

# Seguimiento de la madurez de la uva mediante voltimetría de barrido lineal – Parte 2: Obtención de perfiles organolépticos predefinidos para el Sauvignon blanc

Emmanuel Brenon<sup>1</sup>, Sylvette Morin<sup>2</sup>, Christine Lagarde Pascal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vinventions, equipo de Enología, Francia

<sup>2</sup>Vignerons des Coteaux Romanais, Francia

Los consumidores buscan vinos aromáticos de Sauvignon blanc con perfiles característicos. Uno de objetivos de los enólogos es ser capaces de conseguir estos perfiles de forma repetida y predecible. La primera decisión de vinificación, es decir, la elección de la fecha de vendimia, parece desempeñar un papel importante en la consecuencia de este propósito.

El objetivo de este trabajo era evaluar la posibilidad de utilizar la voltimetría como se describe en la parte 1 de este artículo para decidir una fecha de vendimia en función de un perfil aromático para el Sauvignon blanc. Para ello, se controlaron 17 parcelas de Sauvignon blanc del Valle del Loira (Vignerons des Coteaux Romanais, Touraine, Francia) durante su madurez mediante mediciones voltamétricas en las uvas. Se vinificaron 4 parcelas en pequeños volúmenes en 3 fechas de vendimia. Los vinos se evaluaron por cata y se midieron los tioles varietales (3SH, 3SHA y 4MSP).

Este trabajo puso de manifiesto la posibilidad de elegir una fecha de vendimia en función de la evolución de la señal voltamétrica a través de un índice sintético (Maturox) para producir vinos con perfiles aromáticos diferentes y controlados. En concreto, los vinos procedentes de vendimias entre 0 y 12 días después del mínimo de Maturox se describieron como “fermentativos” o “vegetales”, los procedentes de vendimias entre 12 y 19 días después del mínimo de Maturox como “tioles varietales” (boj) y los procedentes de vendimias 19 días después del mínimo del índice como “tioles fermentativos” (cítricos).

---

Durante su desarrollo, la baya de uva acumula y metaboliza diversos compuestos, ácidos orgánicos, hexosas, polifenoles y aromas. Estos compuestos tienen un gran impacto enológico y determinan en gran medida el perfil del vino producido. Los niveles de estos diferentes compuestos cambian a medida que las uvas maduran (Yu Fang *et al.* 2006, Gambuti *et al.* 2007).

La cuantificación de estos compuestos de interés puede ayudar a decidir la fecha de vendimia. Algunos de estos compuestos son fácilmente cuantificables por los profesionales, en particular el contenido



de azúcar y de ácidos orgánicos. Su medición durante la madurez de la uva ayuda a decidir la fecha de vendimia. Así, es posible predecir el grado alcohólico o la acidez del futuro vino.

Otros compuestos, sin embargo, son mucho más difíciles de acceso, ya sea por su concentración, por su forma en la baya (*es decir*, en forma de precursores) o por las técnicas necesarias para hallarlos (Arévalo *et al.* 2006). Entre estos compuestos, los aromas, ya sea en forma de precursores o no, son difíciles de comprender y, sin embargo, desempeñan un papel clave en las características organolépticas del futuro vino (Jeffery 2013). La fecha de vendimia tiene un gran impacto en el contenido de ciertos compuestos aromáticos en los vinos (Nicolini 2020). Los trabajos realizados con Syrah y Cabernet Sauvignon (Antalick *et al.* 2021 y 2023) han demostrado la existencia de perfiles aromáticos reproducibles utilizando el concepto de carga de azúcar (DeLoire 2011) para evaluar la madurez de la uva.

La Sauvignon blanc es una variedad de uva cuyos compuestos aromáticos han sido ampliamente estudiados en las últimas décadas (Swiegers *et al.* 2007, Tominaga *et al.* 1998, 2000a, 2000 b, 2006, Dubourdieu *et al.* 2009, Roland *et al.* 2010). Los trabajos sobre Sauvignon blanc en Adelaide Hills (Australia) han demostrado que es posible maximizar el contenido de precursores 3SH eligiendo la fecha de vendimia, con niveles máximos de precursores a medida que maduran las uvas (Capone *et al.* 2011a, 2012b).

