



Universidad de Valladolid

Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS
AGRARIAS**

Grado en Enología

**Efectos del estado nutricional del viñedo
sobre la composición química y las
características sensoriales de los vinos cv.
Tempranillo**

Alumna: Lucía Sánchez Sanz

Tutora: M^a Rosa González García

Cotutor: José Manuel Rodríguez Nogales

Cotutora: Encarnación Fernández Fernández

Julio 2019

ÍNDICE

1. RESUMEN	4
2. INTRODUCCIÓN	4
2.1. LA NUTRICIÓN EN EL VIÑEDO	5
2.2. INFLUENCIA DE LA NUTRICIÓN MINERAL EN LA CALIDAD DE LA UVA Y EL VINO	6
3. OBJETIVOS	7
4. MATERIALES Y MÉTODOS	7
4.1. ZONA DE ESTUDIO	7
4.2. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS	8
4.3. MATERIAL VEGETAL	8
4.4. METEOROLOGÍA	9
4.5. CONTROLES Y OBERVACIONES	10
4.5.1. Contenido de elementos minerales en peciolos	10
4.5.2. Contenido de clorofila foliar rendimiento y vigor del viñedo	10
4.6. MICROVINIFICACIONES.....	10
4.7. DETERMINACIONES ANALÍTICAS DE LOS VINOS	11
4.7.1 pH y acidez total	11
4.7.2 Acidez volátil.....	11
4.7.3 Grado alcohólico	12
4.7.4 Índice de polifenoles totales.....	12
4.7.5 Intensidad colorante y tonalidad	12
4.7.6 Índice de ionización (IH)	12
4.7.7 Grado de polimerización de taninos condensados (HCl)	12
4.8. ANALISIS SENSORIAL DE VINOS.....	12
4.9. ANALISIS DE DATOS	13
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
5.1. RELACIONES ENTRE EL ESTADO NUTRICIONAL Y EL NIVEL FOLIAR DE LA CLOROFILA.....	13
5.2. EFECTOS DEL ESTADO NUTRICIONAL SOBRE EL VIGOR Y RENDIMIENTO DEL VIÑEDO	15
5.3. EFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL VIÑEDO SOBRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL VINO	17

5.4. EFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL VIÑEDO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO.....	19
5.5. CORRELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL VINO	22
6. CONCLUSIONES	24
7. BIBLIOGRAFÍA	24

1. RESUMEN

Conocer la disponibilidad de los nutrientes en la viña es un aspecto clave para poder optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas, la maduración de la uva y la composición del vino final.

Los objetivos de este estudio han sido (1) evaluar la influencia del estado nutricional del viñedo en la composición y las características sensoriales de vinos cv. Tempranillo y (2) identificar índices nutricionales para evaluar en campo el potencial enológico del viñedo en zonas afectadas por clorosis férrica.

Para alcanzar estos objetivos se han seleccionado 20 subparcelas de viñedo situadas en Pesquera de Duero (Valladolid) de la variedad Tempranillo, encontrándose zonas afectadas y no afectadas por clorosis férrica. En cada subparcela se han realizado analíticas de nutrientes en peciolo, controles de rendimiento y vigor, así como el peso de 100 bayas. Con la cosecha de cada subparcela se realizaron microvinificaciones, siguiendo el esquema de vinificación de vino tinto. Posteriormente se realizaron analíticas físico-químicas de todos los vinos.

La evaluación sensorial de los vinos se hizo con un grupo de catadores entrenado en el año 2016, utilizando un análisis descriptivo cuantitativo, mediante un diseño de bloques completamente aleatorizado. Los niveles de asimilación de nutrientes se han relacionado con los parámetros agronómicos del viñedo y de calidad del vino mediante métodos de regresión lineal.

El estudio realizado ha puesto de manifiesto la influencia del nivel nutricional de K sobre el vigor de la viña y la intensidad colorante del vino, mientras que el nivel de N se relaciona en la zona de estudio con los parámetros colorimétricos y el amargor del vino. Los resultados de este estudio han mostrado que los índices nutricionales P/Fe y $[10*P+K]*50/Fe$ constituyen buenos indicadores de la clorosis férrica, y podrían ser útiles para estimar en campo el potencial enológico de los viñedos afectados por la deficiencia de hierro. Se han encontrado relaciones significativamente positivas de estos índices con el vigor de la viña, mientras que se han detectado relaciones significativamente negativas con el color del vino, amargor, acidez, astringencia y persistencia a nivel sensorial.

2. INTRODUCCIÓN

La nutrición mineral comprende 14 elementos que son considerados esenciales, que se dividen en macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y oligoelementos (Fe, Mn, Zn, Cu, Cl, B, Mo, Ni). La mejora de la nutrición mineral es primordial para optimizar el nivel productivo del viñedo y la calidad de la uva. Es importante conocer el papel fisiológico de cada elemento, los síntomas de deficiencia, los métodos de prevención y la influencia del estado nutricional en la calidad del vino. (Catalina, 2015)

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

La nutrición mineral se ve determinada por la capacidad de almacenamiento y disponibilidad de los nutrientes en el suelo, el nivel de absorción radicular y por la acumulación de cada nutriente en la planta (He et al., 2005)

2.1. LA NUTRICIÓN EN EL VIÑEDO

La vid desde un punto de vista nutricional se caracteriza por lo siguiente (García-Escudero, 2011):

- Tener un ritmo regular de absorción de elementos entre brotación y envero.
- Las necesidades más importantes de minerales se dan de forma escalonada desde la brotación, hasta la maduración pasando por el periodo de crecimiento activo. La redistribución de reservas minerales acumuladas en las partes vivaces juega un papel fundamental en el balance nutricional, destacando el inicio del crecimiento (sobre todo para el N) y durante la maduración.
- Si se compara con otros cultivos las necesidades de la vid, en lo que a elementos minerales se refiere, son moderadas. Esta moderación se asocia a la condición del cultivo como cultivo de secano y a la priorización de la calidad y sostenibilidad.

Se ha demostrado que la resistencia de las plantas al estrés y a las enfermedades está muy afectada por la nutrición mineral, de la misma manera afecta a los procesos fisiológicos y morfológicos de la planta (Rook 1991).

La clorosis férrica o carencia nutricional de hierro es una enfermedad causante de graves daños en viñedo. Normalmente aparece en suelos muy calizos o con elevado pH, donde la disponibilidad de este microelemento para las plantas es reducida. La carencia de hierro reduce la síntesis de clorofila y se modifica el funcionamiento del aparato fotosintético, pudiendo limitar de manera muy grave la expresión vegetativa del viñedo en todos sus componentes (González, 2018). Los síntomas de la clorosis férrica aparecen cuando el desarrollo de la vegetación es más activo, es decir, en primavera. El principal síntoma de la carencia de hierro es el amarilleamiento internervial de las hojas, este síntoma aparece en las hojas jóvenes por la escasa movilidad de hierro por el floema de la vid (Del Campillo et al., 1992).

La clorosis férrica trae consigo la denominada “paradoja del hierro”. Normalmente las deficiencias minerales se suelen determinar mediante un análisis mineral de los limbos y/o peciolos de la viña, pero en el caso del hierro no es así. Lo normal en estos casos es que la concentración de hierro que hay en los peciolos sea igual o superior al de las plantas sanas. Esto se debe a que las hojas de las plantas con problemas de clorosis férrica poseen hojas más pequeñas y esto trae consigo un efecto de concentración del hierro que, por otra parte, es fisiológicamente inactivo (González, 2006).

En los tejidos afectados por clorosis férrica se ve una proporción relativa de constituyentes minerales distinta a los tejidos sanos. Por ejemplo, elementos

Lucía Sánchez Sanz

UNIVERSIDAD DE VALLAOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S DE INGENIERIAS AGRARIAS

Grado en Enología

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

como el Ca, P y K tienden a acumularse en los tejidos de plantas afectadas por la clorosis férrica (Hidalgo, 1999). Es interesante identificar índices nutricionales basados en el análisis de peciolo que permitan diagnosticar la carencia de hierro en campo, para su aplicación en viticultura de precisión.

2.2. INFLUENCIA DE LA NUTRICIÓN MINERAL EN LA CALIDAD DE LA UVA Y EL VINO

Como se ha dicho anteriormente la deficiencia de hierro provoca una disminución de la capacidad fotosintética de la planta que reduce de manera notable la síntesis y la acumulación de sustancias en la fruta durante la maduración (Pirie et al., 1980; Ojeda et al., 2002).

El color es una parte fundamental de la calidad de los vinos tintos, normalmente se dice que un aumento en el color de la uva coincide con una mejora de la estructura de los compuestos polifenólicos, un aumento del aroma y de la calidad del vino (Gishen et al., 2002). El color de las uvas es causado por las antocianinas que encontramos en el hollejo, la síntesis de estas antocianinas es estimulada por la luz, el estrés nutricional (sobretudo déficit de N y P) y la baja temperatura (Hopkins, 1995). Hay que destacar que los niveles moderados de estrés pueden tener efectos positivos en la calidad de la uva. Esto se debe a que las plantas restringen el crecimiento vegetativo, tienen menos fruto y bayas más pequeñas (Roby et al., 2004; Balint et al., 2017) lo que concentra los compuestos fenólicos en la uva responsables del color, la astringencia y el amargor de los vinos.

