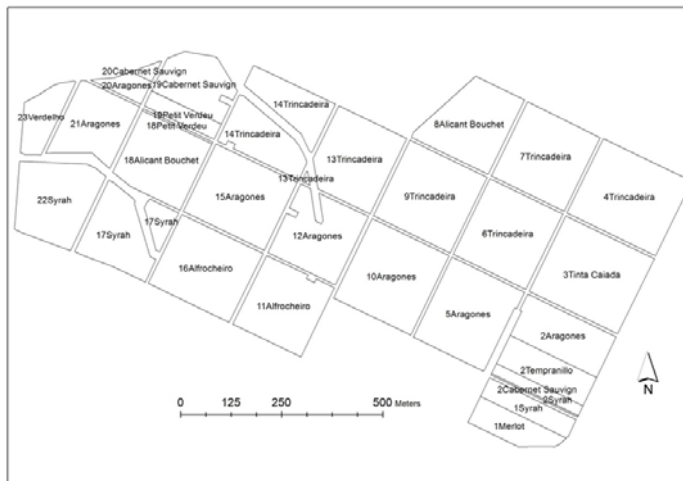
donde  $R_{NIR}$  y  $R_{RED}$  son los valores de las reflectancias en las respectivas bandas del espectro electromagnético. Este índice está basado en la alta absorción de la radiación PAR (Photosynthetically Active Radiation) por parte de la vegetación y su fuerte reflectancia en el infrarrojo cercano (Dobrowski et al., 2002), permitiendo diferenciar la variabilidad del vigor del dosel vegetativo en una parcela de cultivo.

Basado en estas consideraciones, el presente trabajo tiene el objetivo de determinar si el índice de vegetación NDVI, determinado geográficamente mediante sensores multiespectrales cercanos, es una

herramienta útil para estimar la variabilidad en el espacio y tiempo del vigor vegetativo en el cultivo del viñedo, debido al *micro – terroir* producido en el área inmediata a las plantas dentro de una misma parcela, con un manejo del cultivo homogéneo.

## Material y Métodos

### Área de ensayo y material genético



**Figura 1. Material genético del área de estudio.**

El ensayo fue llevado a cabo durante la campaña 2012 en una parcela de viñedo denominada Casito (Lat: 38° 32 '37.87"N, Long: 52° 7' 11:00"W), perteneciente a la finca Pinheiros, y situada en las inmediaciones de la ciudad de Évora, región del Alentejo, en el sur de Portugal. El clima, de características mediterráneo, se caracteriza por tener inviernos fríos y húmedos, y veranos calurosos y secos. Las precipitaciones son irregulares, con veranos prácticamente secos y una media anual de 600 mm. El suelo es de tipo Luvisol, con textura franco-arenosa a arenosa en el horizonte superficial y franco-arcillo-arenoso a arcilloso en los profundos.

El material vegetal utilizado en el ensayo (Figura 1) abarca una extensión de 80 hectáreas de viñedo con diferentes variedades de vid repartidas en sub-parcelas, comprendiendo en casi su totalidad variedades de uva tinta (*Vitis vinífera* L.), excepto una pequeña sub-parcela de la variedad “Verdelho” situada en el extremo oeste del área de ensayo. La distancia entre calles y entre plantas es de 2,50 m y 1,00 m, respectivamente y las prácticas culturales se caracterizan, principalmente, por la técnica “no laboreo” y un riego anual de 30 – 60 mm. La parcela, de superficie irregular, tiene una diferencia de cota de 16 metros, con una altitud máxima de 258 m, respecto del nivel del mar, en la zona este y la mínima en la oeste.