Sin embargo, las tasas de conversión de precursores de tioles durante la fermentación alcohólica son bajas (<10%) (Subileau 2008). Los procesos de vinificación tienen un fuerte impacto en el desarrollo de precursores y en el contenido en tioles de los vinos finales (Leandro 2017). Por tanto, ¿es posible controlar la fecha de vendimia de las parcelas de Sauvignon blanc con el objetivo de producir vinos con perfiles repetibles, como se ha establecido para Syrah y Cabernet-Sauvignon?

En trabajos anteriores, se evaluó mediante cata el uso de la voltamperometría de barrido lineal para determinar una fecha de vendimia de Sauvignon blanc y se obtuvieron diferentes perfiles de vino (Hastoy *et al.* 2020). Se demostró que existía una señal voltamétrica mínima en las muestras de uva durante la madurez y que la fecha de este mínimo podía utilizarse como referencia temporal durante la madurez, cercana al final de la carga de azúcar (Parte 1 de este artículo, Pascal *et al.* 2025)

Esta tecnología se utilizó para controlar la madurez de varias parcelas de Sauvignon blanc en Touraine. Se seleccionaron cuatro de ellas y se microvinificaron en fechas diferentes en relación con la señal voltamétrica mínima. Los perfiles organolépticos de los vinos obtenidos fueron caracterizados por un panel de expertos y se analizó su contenido varietal en tioles. Se confirmó así el valor de la determinación de la señal voltamétrica mínima para determinar las fases de los diferentes perfiles aromáticos. También se demostró que la concentración de tioles varietales en los vinos de las 4 parcelas cambiaba con el tiempo después de la señal voltamétrica mínima, de forma similar para las 4 parcelas.

## **Materiales y métodos**

### **Control de la madurez**

Durante la vendimia de 2022, 17 parcelas de Sauvignon blanc de la bodega Vignerons des Coteaux Romanais (Loir-et-Cher, Francia) fueron objeto de un seguimiento durante la madurez de la uva. En cada parcela se identificaron zonas representativas (vigor, rendimiento) de 50 cepas, evitando los inicios de filas y las del borde. Semanalmente se tomaron muestras de 200 bayas en estas zonas, a ambos lados de la línea, desde mediados del envero hasta la vendimia. Las muestras de 200 bayas se prensaron a mano en una bolsa de plástico. El mosto obtenido se analizó por voltametría de barrido lineal (potenciostato Polyscan, WQS, Vinventions) sobre un electrodo desechable (WQS Vinventions, electrodo de trabajo de carbono, referencia Ag/AgCl) aplicando un potencial de 0 a 1200 mV a una velocidad de barrido de 10mV/s. Cada voltamograma se caracterizó calculando el índice Maturox, una combinación lineal de áreas bajo la curva entre 400 y 1000 mV. También se realizaron análisis estándar de cada muestra (concentración de azúcar por refractometría, acidez total por valoración con hidróxido de sodio en presencia de azul de bromotimol y peso medio de las bayas)

### Vinificación

Se microvinificaron cuatro parcelas, con tres fechas de vendimia espaciadas de 5 a 6 días, para que coincidieran con las fechas de vendimia fijadas por la bodega. Las uvas se vendimiaron a mano en una de cada tres cepas de la zona de seguimiento, con el fin de limitar el impacto de cualquier heterogeneidad espacial de la zona. Las uvas se despalillaron, estrujaron y prensaron en una hidro prensa inerte de 30 litros utilizando hielo seco. El mosto prensados se sulfitó a 5g/hL de SO<sub>2</sub> añadiendo de una solución sulfurosa P10 (100 g/L de dióxido de azufre puro), se añadió enzimas y se recogió en cubos de 12 litros previamente inertizados. Después de 12 a 24 horas a 3,5°C, los mostos se sedimentaron. Tras reajustar la turbidez a 150-200 NTU, se inocularon a 20 g/hL con levadura saccharomyces EXCELLENCE® FTH (Lamothe-Abiet). Las modalidades con bajas concentraciones de azúcares reductores se ajustaron a 190 g/L durante la fermentación. Se añadió fosfato di-amónico al inicio de la fermentación para alcanzar una concentración de nitrógeno asimilable de al menos 0,8 \* concentración de azúcares reductores (mg/L). Al final de la fermentación alcohólica, los vinos se transfirieron a bolsas bag-in-box y se conservaron en frío a 4°C.