Los estudios de Martín et al. (2007) y Meggio et al. (2010) nos indican la existencia de una relación clara entre las características cromáticas de los vinos y los niveles de clorofila de las viñas afectadas por clorosis férrica. Otros nutrientes como el B (Bilir et al., 2017), el N (Boonterm et al., 2010) o el K (Jiménez et al., 2017) también tienen relación con los parámetros colorimétricos del vino.

La nutrición férrica de la vid también se relaciona con la astringencia del vino. La astringencia es una sensación táctil que se puede describir sensorialmente como secado en la boca y viene determinada normalmente por los taninos. Hay estudios sensoriales que han investigado la relación de la astringencia con el efecto de la cosecha (Boselli et al. 2004), la región de crecimiento (Heymann et al., 1987; Boselli et al., 2004; Kallithraka et al. 2001), el cultivar de uva (Boselli et al. 2004), y varias prácticas vitivinícolas (Reynolds et al. 1996). Pero Es-Safi et al. (1999) y Quintana, (2001) mostraron que los taninos precipitan por una serie de reacciones en las cuales interviene el hierro como catalizador, lo que hace que los vinos procedentes de cepas afectadas por clorosis férrica tengan una mayor sensación de astringencia en boca. Por supuesto, el aumento de la astringencia también podría tener que ver con una mayor producción de taninos promovida por un microclima luminoso del racimo más favorable o por un control natural del rendimiento en las plantas afectadas por deficiencia de hierro.

3. OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

- Evaluar la influencia del estado nutricional del viñedo en la composición y las características sensoriales de vinos cv. Tempranillo
- Identificar índices nutricionales para evaluar en campo el potencial enológico del viñedo en zonas afectadas por clorosis férrica.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder cumplir los objetivos propuestos en el apartado anterior se han llevado a cabo un estudio en el que se han escogido 20 subparcelas (tabla 1) de aproximadamente 10x10 m² de superficie, con la mayor heterogeneidad posible respecto a las características de suelo y que produzca la mayor variabilidad posible en el estado nutricional de las plantas. El marco de plantación mayoritario es de 3x1,50 m, exceptuando VC33, VH34 y VC35 que son de 3x1,30 m, por tanto la densidad de plantación oscila entre 2.654 cepas/ha y 2.222 cepas/ha.

En este estudio se ha llevado a cabo una medida del estado nutricional de las plantas, nivel foliar de clorofila, vigor y rendimiento del viñedo para poder relacionar estos datos con los parámetros físico-químicos y características sensoriales de los vinos elaborados con las uvas provenientes de las subzonas estudiadas.

4.1. ZONA DE ESTUDIO

El viñedo de donde se han escogido las subparcelas pertenece a la parte oeste de la Denominación de Origen Ribera del Duero, más concretamente se encuentra en el término municipal de Pesquera de Duero, Valladolid, a una altitud de unos 800 m sobre el nivel del mar. Las subzonas estudiadas pertenecen a Emilio Moro S.L. Se trata de parcelas que representan el tipo de viñedo común en la zona en lo que se refiere al material vegetal y al sistema de conducción.

Tabla 1: Paraje, nomenclatura y coordenadas de las subparcelas objeto de estudio.

Paraje	Nomenclatura	Latitud	Longitud
Hontanilla	VH10-1	41,6533993	4,1750898
Hontanilla	VH10-5	41,6535117	4,1752565
Camino	VH11-1	41,6565440	4,1631387
Camino	VH11-5	41,6565695	4,1634587
Chozo	VH14-1	41,6561122	-4,1648545
Chozo	VH14-5	41,6556935	-4,1646035
Hontanilla	VH15-1	41,6530058	-4,1761190
Cornalvo	VC18-1	41,6577772	-4,1762960
Cornalvo	VC18-5	41,6579713	-4,1764295
Chozo	VC19-5	41,6560313	-4,1663320
Chozo	VC19-6	41,6558372	-4,1663320
Cornalvo	VC21-1	41,6577073	-4,1777572

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Cornalvo	VC21-5	41,6577392	-4,1774133
Cornalvo	VC22-5	41,6577778	-4,1766666
Hontanilla	VH31	41,6534858	-4,1755532
Hontanilla	VC32	41,6529948	-4,1766270
Cornalvo II	VC33	41,6571578	-4,1750360
Cornalvo II	VH34	41,6572288	-4,1743963
Cornalvo II	VC35	41,6582721	-4,1755680
Chozo	VH36	41,6552361	-4,1658278

4.2. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

La Ribera del Duero se localiza en la meseta septentrional de la Península Ibérica, formada por un gran zócalo antiguo erosionado y, en parte, recubierto por sedimentos terciarios, sobre todo arenas limosas o arcillosas. Destaca la alternancia de capas, tanto de calizas como de margas e, incluso, de concreciones calcáreas. La cuenca ribereña, formada durante el Mioceno, presenta niveles horizontales, suavemente ondulados, limitados por la erosión diferencial, y convertidos hoy al estado de penillanura. El relieve de la zona oscila entre las lomas interfluviales, con cotas de 911 m, y los valles, con una altura topográfica situada entre los 750 y 850 m (Consejo Regulador de la D.O. Ribera del Duero, 2014).

Los tipos de suelo más comunes que podemos encontrar en la zona (WRB, 2006), son Cambisoles éutricos, Cambisoles calcáreos, Fluvisoles calcáricos, Fluvisoles éutricos, Luvisoles cálcicos y en menor proporción Leptosoles líticos y Regosoles calcáreos. Estos suelos (Gómez-Miguel, 2009) son poco evolucionados desarrollados sobre materiales calcáreos procedentes de la erosión de otros suelos que se ubican en las partes dominantes de formas suavemente onduladas o en las laderas calcáreas de marcadas pendientes. Son suelos poco profundos caracterizados por un perfil fuertemente calcáreo, permeable y de textura predominantemente media a gruesa.

Los suelos de esta zona son realmente cambiantes encontrándonos que en cuanto a su profundidad muchos se hallan por encima de los 60 cm de profundidad (*Xerochrept* y *Haplxeralf*) como es idóneo para el cultivo de la vid, pero algunos cuentan con menos de 40 cm pudiendo presentarse afloramientos de roca madre y/o bajos niveles freáticos (*Xerorthent*) (Alonso, 2004)

Los análisis de los suelos de cada subparcela se realizaron en el Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario (ITAGRA.CT) en el que participa la Universidad de Valladolid.

4.3. MATERIAL VEGETAL

Las subparcelas corresponden a la variedad Tempranillo con portainjerto 110-Ritcher, están en secano y en plena producción. El sistema de conducción es cordón Royat con una carga media de 35.000 yemas/ha.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

La variedad Tempranillo es la más destacada en esta zona, en ella podemos observar racimos compactos, de tamaño medio y madurez tardía. Da vinos de fuerte coloración violácea, destacando aromas a mora que se juntan con otros frutos negros de bosque, taninos estructurados a dulces en sobremaduración y acidez media (Ruiz, 2001).

El portainjerto es 110 Richter (*Vitis berlandieri* cv. Rösséguier nº2 x *Vitis rupestris* cv. Martin), es vigoroso y retrasa la maduración. Su resistencia a la clorosis férrica es media, tiene buena tolerancia a la sequía, pero es sensible al exceso de humedad. Presenta baja resistencia a salinidad y nematodos (Hidalgo et al., 2011).

4.4. METEOROLOGÍA

En la D.O. Ribera de Duero la temperatura media anual es de 12,5°C con oscilaciones entre verano e invierno; la máxima alcanzada es de 37,37°C, mientras que la media de las máximas es de 31,91°C; la mínima es de -7,83°C y la media de las mínimas es de -2,02°C. El periodo libre de heladas es de unos 100 días al año, la primera helada es a comienzos de octubre y la última a finales de mayo. La precipitación media anual es de 450 a 500 mm, el número medio de días de lluvia oscila entre 75 y 90 días. La insolación es del orden de 2.200 horas de sol al año el número de días despejados varía entre 85 y 100 y los cubiertos son unos 120 (Instituto Nacional de Denominaciones de Origen, España, 1983).

