

RESUMEN TESIS

El objetivo principal de este trabajo ha consistido en desarrollar y aplicar una metodología basada en procesos de minería de datos, que permita obtener un conocimiento útil en el campo de la viticultura dentro del proceso de maduración de la uva, en el control de las técnicas de cultivo y en la producción de vino, utilizando redes de sensores inalámbricas en situaciones donde aporten una información interesante del proceso.

La metodología se basa en técnicas de minería de datos, prestando especial atención a los métodos de selección de variables y a la generación y validación de algoritmos de aprendizaje, que permiten obtener modelos predictivos altamente precisos y fácilmente interpretables.

Aplicación de la metodología en varios casos prácticos:

- El modelado de variables significativas del proceso de maduración de la uva considerando variables meteorológicas, del cultivo y del medio.
- La obtención de modelos de predicción de parámetros que definan la calidad del vino durante el proceso de producción, considerando las condiciones del suelo y ambientales en el que se ha desarrollado la planta.
- La predicción, a través de modelos, del potencial hídrico foliar de la planta para la ayuda en la toma de decisiones del proceso de irrigación del viñedo.

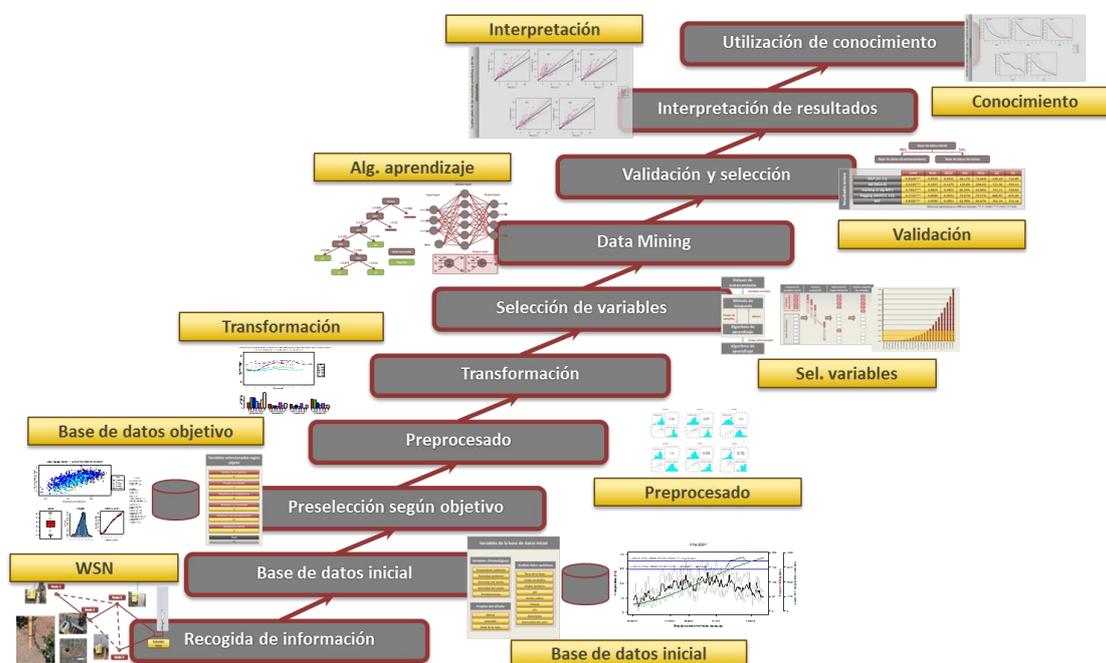


Figura 1: Metodología utilizada basada en técnicas de minería de datos

CASO DE ESTUDIO 1

Los controles de maduración de la uva en regiones vitivinícolas son una práctica generalizada, ya que dependiendo de la zona de análisis, muestran si en esa área la

evolución está siendo positiva o negativa. Una de las regiones donde se realizan estos controles es la Denominación de Origen Calificada Rioja (DOC Rioja).

Estos análisis dan una idea del estado vegetativo y sanitario del viñedo, y además muestran la evolución de los parámetros fenólicos y tecnológicos de los diferentes puntos de estudio de la región. Los datos utilizados en este estudio son los recogidos en diferentes localizaciones de la DOC Rioja donde durante 8 años se realizaron análisis de diferentes parcelas, más concretamente en 54 parcelas, para combinar estos datos con los obtenidos de las 24 estaciones meteorológicas que se encuentran en la zona, y determinar su relación.