### Evaluación del vino

Un panel de 5 expertos, formados y experimentados en la cata de vinos Sauvignon blanc del Valle del Loira, evaluó los vinos elaborados 2 meses después del final de la vinificación según una ficha de cata específica, que incluía los siguientes descriptores:

- Vegetal: notas vegetales y herbáceas, a excepción de los aromas de boj típicos del Sauvignon Blanc.
- Fermentativa: notas aromáticas de amilo, fresa, pera, granadina, gominola...
- Tioles varietales: aromas de boj, orina de gato, brote de grosella negra.
- Tiol fermentativo: notas aromáticas de cítricos, pomelo, hoja de tomate, sudor
- Tioles maduros: notas aromáticas de fruta exótica, mango, papaya, fruta de la pasión, etc.
- Terpénico: notas aromáticas de lichi, rosa y tila.

Para cada vino, los catadores definieron la clase aromática "mayoritaria" y cualquier clase aromática "secundaria". Cuando la clase aromática secundaria no fue definida por el catador, se consideró idéntica a



la clase principal. Para que las notas de cata fueran cuantitativas, asignando un peso idéntico a cada catador para cada uno de los vinos, el valor de cada descriptor para cada vino se calculó mediante la siguiente fórmula

$$\text{Nota-Descriptor-a} = \text{nb de clase\_descriptor-a mayoritario} * 2 + \text{nb de clase\_descriptor-a secundario}$$

Los análisis aromáticos (3SH, 3SHA, 4MSP) fueron realizados por Nyséos en Montpellier en los vinos tras la fermentación alcohólica.

El mapping se llevó a cabo en R-Studio mediante un análisis de componentes principales seguido de una clasificación jerárquica ascendente (bibliotecas FactoMineR y FactoExtra).

## Resultados y debate

### Determinación de la señal voltamétrica mínima de las 4 parcelas y fecha de vendimia de las parcelas en relación con este mínimo.

Para cada una de las 17 parcelas monitorizadas, se siguió la evolución del índice Maturox (Figura 1) y se determinó la fecha del mínimo del índice Maturox, como se explica en la parte 1 de este artículo (Pascal *et al.* 2025). Las muestras se tomaron semanalmente, por lo que la fecha del mínimo del índice Maturox se determinó con una precisión de más o menos 3 días.

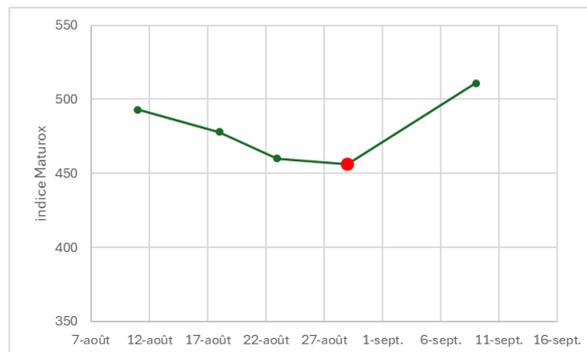


Figura 1: Evolución del índice Maturox (VCR\_16). En rojo, identificación del mínimo del índice (29/08/2022).

Las fechas mínimas se repartieron en 11 días (Tabla 1) para las cuatro parcelas microvinificadas. Las parcelas se vendimiaron en 3 fechas distintas, correspondientes a diferentes desviaciones del índice mínimo para la parcela en cuestión (Tabla 1), que oscilaron entre 2 y 25 días. Si consideramos el mínimo de Maturox como un indicador del progreso de la carga de azúcar, tal y como proponen Hastoy *et al.* (2019), las microvinificaciones se llevaron a cabo en uvas de diferente madurez y correspondientes a "fases aromáticas" (Deloire 2011) potencialmente conducentes a diferentes perfiles de vino.

Cuadro 1: fecha del mínimo de Maturox y diferencia con este mínimo (en días) para cada fecha de cosecha

	Fecha mínima para Maturox	Fecha de vendimia 1: 31/08 y 01/09. Número de días después de Maturox mínimo de vendimia 1	Fecha de cosecha 1: 07/09. Número de días tras la vendimia mínima Maturox 2	Fecha de cosecha 1: 12/09. Número de días después de la vendimia Maturox mínimo 3
VCR_3	19/08	13	19	24
VCR_11	24/08	7	14	19
VCR_16	29/08	2	9	14
VCR_17	18/08	13	20	25

El análisis de los mostos a su llegada a la bodega se presenta en la Tabla 2. La parcela VCR\_16 se distingue de las otras 3 parcelas por tener niveles de nitrógeno asimilable mucho más elevados y azúcares reductores más bajos. También se vendimió antes que las otras 3 parcelas en relación con el mínimo de Maturox. Las fechas de vendimia más tempranas de las parcelas VCR\_11 y VCR\_17 fueron las más ácidas.