Tabla 2: Temperaturas medias, medias máximas, medias mínimas y precipitaciones del año 2018, datos obtenidos de Inforiego (http://www.inforiego.org/opencms/opencms/info_meteo/construir/index.html)

	T (°C)	T máx (°C)	T min(°C)	P (mm)
En.	4,39	9,14	0,31	78,05
Feb.	3,26	8,96	-2,02	52,35
Mar.	6,40	11,01	2,37	123,42
Abr.	10,64	17,15	4,84	88,59
May.	13,77	20,59	7,19	97,97
Jun.	18,15	24,98	11,47	61,47
Jul.	21,20	29,61	12,23	12,03
Ago.	22,47	31,91	12,47	0,00
Sep.	19,92	29,41	10,78	6,98
Oct.	11,88	19,73	4,94	24,43
Nov.	7,83	12,89	3,51	89,42
Dic.	4,87	10,71	0,49	35,25

En la tabla 2 se muestra el seguimiento de la meteorología del área de estudio durante el año 2018. Para esto se han realizado las medias correspondientes del observatorio de Valbuena de Duero, el cual pertenece a la red de Inforiego de Castilla y León. La estación está a 12 km de la zona de ensayo con una altitud de 737 m sobre el nivel del mar.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Destaca una gran precipitación en los primeros meses del año, incluyendo la primavera. En verano no encontramos grandes precipitaciones solo alguna tormenta aislada. Cabe destacar que en todo el mes de agosto no llovió. En cuanto a las temperaturas encontramos los primeros meses hasta junio encontramos valores habituales, agosto y septiembre fueron algo más cálidos mientras que octubre fue más frío de lo habitual. La vendimia en el conjunto de la Denominación de Origen Ribera de Duero comenzó el 20 de septiembre y finalizó el 16 de octubre, encontrándose en fechas habituales.

4.5. CONTROLES Y OBSERVACIONES

4.5.1. Contenido de elementos minerales en peciolo

Para obtener el contenido de elementos minerales de peciolo se ha seguido las recomendaciones dadas por la OIV (OIV, 1996).

Se seleccionaron 60 peciolo en cada subparcela de las hojas opuestas al primer racimo de un pámpano situado en la zona media de cada brazo en las cepas en enero. Las muestras fueron llevadas al Centro Tecnológico ITAGRA. El contenido de N fue determinado por el método Kjeldahl modificado, el P y B por medio de espectrofotometría, el K por emisión atómica y el resto de elementos (Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn) por absorción atómica.

4.5.2. Contenido de clorofila foliar rendimiento y vigor del viñedo

El control del contenido de clorofila se ha llevado a cabo en cuajado y en enero con un medidor portátil de clorofila CL-01 (Hansatech). Se tomaron 20 medidas por subparcela, sobre hojas sanas del tercio superior de la vegetación.

Los parámetros de rendimiento y vigor se controlaron de dos maneras diferentes:

- El rendimiento en kg/m² y el peso de 100 bayas se obtuvieron una vez realizada la vendimia. Se pesaron, en báscula de campo, todos los racimos recogidos en cada subparcela. De esta manera podemos saber el peso medio del racimo, el rendimiento medio de la parcela y el rendimiento medio por cepa. También se realizó un muestreo de 100 bayas que posteriormente fueron pesadas.
- El vigor fue estimado por el peso de la madera de poda expresado en kg/m²: se escogieron 5 cepas en cada uno de los líneas de las subzonas a muestrear. En ellos se contaron también los sarmientos. Después de haber realizado la poda se pesó todo el material en cubos con una báscula de campo.

La fecha de vendimia fue el 2 de octubre de 2018, esta fecha de vendimia fue escogida realizando un seguimiento de la maduración de las bayas en el campo, cuando el contenido en sólidos solubles del mosto alcanzó un mínimo de 22,8 °Brix en campo

4.6. MICROVINIFICACIONES

Lucía Sánchez Sanz

UNIVERSIDAD DE VALLAOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S DE INGENIERIAS AGRARIAS

Grado en Enología

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

La vinificación de las uvas tintas se realizó en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (ETSIAA), separando las uvas de cada subparcela.

Se realizó el despalillado y el estrujado de la vendimia con una despalilladora de paletas-estrujadora de cilindros conjugados. Se encubaron 12 kg de pasa en un depósito de acero inoxidable de 20 L, se realizó un sulfitado, a la dosis de 6 g/HL de SO₂ total y se homogenizó. Las levaduras que se sembraron para realizar la fermentación alcohólica (FAL) son de la especie *Saccharomyces cerevisiae* (Zymaflore RX60 Laffort) y se rehidrataron a la dosis de 16 g/HL.

Diariamente se realizaron bazuqueos y se miró periódicamente la densidad y la temperatura para comprobar la evolución de la FAL.

Se consideró finaliza la FAL cuando la densidad de los vinos estuvo entre 995-990 g/L y se confirmó cuando los azúcares residuales se encontraron por debajo de 5 g/L.

Una vez finalizada la FAL se procedió al descube y al prensado de la pasta con una prensa neumática que trabajó a presiones menores de 2 bar. A los 5-7 días se realizó un trasiego para eliminar las lías gruesas.

Para realizar la fermentación maloláctica (FML), el vino obtenido de cada repetición se incubó a un recipiente de vidrio de 4L y a otro de 2L para evitar cámaras de aire. Las bacterias utilizadas en este proceso fueron de la especie *Oenococcus oeni* (SB3 instant Laffort) que se acondicionaron siguiendo el protocolo marcado por el fabricante. La FML se realizó a unos 20-22°C y periódicamente se comprobó su evolución mediante cromatografía de papel. Una vez finalizada la FML se realizó un trasiego y una adición de sulfuroso hasta alcanzar los 30 mg/L de SO₂ libre. Se realizó una estabilización del vino en la cámara a 10-13°C y un trasiego antes de embotellar, comprobando antes el nivel de SO₂ a 30 mg/L.

4.7. DETERMINACIONES ANALÍTICAS DE LOS VINOS

4.7.1 pH y acidez total

La acidez total mide el contenido total de los ácidos de un vino y se expresa en ácido tartárico. Las medidas de pH se realizaron con un pH-metro y las medidas de acidez total se realizaron mediante una valoración potenciométrica con NaOH 0,1 N a pH 7 (Comisión Europea, 1990).

4.7.2 Acidez volátil

La acidez volátil está constituida por los ácidos grasos pertenecientes a la serie acética que se encuentra en los vinos, bien en estado libre o bien en estado salificado (Madrid et al. 2003). El método utilizado para la determinación de la acidez volátil es el método de García Tena y consiste en una separación del ácido acético del vino mediante destilación simple y posterior valoración con NaOH 0,01 N.

4.7.3 Grado alcohólico

La técnica para obtener el grado alcohólico de los vinos es el método de ebullometría que se basa en la diferencia entre el punto de ebullición del agua y el alcohol (100°C y 78°C, respectivamente). Conocida la temperatura de ebullición del agua y del vino, se usan unas regletas especiales de lectura directa para obtener el grado alcohólico de la muestra.

4.7.4 Índice de polifenoles totales

Los anillos bencénicos son característicos de los compuestos fenólicos que absorben en el ultravioleta a 280 nm aproximadamente (Zamora, 2003). El vino se diluye con agua destilada a razón de 1:25 y se mide la absorbancia de la muestra a 280 nm.

4.7.5 Intensidad colorante y tonalidad

La intensidad colorante se obtiene de la suma de las absorbancias a 420, 520 y 620 nm. Mientras que la tonalidad es la división de la absorbancia a 420nm entre la absorbancia a 520 nm (OIV, 2018)

4.7.6 Índice de ionización (IH)

El índice de ionización expresa el porcentaje de antocianos que contribuyen al color del vino (Hidalgo, 2011; Zamora, 2003). Para ello se prepararon los siguientes 4 tubos:

- Tubo 1: 10 ml de vino y 2 ml de agua destilada.
- Tubo 2: 10 ml de vino y 2 ml de bisulfito sódico al 7%
- Tubo 3: 1 ml de vino, 7 ml de HCl de 0,1 N y 2 ml de agua destilada
- Tubo 4: 1 ml de vino, 7 ml de HCl de 0,1 N y 2 ml de bisulfito potásico al 7%

Esos tubos se agitan y al cabo de 10 minutos se miden absorbancias al 520 nm.

4.7.7 Grado de polimerización de taninos condensados (HCI)

Se basa en la inestabilidad de las procianidinas con ácido clorhídrico, siendo la velocidad de precipitación proporcional a su grado de polimerización, y por lo tanto de la calidad de los taninos (Hidalgo, 2011; Zamora, 2003)

Para la realización de la analítica se mezclan 10 ml de vino, 15 ml de ácido clorhídrico 12 N y 5 ml de agua. Se realiza una dilución 1:30 y se mide la absorbancia a 280 nm. Al cabo de 7 h se centrifuga y se mide de nuevo esa absorbancia. Un vino es ligero si el índice está comprendido entre 5 y 10, de medio a bueno si está entre 10 y 25 y muy bueno si es mayor de 25.