Durante este seguimiento se consideran dos aspectos acerca de la madurez de la uva, la madurez tecnológica que está vinculada a variables como el grado alcohólico, la acidez tartárica y málica, el pH..., y la madurez fenólica más relacionada con atributos referentes al color de la uva como los antocianos, polifenoles... Estos dos procesos de maduración no alcanzan su estado óptimo al mismo tiempo y por ello debe realizarse un control para ambos procesos de maduración.

En este trabajo se va a analizar como la evolución de estos procesos se ve afectada por las condiciones climatológicas y como diferentes condiciones en diferentes áreas de una misma región, hacen que la evolución de la maduración sea diferente. De tal manera que se va a desarrollar un proceso de minería de datos para poder predecir los valores que marcan esta maduración de acuerdo a las condiciones climatológicas observadas y a las previsiones que se estiman, en diferentes parcelas con diferentes características. Y de esta manera ayudar en la toma de decisiones en la realización de una planificación de la vendimia mas adecuada a las características que la bodega desea obtener en las uvas recogidas.

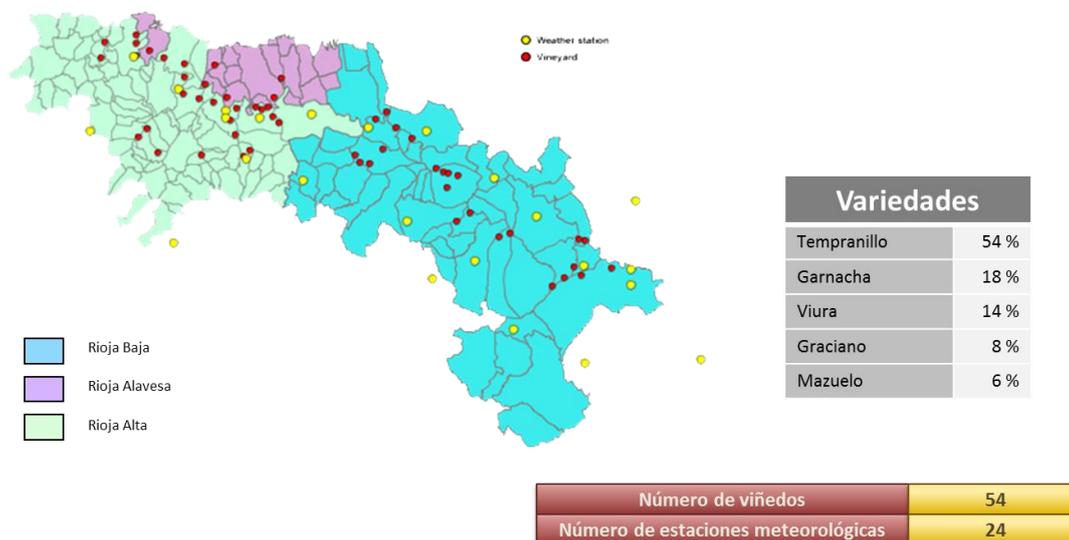


Figura 2: Caso de estudio: predicción de variables relacionadas con la maduración de las bayas de uva en la DOC Rioja

CASO DE ESTUDIO 2

Desde los orígenes de la viticultura se ha considerado que el vino es un producto ligado a un cierto lugar y a las características que este lugar aporta al cultivo de la vid, siendo el clima y el suelo los factores que más afectan al desarrollo de la planta y a la

composición de las bayas, y unos de los responsables de aportar al vino unas peculiaridades especiales.

Los suelos más adecuados para la vid son los que se encuentran en terrenos bien drenados, sitios con un equilibrio entre un buen drenaje y una alta capacidad para retener agua, de tal manera que la vid no sufra demasiado estrés hídrico durante el verano y a su vez drene rápidamente el agua en caso de la aparición de lluvias durante el periodo de maduración del fruto.

Además, el suelo sirve de soporte físico para la planta y de sustrato que alberga los nutrientes disponibles para la misma. Entre las propiedades más interesantes del suelo se encuentran la textura, la estructura, el grado de acidez y el contenido de materia orgánica. Para este experimento se seleccionan dos tipos de suelo en la misma parcela, ambos con relativa profundidad, el suelo tipo A que es un suelo con mayor cantidad de arenas y elementos gruesos y presenta un drenaje rápido y poca capacidad de retención de agua (terrazza media pedregosa tipo Xerochreptic Calciorthid), y el suelo tipo B que es más rico en limos y carbonatos con una mayor capacidad de retención de agua (terrazza media tipo Typic Xerofluent).