### Determinación del índice de vegetación NDVI

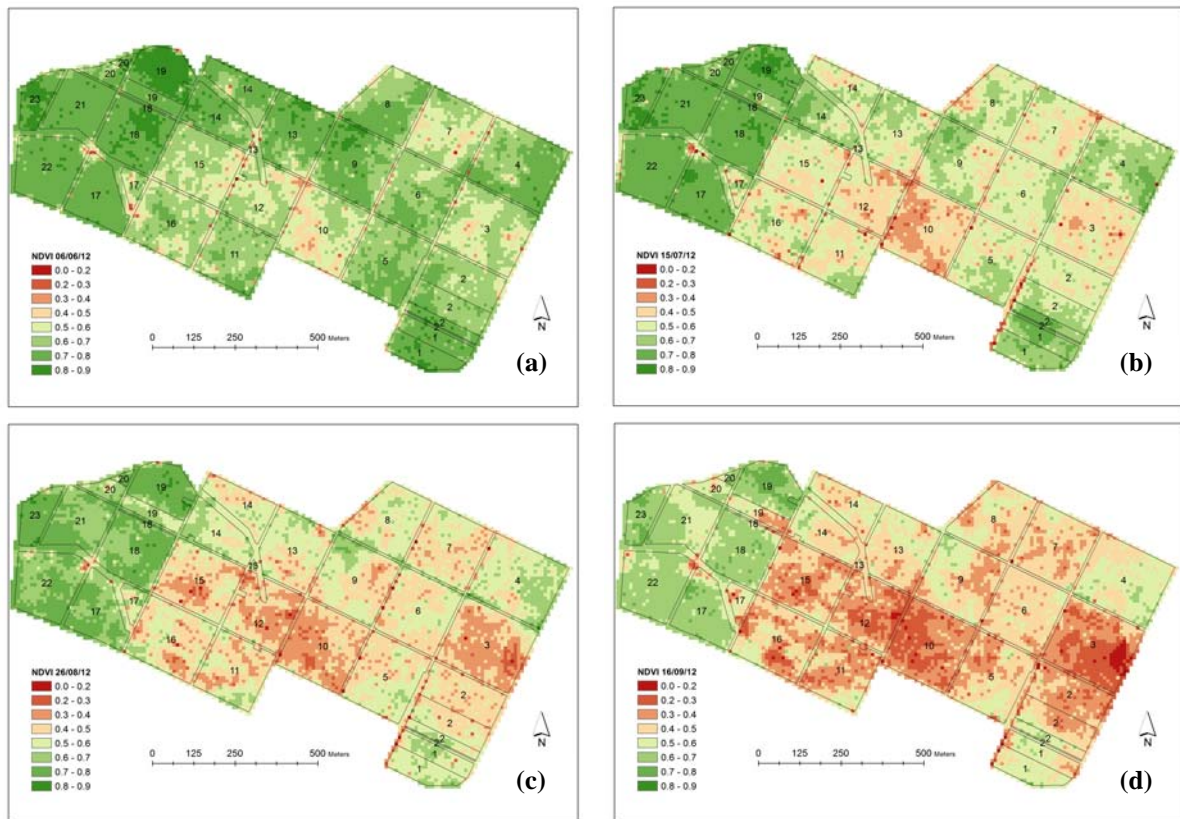
La determinación del índice de vegetación NDVI fue realizada mediante un sensor cercano instalado sobre un vehículo terrestre (quad). Este sensor (OptRx ACS-430, Ag Leader Technology, E.E.U.U.) proporciona directamente dicho índice, calculado a partir de los canales ópticos a longitudes de onda de 670 nm y 780 nm, procedentes de la reflectancia de la cubierta vegetal del viñedo. La información se recogió a través de un colector de datos, tipo PDA, conectado al sensor, mediante el software SMS Mobile 6.0.0.5 (Ag Leader Technology, E.E.U.U.) con una frecuencia de un dato por segundo; la posición geográfica fue obtenida por un sistema GPS con correcciones diferenciales mediante sistema satelital EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), que permitió reducir la precisión a un error por debajo de 50 cm. La logística seguida para la determinación de la reflectancia de la cubierta vegetal se situó el sensor de vegetación a una altura de 50 cm sobre el cenit de la misma, desplazándolo sobre el cultivo y siguiendo un ciclo basado en muestrear tres líneas de espaldera, separadas 15 m entre sí, seguida de otra línea separada 7,50 m. Esta operación se realizó cada 5 – 10 días desde el 6 de junio hasta el 5 de noviembre, con un total de 19 mapas.

## Tratamiento de los datos espacial y temporalmente distribuidos

El planteamiento desarrollado en el presente trabajo para el análisis de los datos se basó en aplicar la herramienta de Análisis de Componentes Principales (ACP) al conjunto de mapas obtenidos en cada una de las fechas de determinación del índice de vegetación NDVI, mediante el software ArcGIS v.10.1 (ESRI, E.E.U.U.). Previo al análisis ACP, se aplicó a cada una de las fechas de mapeo la herramienta necesaria para convertir los datos vectoriales (puntos) originados por el sensor a entidades raster con una resolución de 10 m (*toolboxes\system toolboxes\conversion tools.tbx\to raster\ point to raster*), obteniendo los mapas correspondientes a cada una de ellas.