4.8. ANALISIS SENSORIAL DE VINOS

Con un grupo de 6 catadores seleccionado y entrenado en el año 2016, se analizaron los vinos experimentales (20 parcelas por duplicado) utilizando análisis sensorial descriptivo cuantitativo (Stone et al., 1974), mediante un diseño de bloques completamente aleatorizado. Para ello se utilizó una ficha de cata, desarrollada ese mismo año y, compuesta por 15 descriptores divididos en tres fases: visual (limpidez, tonalidad e intensidad de capa), olfativa (intensidad de

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

olor, fruta roja, fruta negra, vegetal, láctico, acético y alcohólico) y gustativa (intensidad gustativa, amargor, ácido, astringencia y persistencia). Cada uno de estos descriptores se evaluó en una escala no estructurada de 10 cm.

El análisis sensorial se efectuó en dos días (15 vinos cada día) y cada día se realizaron dos sesiones (1ª sesión 8 vinos, 2ª sesión 7 vinos). Se llevaron a cabo en la sala de catas de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias en cabinas individuales diseñadas de acuerdo con la norma ISO 8589 (2007). En todas las sesiones se sirvieron 25 ml de vino en catavinos estandarizados (ISO 3591-1977) utilizando códigos de 3 cifras. La temperatura de servicio de las muestras fue de 15°C ±1°C y se proporcionó agua para enjuagarse la boca entre las evaluaciones.

4.9. ANALISIS DE DATOS

Las relaciones entre el análisis de nutrición peciolar y el contenido foliar en clorofila, con los parámetros fisicoquímicos y descripciones sensoriales se han estudiado mediante un análisis de regresión lineal. También se realizó un análisis de varianza de los distintos datos, diferenciando subparcelas con nivel de clorofila alto y bajo. La separación entre subparcelas con clorofila alta y baja se hace en función del contenido foliar, menor de 45 µg/cm² es clorofila baja y mayor de 45 µg/cm² es clorofila alta. El programa utilizado para realizar estos análisis estadísticos ha sido SAS.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RELACIONES ENTRE EL ESTADO NUTRICIONAL Y EL NIVEL FOLIAR DE LA CLOROFILA

A pesar de que en la zona de estudio hay una incidencia importante de la clorosis férrica (Catalina, 2015), los niveles peciolar de Fe no están relacionados con el nivel foliar de clorofila (tabla 3). Las deficiencias minerales se suele determinar mediante los contenidos del nutriente en el análisis foliar, pero en el caso de la falta de hierro o clorosis férrica esto no es así. Es normal que en estos casos la planta tenga concentraciones foliares de hierro algo superiores a las de las plantas sanas, aunque el hierro acumulado es fisiológicamente inactivo. El fenómeno se debe a que las plantas con esta deficiencia tienen un menor desarrollo de la hoja, lo que produce un fenómeno de concentración del hierro (González, 2006).

Los niveles foliares de clorofila en cuajado son más útiles para el diagnóstico de la clorosis férrica en el viñedo, porque la pigmentación de las hojas en momentos más avanzados del ciclo puede verse afectada por otros tipos de estrés (elevadas temperaturas, falta de agua, etc.) diferentes a la carencia nutricional de hierro. Los contenidos foliares de clorofila en cuajado estuvieron directamente correlacionados con los niveles nutricionales de N y K e inversamente correlacionados con los de Mg (tabla 3).

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

La deficiencia de hierro afecta a la asimilación de otros nutrientes. En hojas cloróticas las concentraciones de fósforo y potasio tienden a ser más elevadas que en hojas sanas (Jones y Wallace, 1992), esto hace que indicadores de la clorosis férrica como $[10 \cdot P + K] \cdot 50 / Fe$ sean efectivos como indican algunos autores (Abadía et al., 2004).

Como observamos en la tabla 3, las correlaciones del contenido foliar en clorofila en el cuajado con los ratios K/Ca y P/Fe son muy significativas, en concordancia con Maldonado et al. (2006).

El N está directamente relacionado con la concentración foliar de clorofila, pero por otra parte, la deficiencia de hierro trae consigo una dificultad en la asimilación de N de las plantas (Kosegarten et al., 1998 y 2001).

Tabla 3: Valores del coeficiente de correlación de Pearson de la clorofila del cuajado y los contenidos de elementos minerales en peciolo en el envero.

Nivel de nutrientes	Contenido en clorofila
N	+0,200**
P	+0,402
K	+0,361**
Ca	-0,100
Mg	-0,517***
Fe	+0,175
Cu	-0,041
Zn	+0,035
Mn	-0,009
B	+0,114
N/K	-0,333**
P/N	+0,341**
K/Mg	+0,520***
K/Ca	+0,424**
K/(Ca+Mg)	+0,520***
Ca/Mg	+0,423**
P/Fe	+0,340**
$[10 \cdot P + K] \cdot 50 / Fe$	+0,315*

Niveles de significación: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Para Bavaresco et al. (2003) y Russo et al. (2010), los contenidos foliares de K y Ca aumentan de forma paralela a la magnitud de la clorosis férrica en vid, mientras que los de otros nutrientes como el Mg disminuyen. La figura 1 muestra la comparación de las medias de niveles de nutrientes en subparcelas de estudio con alto y bajo nivel de clorofila foliar.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

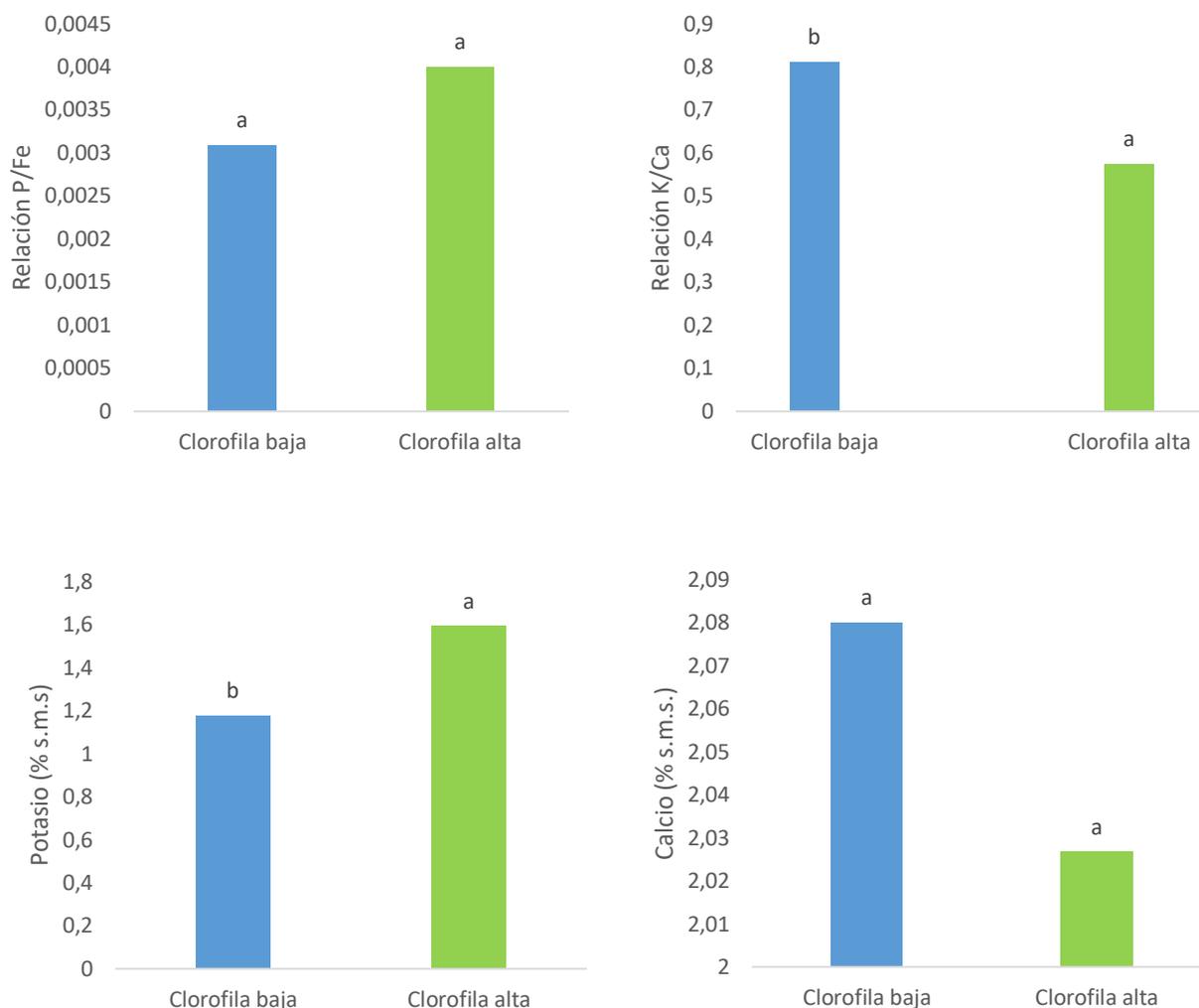


Figura 1: Comparación de medias de niveles peciolares de P/Fe, K/Ca, K y Ca de cada subparcela con alto y bajo contenido foliar (test Tukey, $p < 0,05$).