Tabla 2: Análisis de los mostos a la entrada en bodega para cada fecha de vendimia en cada parcela.

	Número de días después de la vendimia Maturox mínimo	Azúcares reductores (g/L)	Acidez total (g/L)	Nitrógeno asimilable (mg/L)
VCR_3	13	203	4.5	69
	19	201	4.6	125
	24	205	3.6	86
VCR_11	7	191	5.2	95
	14	207	4.6	53
	19	225	4.2	64
VCR_16	2	161	4.7	206
	9	164	4.6	222
	14	180	4	153
VCR_17	13	223	5.1	41
	20	220	4.6	43
	25	229	3.4	55

### **Descripción organoléptica y clasificación de los vinos obtenidos**

Las variables cuantitativas generadas por la cata se utilizaron para cartografiar los vinos (Figura 2). Se seleccionaron las variables “vegetal”, “fermentativa”, “tiol fermentativo”, “tiol varietal” y “tiol de maduración”.

La modalidad VCR\_3 fecha 3 fue eliminada del tratamiento de los datos de cata debido a notas marcadas de yodo, estas notas procedentes de la contaminación *por Botrytis cinerea* en las uvas.

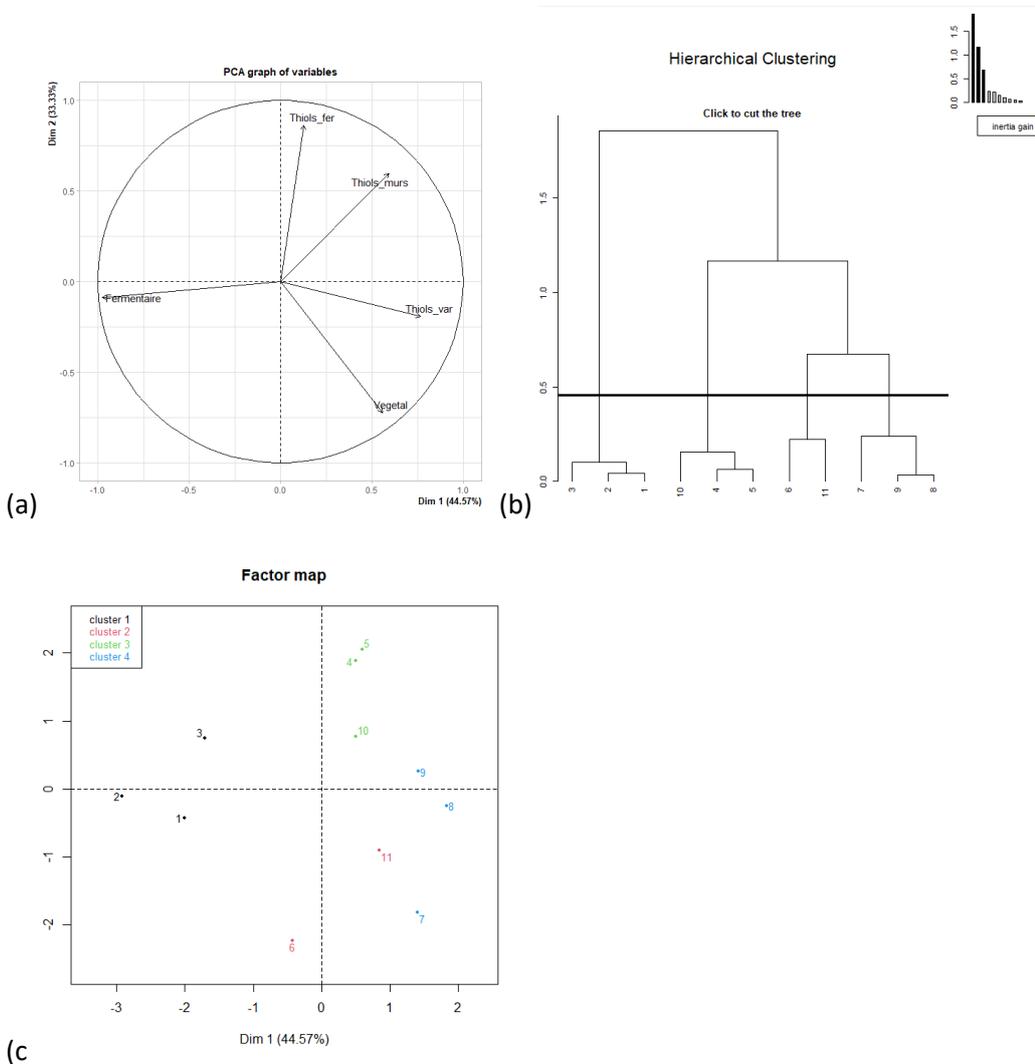


Figura 2: a- PCA realizado sobre las variables de cata, b- clasificación jerárquica ascendente, c- gráfico de individuos con representación de los grupos. Negro: grupo "fermentativo", rojo: grupo "vegetal", azul: grupo "tiol varietal", verde: grupo "tiol fermentativo".

El análisis de componentes principales y la clasificación jerárquica ascendente revelaron 4 grupos de vinos que pueden considerarse homogéneos en términos de variables gustativas. El perfil sensorial medio de cada grupo se muestra en la figura 3: cada grupo tiene un descriptor mayoritario que puede utilizarse para caracterizarlo. Los cuatro grupos se describieron respectivamente como predominantemente "fermentativo", "vegetal", "tiol varietal" y "tiol fermentativo"



También hay que señalar que el grupo "tiol fermentativo" (predominantemente cítricos, pomelo, hoja de tomate, sudor), a pesar de su nombre similar, sólo tiene una puntuación muy baja en el descriptor "fermentativo" (amilo, fresa, pera, granadina, golosina). Los dos descriptores son prácticamente ortogonales en el análisis de componentes principales. En cambio, los vinos de este grupo presentan notas de "tiol maduro" (frutas exóticas, mango, papaya, fruta de la pasión).