## Resultados y Discusión

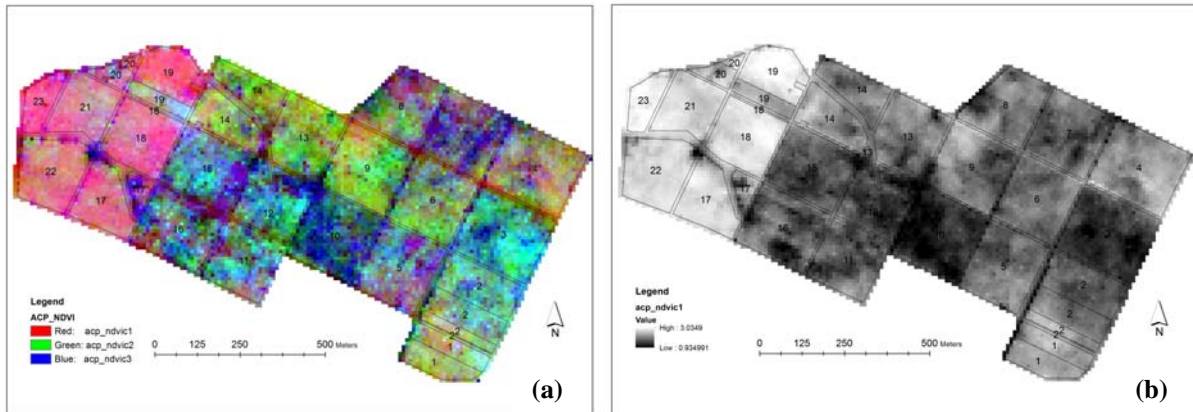
La Figura 2 muestra algunos de los mapas de distribución del NDVI obtenidos durante la campaña 2012. Se observa en ellos la evolución espacial y temporal del dicho índice, mostrando una situación diferente en función de las condiciones específicas presentes en cada uno de los pixeles que forman los mapas.



**Figura 2. Mapas de NDVI obtenidos en las fechas 6 de junio (a), 19 de julio (b), 26 de agosto (c) y 18 de septiembre (d).**

Esta variabilidad temporal del índice de vegetación NDVI, nos indica las localizaciones donde las plantas están más sujetas, durante toda la campaña, a fenómenos diferenciados de suelo, riego, nutrición, genética, topografía, etc., o dicho de otro modo, a aspectos asociados al *terroir*. A partir de los datos obtenidos pueden ser identificadas zonas bien distintas en relación a los aspectos asociados al estrés de las cepas, así como a aquellos que puedan achacarse a la calidad de la uva. De acuerdo con (Carbonneau, 1995), maduración de baya, cosecha y calidad del vino son dependientes de la estructura del dosel vegetativo, la cual viene definida, entre otros aspectos, por el microclima y la actividad fotosintética.

La Figura 3a muestra el mapa obtenido a partir del análisis de componentes principales (ACP) del conjunto de todas las fechas de mapeo de NDVI, proporcionando las tres primeras componentes un 95,59% de la variabilidad espacial y temporal del viñedo durante la campaña.



**Figura 3. – (a) RGB de las tres primeras componentes y (b) primera componente principal del análisis de componentes principales efectuado sobre el índice de vegetación NDVI durante toda la campaña 2012.**

Se observa cómo las plantas muestran condiciones de vigor vegetativo diferentes, tanto entre sub-parcelas como dentro de ellas, indicando, por tanto, distintos *micro – terroirs* durante una misma campaña de producción y pudiendo, además, presentar un patrón distinto desde el punto de vista multianual en función de la climatología. No obstante, a pesar de las variaciones observadas en el desarrollo vegetativo de las distintas variedades de vid comprendidas en el ensayo, se produjo una alta homogeneidad en la evolución temporal del vigor vegetativo en toda el área (Figura 3b). Esta homogeneidad puede observarse a través de la primera componente principal de dicho análisis, la cual representa el 90,23% del patrón espacial de crecimiento vegetativo seguido a lo largo de la campaña, debido a la alta correlación existente entre los sucesivos mapas que la componen. Numerosos investigadores muestran en sus estudios que el grado de desarrollo del vigor vegetativo de las cepas pueden afectar diversos parámetros relacionados con el uso del agua disponible para las plantas (Williams et al., 2003), a los parámetros de cosecha (Dry, 2000; Smart, 1985), a la maduración del fruto (Winkler et al., 1974) así como a las características cualitativas del mismo (Jackson and Lombard, 1993; Lamb et al., 2004). En este sentido, las microvariaciones del vigor vegetativo de cada planta, el cual está determinado en gran parte por la influencia de los factores fijos que la rodean, pueden tener impacto en la variación de la calidad del vino resultante.