La deficiencia de Fe suele estar relacionada con la acumulación de elementos antagónicos como Mn, Zn y Cu en los tejidos, mientras que la falta de estos nutrientes estimulan la asimilación de Fe (Chen et al., 2004; Zheng et al., 2005; Russo et al., 2010). En este estudio no se aprecian correlaciones significativas de los niveles de clorofila con ninguno de estos nutrientes (tabla 3)

5.2. EFECTOS DEL ESTADO NUTRICIONAL SOBRE EL VIGOR Y RENDIMIENTO DEL VIÑEDO

La tabla 4 muestra los coeficientes de determinación de las regresiones del peso medio de 100 bayas, vigor (peso de madera de poda) y rendimiento del viñedo sobre los contenidos minerales de los peciolo en enero. Se observan relaciones estadísticamente positivas del vigor con los contenidos en N, P, K, Zn y las relaciones K/Mg, K/Ca, K/(Ca+Mg), P/Fe y $[10*P+K]*50/Fe$ y estadísticamente negativas con Mg, Cu y la relación N/K. Hubo regresiones significativamente positivas del rendimiento sobre el contenido peciolar del Mg, Cu, Zn y la relación Zn/Fe.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

La relación entre el N y el vigor mostrada en la tabla 3 respalda lo dicho por Gómez-Miguel (2010), en cuanto a que la disponibilidad de N aumenta generalmente el vigor y la capacidad de producción de las cepas. Las regresiones positivas obtenidas del peso de madera de poda con el contenido en K y K/Mg y negativas con el contenido en Mg están de acuerdo con los resultados aportados por Karimi (2016) y Hailemichael et al. (2014), dado que el potasio interviene en los principales mecanismos fisiológicos de las plantas, la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. Sin embargo, en contra de lo observado por Hailemichael et al. (2014) y Catalina (2015) en campañas anteriores en la misma zona de estudio, el rendimiento y el peso de 100 bayas no se han relacionado con el contenido peciolar en K. Esta discrepancia indica que el efecto del potasio en la producción y en el tamaño de la baya puede ser muy variable en función de las características meteorológicas del año. La relación del vigor con los indicadores de clorosis (P/Fe y $[10*P+K]*50/Fe$) nos muestra que cuando aumenta la clorosis disminuye el vigor de la misma forma.

Tabla 4: Valores del coeficiente de determinación R^2 , nivel de significación y signo de la pendiente de regresión (entre paréntesis) de peso de 100 bayas, rendimiento y vigor del viñedo sobre el contenido de elementos minerales en peciolo recogidos en enero.

Nivel de nutriente	Peso 100 bayas	Rendimiento	Vigor
N	(-)0,081	(+)0,122	(+)0,489***
P	(+)0,003	(+)0,083	(+)0,212*
K	(+)0,045	(+)0,001	(+)0,402**
Ca	(-)0,004	(+)0,024	(-)0,168
Mg	(-)0,130	(+)0,248*	(-)0,058
Fe	(+)0,050	(-)0,139	(+)0,011
Cu	(-)0,072	(+)0,267*	(-)0,011
Zn	(-)0,116	(+)0,228*	(+)0,205*
Mn	(+)0,083	(+)0,001	(-)0,017
B	(+)0,027	(+)0,055	(+)0,341
N/K	(-)0,291*	(+)0,060	(-)0,143
P/K	(-)0,012	(+)0,071	(+)0,013
P/N	(+)0,027	(+)0,032	(+)0,116
K/Mg	(+)0,059	(-)0,019	(+)0,213*
K/Ca	(+)0,019	(+)0,001	(+)0,527***
K/ (Ca+Mg)	(+)0,043	(-)0,008	(+)0,401**
Ca/Mg	(+)0,090	(-)0,080	(+)0,028
Zn/Fe	(-)0,181	(+)0,325*	(+)0,119
P/Fe	(-)0,008	(+)0,171	(+)0,244*
[10*P+K]*50/Fe	(-)0,002	(+)0,196	(+)0,454**

Niveles de significación: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

5.3. EFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL VIÑEDO SOBRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL VINO

Como observamos en la tabla 5, el estado nutricional de los peciolos no ha afectado al grado alcohólico de los vinos obtenidos. Se han encontrado relaciones significativas entre el contenido peciolar de K y el pH, tal y como ha sido mostrado por otros autores en distintos estudios (Ramos et al., 2017; Karimi, 2016; Zlamalova et al., 2015; Delgado et al., 2004; Coombe, 1992; Hale, 1977). Estos trabajos destacan también la relación entre el K y la acidez total del vino, que no se ha detectado en el presente estudio. La mayor parte de las regresiones significativas (tabla 5) se dan entre los contenidos peciolar de N, K, B y $[10 \cdot P + K] \cdot 50 / Fe$ y los parámetros referidos a los compuestos fenólicos y la coloración de los vinos (IPT, absorbancia a 420, 520 y 620 nm, la intensidad de color, la tonalidad, el grado de polimerización de taninos condensados y el índice de ionización). Jiménez et al. (2017) ha mostrado una relación clara entre el nivel de K de la uva con los parámetros de color, directa con la luminosidad y coloración azulada de los vinos.

En la tabla 5 se encuentra relaciones negativas del B con las absorbancias a 420 y 520 nm, la intensidad colorante, y los índices de HCl e IH. Estos resultados confirman los estudios de Bilir et al. (2017). La correlación del N con los parámetros colorimétricos del vino concuerda con los resultados de Boonterm et al. (2010). Se encuentran relaciones significativamente negativas entre la relación $[10 \cdot P + K] \cdot 50 / Fe$ y P / Fe con los parámetros referentes al color. Cuando la deficiencia de hierro no llega a ser severa, ésta provoca en las bayas una depresión de la actividad peroxidasa, aumenta la concentración de trans-veratrol y promueve una acumulación de antocianinas y polifenoles (Bavaresco et al., 2010). En esta línea, Martín et al. (2007) y Meggio et al. (2010) encontraron una relación estrecha entre las características cromáticas y los niveles de clorofila en viñas afectadas por clorosis férrica. En trabajos realizados en la misma zona de estudio (González et al., 2018) se han puesto de manifiesto que niveles de deficiencia de hierro de bajos a moderados pueden tener efectos positivos en el potencial polifenólico de la uva.

El índice de ionización y el grado de polimerización de los taninos son indicadores de la calidad del color y los taninos del vino respectivamente. El índice de ionización indica el porcentaje de antocianos que contribuyen al color del vino y el grado de polimerización de los taninos estima la calidad (polimerización) de los taninos existentes en el vino. Por tanto si en ambos parámetros obtenemos unos datos altos quiere decir que tendremos una mayor contribución de los antocianos al color y una coloración más estable en el tiempo debido a la interacción antociano-tanino. Como se puede observar en la tabla 5, ambos índices y la intensidad colorante tienen una relación significativamente negativa con P / Fe y $[10 \cdot P + K] \cdot 50 / Fe$. A su vez estos contenidos minerales tienen una relación directa con la clorofila (tabla 3), por lo tanto se puede decir que la clorosis férrica tiende a aumentar la intensidad y la estabilidad de la coloración del vino en la zona de estudio.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Tabla 5: Valores del coeficiente de determinación R^2 , nivel de significación y signo de la pendiente de regresión (entre paréntesis) de los parámetros del contenido de elementos minerales en peciolo sobre los parámetros físico-químicos de los vinos.