El grupo de los "tiales varietales" (boj, orina de gato, brote de grosella negra) parece presentar la mayor diversidad de notas aromáticas, con puntuaciones medias relativamente elevadas también para los descriptores "vegetales" (notas vegetales y herbáceas frescas), "tiales maduros" (frutas exóticas, mango, papaya, fruta de la pasión) y "tiales fermentativos" (cítricos, pomelo, hoja de tomate, sudor).

Los grupos "vegetal" y "fermentación" parecen tener menos diversidad de notas aromáticas y los demás descriptores tienen puntuaciones bajas en estos dos grupos.

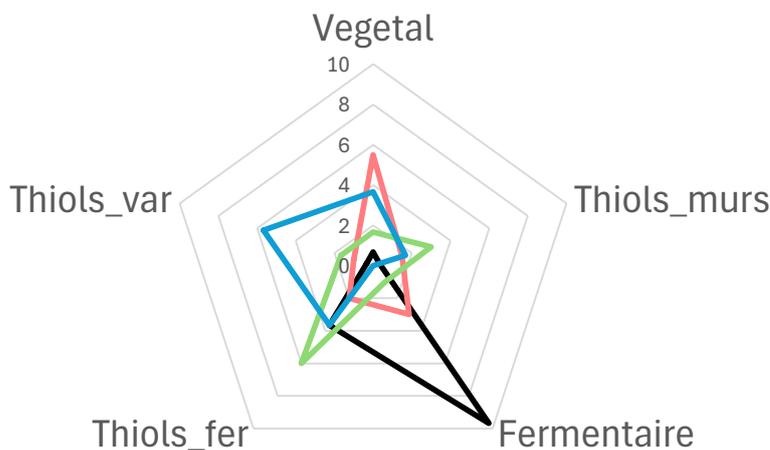


Figura 3: Promedio de las puntuaciones de cata de los vinos en los diferentes grupos determinados por PCA y CAH. Negro: grupo "fermentativo", rojo: grupo "vegetal", azul: grupo "varietal tiol", verde: grupo "fermentativo tiol".

### Análisis de los tiales varietales, relación con el perfil organoléptico de los vinos y la fecha de vendimia de la parcela en relación con el mínimo de Maturox

Los grupos de cata incluyen cada uno, vinos de diferentes parcelas, que parecen distribuirse en función del número de días transcurridos tras el Maturox mínimo de la vendimia (tabla 3). Los grupos "vegetal" y "fermentativo" se sitúan en los momentos más cortos tras el Maturox mínimo, entre 2 y 12 días. El grupo "varietal tiol" incluye los vinos cosechados entre 12 y 19 días después del mínimo Maturox y el grupo "fermentativo tiol" incluye los vinos vendimiados al menos 19 días después del mínimo Maturox



En cuanto a la concentración varietal de tioles, se observa que en los grupos descritos como "vegetal" y "fermentativo", los vinos presentan las concentraciones más bajas analizadas en estas muestras de 3SH (0-50 ng/L) y 4MSP (0-40 ng/L) y sobre todo una ausencia de 3SHA, no detectada en el análisis (Tabla 3). En término medio, estos vinos presentan una concentración inferior al umbral de percepción de 3SH y entre 10 y 30 veces superior al umbral de percepción de 4MSP (Figura 4).