## Conclusiones

El trabajo realizado ha llevado a cabo una práctica evaluación técnica de la variabilidad temporal del vigor vegetativo en un cultivo de viñedo, de carácter comercial, compuesto por un elevado número de variedades pertenecientes a la especie *Vitis vinifera* L. Dicho vigor, estimado a partir del índice de vegetación NDVI resultante de la reflectancia de la cubierta vegetal del cultivo permite, por un lado, identificar el *micro – terroir* anualmente a través de una técnica basada en la utilización de sensores cercanos moto-transportados y, por otro, asociar dicho *micro – terroir* a los aspectos cualitativos de la uva, y seguramente los aspectos cualitativos del vino, debido a la fuerte relación existente entre estos y el desarrollo vegetativo de las cepas.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con la financiación del proyecto RITECA, Red de Investigación Transfronteriza de Extremadura, Centro y Alentejo, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo

Regional (FEDER) a través del Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España – Portugal (POCTEP) 2007 – 2013.

Los autores agradecen la colaboración del equipo técnico de la Fundação Eugénio de Almeida, en especial a los Ing. Pedro Baptista, Ing. João Torres, Ing. Mariana Torres y Ing. Ana Simões.

## Bibliografía

- Carbonneau, A. (1995). General relationship within the whole-plant: Examples of the influence of vigour status, crop load and canopy exposure on the sink "berry maturation" for the grapevine. In "Strategies to optimize wine grape quality", Vol. 427, pp. 99-118. Acta Hort. (ISHS).
- Cortell, J. M., Halbleib, M., Gallagher, A. V., Righetti, T. L., and Kennedy, J. A. (2005). Influence of vine vigor on grape (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) and wine proanthocyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**, 5798-5808.
- Dobrowski, S. Z., Ustin, S. L., and Wolpert, J. A. (2002). Remote estimation of vine canopy density in vertically shoot-positioned vineyards: determining optimal vegetation indices. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **8**, 117-125.
- Dry, P. R. (2000). Canopy management for fruitfulness. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **6**, 109-115.
- Hall, A., Lamb, D. W., Holzappel, B., and Louis, J. (2002). Optical remote sensing applications in viticulture - a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **8**, 36-47.
- Hunter, J. J., and Archer, E. (2001a). Long term cultivation strategies to improve grape quality. In "VIII Viticulture and Enology Latin American Congress.", pp. 24 p., Montevideo, Uruguay.
- Hunter, J. J., and Archer, E. (2001b). Short-term cultivation strategies to improve grape quality. In "VIII Viticulture and Enology Latin American Congress", pp. 16 p., Montevideo.
- Jackson, D. I., and Lombard, P. B. (1993). Environmental and management-practices affecting grape composition and wine quality - A review. *American Journal of Enology and Viticulture* **44**, 409-430.
- Lamb, D., and Bramley, R. G. V. (2001). Managing and monitoring spatial variability in vineyard variability. *Natural Resource Management* **4**, 25-30.
- Lamb, D. W., Bramley, R. G. V., and Hall, A. (2004). Precision viticulture - an Australian perspective. In "Viticulture - Living with Limitations" (A. G. Reynolds and P. Bowen, eds.), pp. 15-25.
- Smart, R. E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality - A review. *American Journal of Enology and Viticulture* **36**, 230-239.
- Smart, R. E., Robinson, J. B., Due, G. R., and Brien, C. J. (1985). Canopy Microclimate modification for the cultivar Shiraz.1. Definition of canopy microclimate. *Vitis* **24**, 17-31.
- Tardáguila, J., and Diago, M. P. (2008). Viticultura de Precisión: Principios y Tecnologías Aplicadas en el Viñedo. In "VI World Wine Forum", Logroño. Spain.
- Williams, L. E., Phene, C. J., Grimes, D. W., and Trout, T. J. (2003). Water use of young Thompson Seedless grapevines in California. *Irrigation Science* **22**, 1-9.
- Winkler, A. J., Cook, J. A., Kliewer, W. M., and Lider, L. A. (1974). "General viticulture," University of California Press, Berkeley.