Nivel de nutrientes	pH	Acidez total	Grado Alcohólico	IPT	A420	A520	A620	Intensidad colorante	Tonalidad	HCl	IH
N	(+)0,334*	(-)0,063	(-)0,001	(-)0,394**	(-)0,667***	(-)0,629***	(-)0,534***	(-)0,640***	(+)0,020	(-)0,642***	(-)0,602***
P	(+)0,134	(-)0,002	(-)0,218	(-)0,275*	(-)0,251*	(-)0,251*	(-)0,202	(-)0,248*	(+)0,019	(-)0,198	(-)0,256*
K	(+)0,263*	(-)0,048	(-)0,017	(-)0,099	(-)0,311*	(-)0,311*	(-)0,252*	(-)0,328*	(+)0,083	(-)0,364**	(-)0,346*
Ca	(+)0,000	(-)0,008	(+)0,121	(-)0,005	(-)0,010	(-)0,006	(-)0,015	(-)0,008	(-)0,007	(+)0,000	(-)0,001
Mg	(-)0,175	(+)0,025	(+)0,054	(-)0,002	(+)0,062	(+)0,042	(+)0,014	(+)0,043	(+)0,026	(+)0,247*	(+)0,129
Fe	(+)0,030	(-)0,040	(-)0,051	(+)0,070	(+)0,000	(-)0,003	(+)0,378	(-)0,000	(+)0,025	(-)0,010	(-)0,011
Cu	(-)0,059	(+)0,187	(-)0,010	(-)0,152	(-)0,122	(-)0,149	(-)0,209	(-)0,149	(+)0,065	(-)0,000	(+)0,001
Zn	(+)0,000	(+)0,002	(+)0,006	(-)0,115	(-)0,114	(-)0,144	(-)0,158	(-)0,137	(+)0,078	(-)0,150	(-)0,020
Mn	(-)0,110	(+)0,001	(+)0,017	(+)0,083	(+)0,241*	(+)0,170	(+)0,159	(+)0,195	(+)0,029	(+)0,141	(+)0,203
B	(+)0,462**	(-)0,205	(+)0,001	(-)0,185	(-)0,381**	(-)0,444**	(-)0,289	(-)0,405**	(+)0,145	(-)0,378**	(-)0,623***
K/Mg	(+)0,202	(-)0,001	(-)0,104	(-)0,087	(-)0,280*	(-)0,281*	(-)0,203	(-)0,273	(+)0,019	(-)0,334*	(-)0,312*
K/Ca	(+)0,135	(-)0,002	(-)0,094	(-)0,077	(-)0,186	(-)0,224*	(-)0,155	(-)0,203	(+)0,082	(-)0,232*	(-)0,206
Ca/Mg	(+)0,238*	(-)0,025	(-)0,028	(-)0,033	(-)0,221*	(-)0,193	(-)0,128	(-)0,195	(-)0,000	(-)0,319	(-)0,277*
P/Fe	(+)0,073	(+)0,002	(-)0,230*	(-)0,419**	(-)0,291*	(-)0,264*	(-)0,258*	(-)0,276*	(+)0,007	(-)0,229	(-)0,243*
[(10*P)+K]*50/Fe	(+)0,142	(-)0,003	(-)0,077	(-)0,416**	(-)0,358**	(-)0,350**	(-)0,327*	(-)0,356**	(+)0,043	(-)0,324*	(-)0,320*

Niveles de significación: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

En los resultados mostrados en la tabla 6 encontramos que el rendimiento tiene una influencia significativa sobre las características relacionadas con el contenido polifenólico y el color de los vinos. El IPT tienen una relación negativa con el rendimiento y el vigor, confirmando los resultados obtenidos en otros estudios (Pérez, 2016). En la tabla 6 se observan relaciones negativas entre rendimiento y la absorbancia a 520 y 620 nm.

Tabla 6: Valores del coeficiente de determinación R^2 , nivel de significación y signo de la pendiente de regresión (entre paréntesis) de los parámetros de vigor y rendimiento el viñedo sobre el contenido fisicoquímico de los vinos.

Parámetros del vino	Rendimiento (kg uva/m ²)	Vigor (kg madera/m ²)
pH	(+)0,004	(+)0,556*
IPT	(-)0,806***	(-)0,463*
A420	(-)0,594	(-)0,512*
A520	(-)0,645**	(-)0,570*
A620	(-)0,690**	(-)0,451

*Niveles de significación: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.*

El vigor está correlacionado de manera positiva con el pH. El pH a su vez se relaciona positivamente con los niveles de algunos nutrientes peciolares que afectan al vigor como puede ser el N, B y la relación Ca/Mg (tabla 5)

Al tener el IPT una correlación negativa con el rendimiento, se confirma lo obtenido en la tabla 5, ya que algunos de los principales nutrientes (N, P, K y B) que marcan el rendimiento del viñedo también tienen una relación significativamente negativa con los parámetros colorimétricos del vino obtenido

5.4. EFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL VIÑEDO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO

En el presente estudio el estado nutricional del viñedo ha tenido poco efecto sobre las características sensoriales de los vinos. En la tabla 7 únicamente se muestran los descriptores sensoriales que presentan correlación estadísticamente significativa con el contenido en alguno de los elementos minerales analizados en los peciolo. Como se observa en la tabla 7 las relaciones significativas más importantes son las del nivel de N con el amargor y la intensidad de capa y las que se dan entre los parámetros $[10 \cdot P + K] \cdot 50 / Fe$ y P / Fe con la acidez, la astringencia, la persistencia y el amargor.

La regresión negativa del N con la intensidad de capa está relacionada con el IPT y la intensidad colorante, y se confirma su efecto sobre el color de los vinos.

La astringencia de un vino viene determinada por los polifenoles, más concretamente por los taninos. Las parcelas con mayor nivel de clorosis (valores más bajos de P / Fe y $[10 \cdot P + K] \cdot 50 / Fe$) tienden a producir más polifenoles en el vino (tabla 5) y por ello, son vinos más astringentes. Por otra parte, los taninos precipitan por una serie de reacciones en las cuales puede intervenir el hierro, (Es-Safi et. al., 1999; Quintana, 2001), lo que también puede que contribuya a

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

que la sensación de astringencia sea mayor en los vinos procedentes de vides con clorosis férrica.

Se ha puesto de manifiesto una regresión negativa entre la acidez de los vinos elaborados y los niveles nutricionales de P, K, N/K, Ca/K, P/Fe y $[10*P+K]*50/Fe$. Por tanto se puede decir que, en la zona de estudio la clorosis férrica afecta directamente a la acidez (a nivel organoléptico) de los vinos, aumentando cuando la clorosis es más alta. Por otro lado, existe una regresión positiva entre el ácido láctico apreciado por los catadores en nariz sobre el contenido peciolar de Ca y B.

La persistencia y el amargor también muestran una regresión significativamente negativa con los parámetros indicadores de clorosis (P/Fe y $[10*P+K]*50/Fe$), como muestra la tabla 7. Cuando la clorosis aumenta estos descriptores son más valorados en la cata.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Tabla 7: Valores del coeficiente de determinación R^2 , nivel de significación y signo de la pendiente de regresión (entre paréntesis) de los parámetros del contenido de elementos minerales en peciolo sobre los parámetros del análisis sensorial de los vinos.

Nivel de nutrientes	Limpidez	Intensidad de capa	Vegetal	Láctico	Intensidad gustativa	Amargor	Acidez	Astringencia	Persistencia
N	(-)0,002	(-)0,478**	(+)0,000	(-)0,222*	(-)0,239*	(-)0,363**	(-)0,087	(-)0,161	(+)0,009
P	(-)0,029	(-)0,074	(-)0,219*	(+)0,075	(-)0,168	(-)0,072	(-)0,426**	(-)0,273*	(-)0,140
K	(-)0,070	(-)0,188	(-)0,020	(+)0,056	(-)0,108	(-)0,149	(-)0,260*	(-)0,019	(-)0,044
Ca	(+)0,241*	(-)0,090	(+)0,000	(+)0,388**	(-)0,003	(-)0,043	(+)0,051	(-)0,003	(-)0,004
Mg	(+)0,021	(+)0,003	(+)0,108	(-)0,001	(+)0,016	(+)0,004	(+)0,096	(+)0,003	(-)0,004
Fe	(-)0,014	(-)0,000	(+)0,000	(+)0,019	(+)0,001	(+)0,015	(-)0,045	(+)0,121	(+)0,057
Cu	(+)0,107	(-)0,050	(+)0,010	(+)0,006	(+)0,016	(+)0,000	(+)0,072	(+)0,025	(+)0,015
Zn	(-)0,003	(-)0,207	(+)0,076	(+)0,010	(-)0,077	(-)0,145	(-)0,061	(-)0,013	(-)0,051
Mn	(-)0,372	(+)0,020	(+)0,051	(-)0,220	(+)0,023	(+)0,053	(+)0,000	(+)0,051	(-)0,003
B	(+)0,138	(-)0,276	(-)0,074	(+)0,303*	(-)0,051	(-)0,205	(-)0,056	(-)0,092	(-)0,006
N/K	(+)0,086	(+)0,006	(+)0,036	(+)0,000	(+)0,014	(+)0,004	(+)0,227*	(-)0,009	(+)0,080
P/K	(-)0,003	(-)0,002	(-)0,195	(+)0,030	(-)0,077	(-)0,015	(-)0,197	(-)0,310*	(-)0,093
K/Ca	(-)0,204	(-)0,037	(-)0,008	(-)0,006	(-)0,066	(-)0,051	(-)0,272*	(-)0,012	(-)0,028
P/Fe	(-)0,038	(-)0,09	(-)0,175	(+)0,026	(-)0,226	(-)0,167	(-)0,380**	(-)0,487**	(-)0,225*
[10*P+K]*50/Fe	(-)0,044	(-)0,169	(-)0,115	(+)0,014	(-)0,219	(-)0,250*	(-)0,329*	(-)0,386**	(-)0,277*

Niveles de significación: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Al hacer una comparación de medias de la tonalidad de los vinos procedentes de las subparcelas de estudio con alto y bajo nivel de clorofila foliar (figura 2), se observa una menor tonalidad en el color de los vinos procedentes de las parcelas con mayor grado de clorosis férrica, tal y como observaron Martín et al. (2007) y Meggio et al. (2010).