En este trabajo, se estudia como ciertos parámetros del mosto y del vino que se produce por las bodegas, varían dependiendo de las condiciones meteorológicas que el viñedo ha soportado durante la temporada y cómo en esa variación, tiene gran importancia también las características y el tipo de suelo sobre el que se encuentra la cepa. De tal manera que se desarrolla un proceso de minería de datos para predecir los valores que indican las características de los mostos a la llegada a la bodega y de los vinos durante su fermentación, para finalmente determinar cómo dependiendo del suelo y de su influencia se observan diferentes resultados.

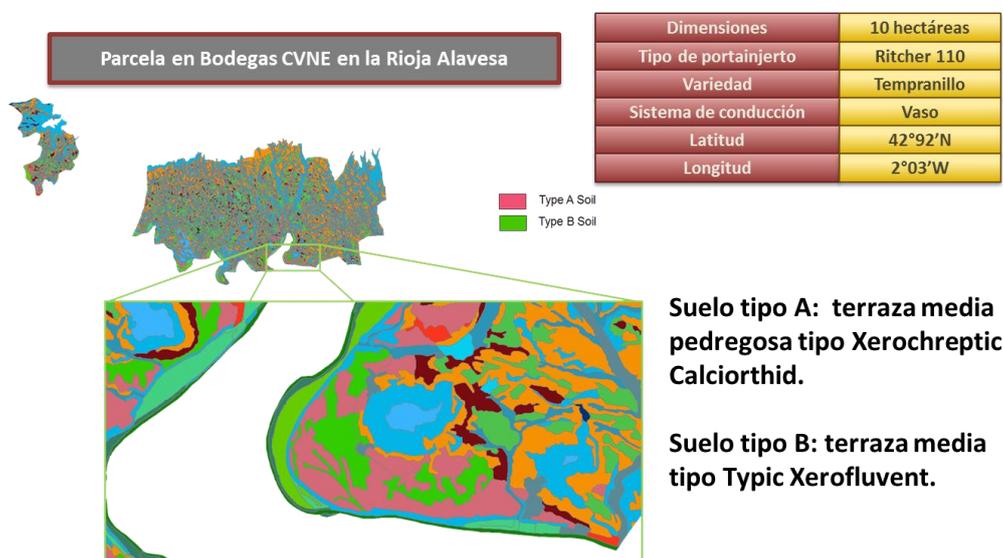


Figura 3: Caso de estudio: predicción de variables relacionadas con el proceso productivo del vino a partir del entorno de crecimiento de la planta

Para determinar cómo el tipo de suelo de la parcela afecta a la uva producida, se ha instalado una WSN en una parcela de la bodega riojana CVNE. De esta forma se estudia el efecto del suelo, conjuntamente con la influencia de las condiciones climáticas, en el comportamiento de crecimiento y desarrollo de las vides y del fruto que producen. Para realizar el experimento, durante tres años (2009-2011) se analizan variables provenientes de la estación meteorológica disponible, de los sensores conectados a los

nodos de la WSN, de los análisis realizados al suelo en los puntos donde se instalaron los nodos sensores y de la evolución de ciertos parámetros obtenidos de los mostos y en los vinos producidos.

CASO DE ESTUDIO 3

Actualmente el uso de diferentes portainjertos en viticultura tiene una gran difusión, debido principalmente a la aparición de las enfermedades provocadas por la filoxera y los nematodos, aunque, también es muy utilizado su uso en la adaptación a las condiciones de determinados suelos y regiones, ya que los portainjertos modifican el comportamiento vegetativo de las plantas.

Por ello, una vez la ubicación del viñedo y la variedad han sido elegidas, hay que determinar cuál será el portainjerto que mejor se adapta a las condiciones del lugar y a su vez, que mejor mantiene la relación del conjunto vinífera-patrón, ya que éste va a transmitir a la vinífera parte de sus cualidades. Hay multitud de portainjertos, cada uno con unas cualidades diferentes, unos permiten una mejor adaptación a suelos calizos, otros a terrenos afectados por la sequía, otros a suelos arcillosos, otros a suelos salinos, etc.

En el experimento realizado se analiza como dos tipos de portainjertos diferentes, 1103 Paulsen y 101-14 Mgt, se comportan ante una misma situación climática y con unos mismos factores de cultivo, teniendo en cuenta que estos dos tipos de portainjertos se comportan de manera diferente ante situaciones de sequía o de excesiva humedad. Para comprobar su comportamiento, se analiza el potencial hídrico foliar y la relación que éste tiene con la cantidad de agua disponible en el suelo para las raíces de la planta, ya que cada portainjerto hace diferente uso de las reservas hídricas de las que dispone. Siendo el portainjertos 1103 Paulsen mucho más adecuado para suelos donde hay una elevada sequía, mientras que el tipo 101-14 Mgt muestra mucho mejor adaptación a terrenos compactos con gran cantidad de arcilla, donde el exceso de humedad es corriente.