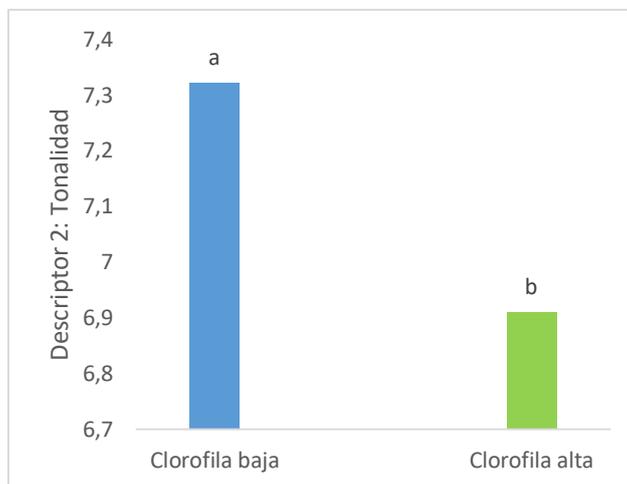


Figura 2: Comparación de medias de los parámetros de tonalidad de los vinos en el análisis sensorial de subparcelas con alto y bajo contenido foliar de clorofila (test Tukey, $p < 0,05$).

5.5. CORRELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL VINO

En la tabla 8 se muestran los descriptores sensoriales que presentan correlación estadísticamente significativa con alguno de los parámetros físico-químicos analizados en el vino. La acidez y la intensidad de capa son los descriptores sensoriales más relacionados con los parámetros físico-químicos del vino (tabla 8), sobre todo con los referentes al contenido y la calidad de los polifenoles y a la coloración de los vinos. En concreto, la intensidad de capa se correlacionó positivamente con el IPT, absorbancias a 420, 520 y 620 nm, la intensidad colorante, el grado de polimerización de los taninos (índice HCl) y el índice de ionización de los antocianos (IH).

La relación del IPT y del índice de HCl con la acidez podía venir determinada por las características sensoriales de los taninos. Los taninos en boca nos dan un punto de acidez, amargor y astringencia del vino. Además, la astringencia y la acidez son dos descriptores sensoriales que se refuerzan (Fontoin et al., 2008).

Una regresión positiva a destacar es la interacción entre la astringencia y el IPT, esto concuerda con lo mostrado en la tabla 7 y con los resultados de otros autores (Es-Safi et. al., 1999; Quintana, 2001).

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Tabla 8: Valores del coeficiente de determinación R^2 , nivel de significación y pendiente de regresión (entre paréntesis) de los parámetros fisicoquímicos del vino sobre los parámetros del análisis sensorial de los vinos.

Parámetros del vino	Tonalidad	Intensidad de capa	Acético	Alcohol	Intensidad en boca	Ácido	Astringencia
pH	(+)0,021	(-)0,148	(+)0,006	(+)0,170	(-)0,168	(-)0,054	(-)0,044
A. Volátil	(+)0,017	(+)0,012	(-)0,326*	(-)0,028	(+)0,037	(-)0,034	(-)0,013
Grado Alcohólico	(+)0,249*	(-)0,013	(+)0,146	(+)0,280*	(+)0,001	(+)0,031	(+)0,101
IPT	(+)0,073	(+)0,541***	(+)0,037	(-)0,009	(+)0,204	(+)0,571***	(+)0,469**
A420	(+)0,072	(+)0,708***	(+)0,000	(-)0,027	(+)0,235*	(+)0,529***	(+)0,269*
A520	(+)0,127	(+)0,682***	(+)0,000	(-)0,008	(+)0,200	(+)0,443**	(+)0,178
A620	(+)0,112	(+)0,660***	(+)0,000	(-)0,006	(+)0,185	(+)0,495**	(+)0,230*
Intensidad colorante	(+)0,106	(+)0,702***	(+)0,000	(-)0,013	(+)0,214	(+)0,034	(+)0,219
Tonalidad	(-)0,123	(-)0,046	(-)0,000	(-)0,038	(+)0,000	(-)0,036	(+)0,032
HCl	(+)0,023	(+)0,447**	(+)0,053	(-)0,019	(+)0,179	(+)0,567***	(+)0,416**
IH	(+)0,001	(+)0,443**	(+)0,022	(-)0,041	(+)0,227	(+)0,444**	(+)0,279*

Niveles de significación: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

El pH no se relaciona con ninguno de los componentes de la cata, como lo observado Cortell et al. (2008) que obtuvieron el mismo resultado en sus estudios.

6. CONCLUSIONES

"El estudio realizado ha puesto de manifiesto la influencia del nivel nutricional de K sobre el vigor de la viña y la intensidad colorante del vino. El nivel nutricional de N afectó de manera significativa a los parámetros colorimétricos y al amargor de los vinos en la zona de estudio. Se observó una relación negativa entre el contenido en polifenoles y el color de los vinos con el vigor y el rendimiento de la viña.

Los resultados confirman que los niveles moderados de deficiencia de hierro pueden repercutir positivamente en algunos componentes de la calidad del vino. Los índices nutricionales P/Fe y $[10 \cdot P + K] \cdot 50 / Fe$ constituyen buenos indicadores de la clorosis férrica, y podrían ser útiles para estimar en campo el potencial enológico del viñedo para su aplicación en viticultura de precisión. Los índices se han mostrado como buenos indicadores del vigor de la viña, así como del color, amargor, acidez, astringencia y persistencia de los vinos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Abadía J, Álvarez-Fernández A, Rombolà A, Sanz M, Tagliavini M, Abadía A, 2004. Technologies for the diagnosis and remediation of Fe deficiency. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 50(7): 965-971

Alonso A, 2004. Plantación de viñedo en la Ribera del Duero. En: Consejo Regulador de la Denominación de Origen Ribera de Duero (ed.). Ponencias del IV Curso de verano viticultura y enología en la D.O. Ribera del Duero, p-p 72-80. Roa de Duero, Burgos

Balint G, Reynolds A G, 2017. Irrigation strategies impact Baco noir grapevines in Ontario. II. Fruit composition and wine sensory analysis. *American Journal of Enology and Viticulture* 68: 310-324.

Bavaresco L, Poni, 2003. Effect of calcareous soil on photosynthesis rate, mineral nutrition, and source-sink ratio of table grape. *J. Plant Nutr.*, 26: 2123-2135

Bavaresco L, Van Zeller M I, Civardi S, Gatti M, Ferrari F, 2010. Effects of traditional and new methods on overcoming lime-induced chlorosis of grapevine. *Am. J. Enol. Vitic.*, 61: 186-190

Bilir H, Gokdemi R N, Erdem H, 2017. Effects of boron on yield, quality and leaf nutrients of Isabella (*Vitis Labrusca* L.) grape cultivar. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus.* 17(1), 149–157

Blouin J, Peynaud E, 2003. Enología práctica. Conocimiento y elaboración del vino. 4ª Edición. Mundi-Prensa. pp 10-28.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Boonterm V, Silapapun A, Boonkerd N, 2010. Effects of nitrogen, potassium fertilizers and clusters per vine on yield and anthocyanin content in Cabernet Sauvignon grape. Suranaree J. Sci. Technol. 17(2):155-163

Boselli E, Boulton RB, Thorngate JH, Frega NG, 2004. Chemical and sensory characterization of DOC red wines from Marche (Italy) related to vintage and grape cultivars. J. Agric. Food Chem. 52:3843-3854.

Catalina A, 2015. Utilización de medidas de fluorescencia de la clorofila para monitorizar el estado nutricional y estimar el potencial enológico en viñedos afectados por clorosis férrica. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.

COMISIÓN EUROPEA. Reglamento (CEE) nº 2676/90 del 17 de septiembre de 1990 por el que se determinan los métodos oficiales de análisis de vinos, zumos y mostos de uva. Diario Oficial de las Comunidades Europeas L272 (3 de octubre de 1990). Comisión Europea (Ed.) Bruselas (Bélgica), pp. 1-192.

Coombe BG, 1992. Research on development and ripening of the grape berry. Am J Enol Vitic. 43 (1): 101-110.

Cortell J, Sivertsen H, Kennedy J, Heymann H. 2008. Influence of vine vigor on Pinot Noir fruit composition, wine chemical analysis, and wine sensory attributes. Am. J. Enol. Vitic. 59:1 1-10

Chen Y, Shi J, Tian G, Zheng S, y Lin Q, 2004. Fe deficiency induces Cu uptake and accumulation in *Commelina communis*. Plant Sci., 166: 1371-1377

Del Campillo MC, Torrent J, 1992. Predicting the influence of iron chlorosis in calcareous soils of southern Spain. Commun. Soil Sci. Plan., 23: 399-416.

Delgado R, Martin P, Alamo M, Gonzalez MR, 2004. Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilization rates. J. Sci. Food Agr. 84: 623-630.

Es-Safi N, Le Guernevé C, Fulcrand H, Cheynier V, Moutounet, M, 1999. New polyphenolic compounds with xanthylum skeletons formed through relation between (+)-catechin and glyoxylic acid. J. Agr. Food Chem. 47, 5211-5217.

Fontoin H, Saucier C, Teissedre PL, Glories Y, 2008. Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution. Food Quality and Preference, 19(3), 286-291.

Gámez L, Navarro M, 2017. Influencia del contenido de potasio en parámetros cromáticos y copigmentación del vino. Universidad pública de Navarra. Revista alimentaria.

García-Escudero E, 2011. Consideraciones sobre la nutrición y fertilización de la viña. Revista Agricultura; p-p 334-338

Gishen M, Iland, P G, Damberg R G, Esler M B, Francis I L, Kambouris A, Johnstone R S, Hoj PB, 2002. Objective measures of grape and wine quality.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Proceedings of the 11th Australian Wine Industry Technical Conference; Suranaree J. Sci. Technol Adelaide, Australia, pp188-194.

Gómez-miguel V, 2009. Inventarios del recurso suelo de las D.O. de Castilla y León: II D.O. Ribera del Duero. Innovación y tecnología alimentaria; 2009; 2. Castilla y León.

Gómez-miguel V, 2010. Fertilidad y fertilización en los suelos de las denominaciones de origen de Castilla y León. En: Consejo Regulador de la Denominación de Origen Ribera del Duero (ed). Ponencias del X Curso de verano viticultura y enología en la D.O. Ribera del Duero. 9-23. Roa de Duero, Burgos.

González M R, Hailemichael G, Catalina A, Martín P, 2018. Combined effects of water status and iron deficiency chlorosis on grape composition in non-irrigated vineyards. Sci. Agric. 76(6):473-480.

González MR, Martín P, 2006. Prevención y tratamiento de la clorosis férrica en viñedo. Vida Rural. pp 30-33

Hailemichael G, Catalina A, Uzquiza L, González M.R, Martín P, 2014. Efectos del estado nutricional sobre la eficiencia fotosintética y el comportamiento agronómico de viñedos cv. Tempranillo en Ribera del Duero, I Jornada del Grupo de Viticultura y Enología de la SECH pp 56-261.

Hale C.E, 1977. Relation between potassium and malate and tartrate contents of grape berries. Vitis. 16: 9-19.

He ZL, Yang XE, Stoffella PJ, 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. J. Trace Elem. Med. Bio; 19(2-3): 125-140

Heymann H, Noble AC, 1987. Descriptive analysis of commercial Cabernet Sauvignon wines from California. Am. J. Enol. Vitic. 38:41-44.

Hidalgo J, 2011. Tratado de Enología. Tomo I. Segunda edición. Ed. Muni-Prensa. pp 941

Hidalgo L, 1999. Tratado de viticultura general. Ediciones Mundiprensa. Madrid.

Hopkins WG, 1995. Introduction to plant physiology. John Wiley & Sons, inc., NY, USA, p 142.

Instituto Nacional de Denominaciones de Origen (España), 1983. Catastro vitícola y vinícola D.O. Ribera del Duero: año 1983. Ministerio de agricultura, Pesca y Alimentación, Servicio de Publicaciones p 8.

ISO 3591, 1977. Sensory analysis. Apparatus. Wine-tasting glass. ISO 3591, International Standardization Office, Geneva, Switzerland

ISO 8589, 2007. Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms. ISO 8589, International Standardization Office, Geneva, Switzerland.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

- Jones J B, Wallace A, 1992. Sample preparation and determination of iron in plants tissue samples. *J. Plants Nutr.*, 15(10): 2085-2108
- Kallithraka S, Arvanitoyannis I S, Kefalas P, El-Zajouli A, Soufleros E, Psarra E, 2001. Instrumental and sensory analysis of Greek wines: Implementation of principle component analysis (PCA) for classification according to geographical origin. *Food Chem.* 73:501-514.
- Karimi R, 2016. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Sci. Hortic.* 215:184–194
- Kosegarten H, Hoffmann B, Mengel K, 2001. The paramount influence of nitrate in increasing apoplastic pH of young sunflower leaf to induce Fe deficiency chlorosis, and the re-greening effect brought about acid foliar sprays. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 164: 155-163
- Kosegarten H, Wilson G H, Esch A, 1998. The effect of nitrate nutrition on ironchlorosis and leaf growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. J. Agr.*, 8: 283-292
- Madrid J, Madrid A, Moreno G, 2003. Análisis de vinos, mostos y alcoholes. Ediciones Mundi-Prensa. 13:225.
- Maldonado R, Etchevers J D, Alcántar G, Rodríguez J, Colinas M T, 2006. Morphological changes in leaves of Mexican lime affected by iron chlorosis. *J. Plant Nutr.*, 29: 615-628
- Martín P, Zarco-Tejada P J, González M R, Berjón A, 2007. Using hyperspectral remote sensing to map grape quality in 'Tempranillo' vineyards affected by iron chlorosis. *Vitis* 46: 7-14.
- Meggio F, Zarco-Tejada P.J, Núñez L.C, Sepulcre-Cantó G, González M.R, Martín P, 2010. Grape quality assessment in vineyards affected by iron deficiency chlorosis using narrowband physiological remote sensing indexes. *Remote Sensing of Environment* 114: 1968-1986.
- Noble AC, 1994. Bitterness in wine. *Physiol. Behav.* 6:1251-1255.
- O.I.V. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. Volumen 1. Método OIV-MA-AS2-07B. Chromatic Characteristic.
- O.I.V. Résolution VITI 4/95. Diagnostic foliare une méthode harmonisée. Bull O.I.V. 1996. París (Francia).
- Ojeda H, Andara C, Kraeva E, Carbonneau A, Deloire A, 2002. Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Syrah. *American Journal of Enology and Viticulture* 53: 261-267.

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Pérez E, 2016. Vigor, rendimiento y composición del mosto en viñedos de Tempranillo afectados por clorosis férrica en la D.O. Ribera del Duero. Trabajo de fin de grado. Universidad de Valladolid.

Pirie AJG, Mullins MG, 1980. Concentration of phenolics in skin of grape berries during fruit development and ripening. *American Journal of Enology and Viticulture* 31: 34-36.

Quintana A.M, 2001 Fraccionamiento y estudio preliminar de la materia colorante del vino tinto. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.

Ramos M, Romero M, 2017. Potassium uptake and redistribution in Cabernet Sauvignon and Syrah grape tissues and its relationship with grape quality parameters. *J Sci Food Agr.* 97(10): 3269-3277.

Reynolds A G, Yerle S, Watson B, Price SF, Wardle D A, 1996. Fruit environment and crop level effects on Pinot noir. III. Composition and descriptive analysis of Oregon and British Columbia wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 47:329-339.

Roby G, Matthews M A, 2004. Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research.* 10: 74-82.

Rook DA, 1991. Seedling development and physiology in relation to mineral nutrition. In: van den Driessche, R. (Ed.): *Mineral nutrition in conifer seedlings.* CRC Press. P-p 86-112.

Ruiz Hernández M, 2001. "LAS Variedades de Vid y la calidad de los vinos. A. Madrid Vicente.

Russo M A, Sambuco F, Belligno A, 2010. The response to iron deficiency of two sensitive grapevine cultivars grafted on a tolerant rootstock. *Afr. J. Biochem. Res.*, 4: 33-42

Salinas M R, 2004. Factores vitivinícolas que influyen en la composición aromática del vino. Consejo Regulador de la Denominación de Origen Ribera del Duero. Ponencias del IV curso de verano viticultura y enología en la D.O. Ribera del Duero. 8-27. Aranda de Duero.

Stone H, Sidel J, Oliver S, Woolsey A, Singleton RC, 1974 Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Tech.* 28(11), 24-34.

WRB (IUSS Working Group WRB), 2006. World reference base for soil resources 2006. *World Soil Resources Reports*; 103. FAO, Rome.

Zamora F, 2003. Elaboración y crianza del vino tinto: aspectos científicos y prácticos. Primera edición; Ed. AMV-Mundi-Prensa pp. 61-62

Zheng S, He Y, Arakawa Y, Masaoka Y, Tang C, 2005. A copper-deficiency-induced root reductase is different from the iron-deficiency-induced one in red clover (*Trifolium pretense L.*). *Plant Soil*, 273: 69-76

Lucía Sánchez Sanz

UNIVERSIDAD DE VALLAOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S DE INGENIERIAS AGRARIAS

Grado en Enología

Efectos del estado nutricional del viñedo sobre la composición química y las características sensoriales de los vinos cv. Tempranillo.

Zlamalova T, Elbl J, Baron M, Belikova H, Lampir L, Hlusek J, Losak T, 2015. Using foliar applications of magnesium and potassium to improve yields and some qualitative parameters of vine grapes (*Vitis vinifera* L.). Plant Soil Environ. 61: 451-457.