Para determinar el comportamiento que estos dos tipos de portainjertos demuestran se analiza la humedad del suelo y el potencial hídrico foliar de las plantas durante una temporada, en un parcela sembrada con ambos tipos de portainjertos, y donde todas las demás características relativas al viñedo son similares.

Para conocer como cada tipo de portainjerto aprovecha las reservas hídricas de las que dispone, se instaló una WSN en una parcela experimental perteneciente a la Universidad de California Davis, situada en el valle de Napa. En dicha parcela, plantada con los dos tipos de portainjertos analizados, fueron elegidas varias localizaciones aleatoriamente donde se situaron los nodos de la red. En cada localización elegida, se mide la humedad del suelo a diferentes profundidades y se observa como la planta y su potencial hídrico son afectados según la humedad del terreno y las condiciones atmosféricas. Para realizar el experimento se analizan variables provenientes de la estación meteorológica disponible, de los sensores conectados a los nodos de la WSN y de las mediciones de potencial hídrico realizadas en los puntos donde se instalaron los nodos sensores.

Con la información recogida, se desarrolla un proceso de minería de datos para predecir los valores del potencial hídrico foliar en la planta durante la temporada a través de los datos recogidos acerca de la humedad en el sistema radicular y de las condiciones atmosféricas presentes, y comparando los resultados obtenidos según el tipo de portainjerto. Además la realización de estos modelos permite ayudar a la toma de decisiones en el control de sistemas de riego de los viñedos, dando a conocer al

viticultor cuando debe realizarse el proceso de riego y cual es la cantidad de agua que debería emplearse.

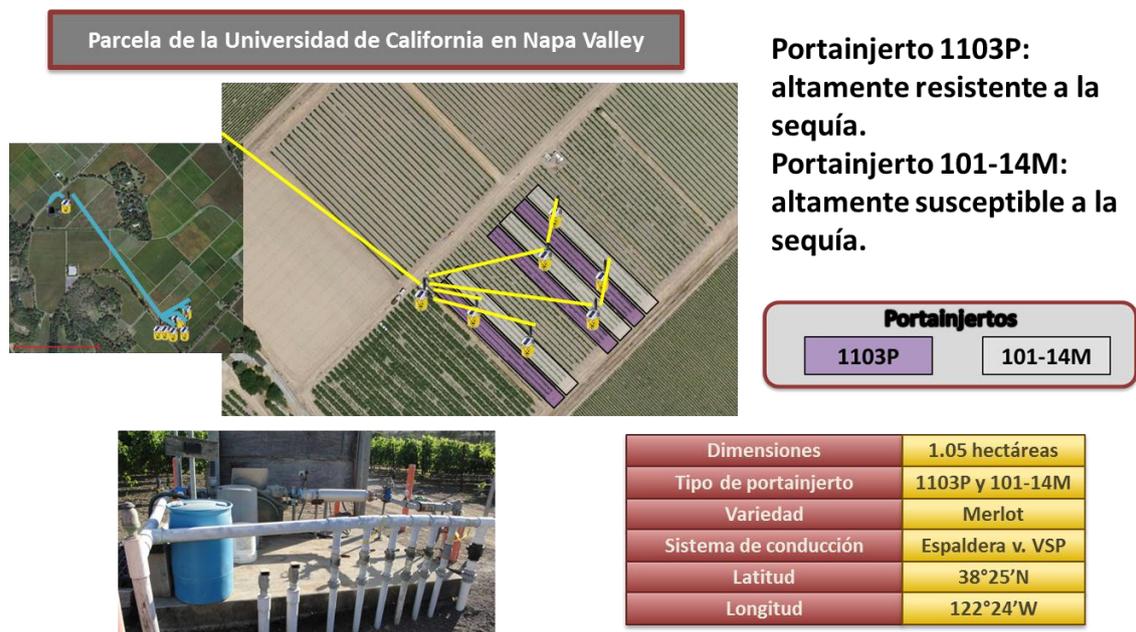


Figura 4: Caso de estudio: análisis de la influencia del protainjertos en el estado hídrico de la planta y control de irrigación según el entorno de la planta