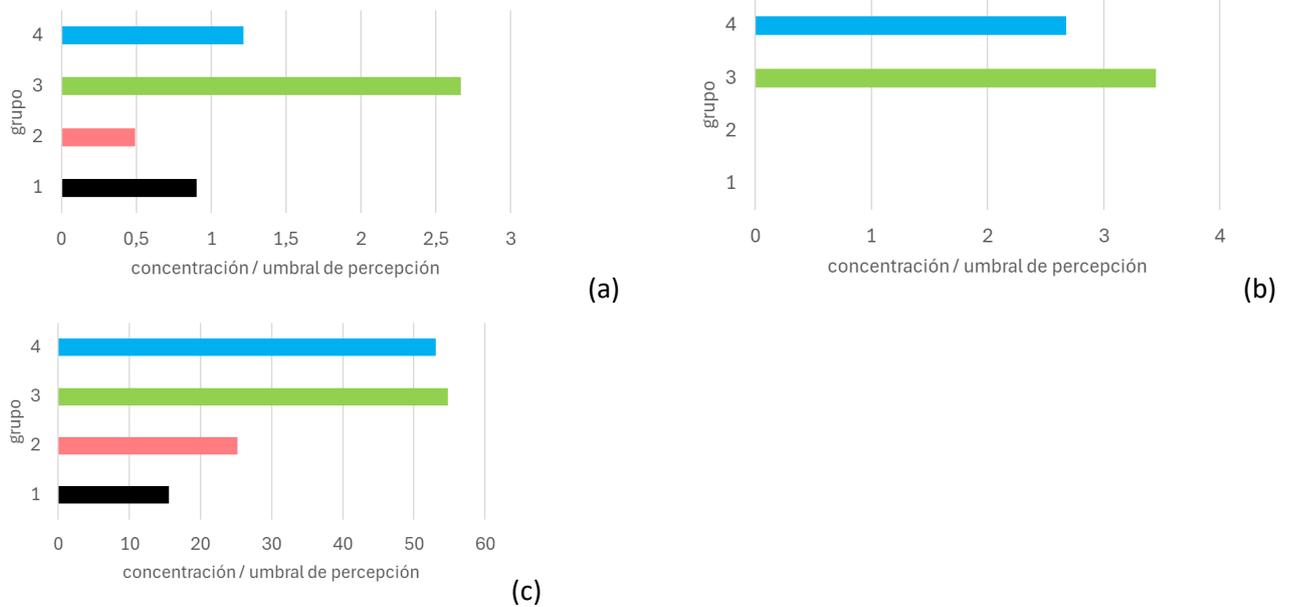


Figura 4: Intensidad olfativa media (concentración/umbral de percepción) para (a) 3SH, (b) 3SHA y (c) 4MSP de los diferentes grupos. Negro: grupo "fermentativo", rojo: grupo "vegetal", azul: grupo "tiol varietal", verde: grupo "tiol fermentativo"

Tabla 3: Fecha de vendimia en relación con el Maturox mínimo de la parcela, la concentración varietal de tioles y la pertenencia al grupo de cata de cada vino.

Parcela	Número de días después de la vendimia Maturox mínimo	Azúcares reductores (g/L) en la vendimia	Acidez total (g/L) en la vendimia	Nitrógeno asimilable (mg/L) en la vendimia	Grupo de cata	3SH (ng/L)	3SHA (ng/L)	4MSP (ng/L)
VCR_16	2	161	4.7	206	fermentativo	23	nd	8
VCR_11	7	191	5.2	95	vegetal	7	nd	6
VCR_16	9	164	4.6	222	fermentativo	33	nd	12
VCR_3	13	203	4.5	69	vegetal	52	nd	34
VCR_11	14	207	4.6	53	fermentativo	106	nd	17
VCR_17	13	223	5.1	41	tiol varietal	77	9	51
VCR_16	14	180	4	153	tiol varietal	87	15	44
VCR_3	19	201	4.6	125	tiol varietal	56	8	32
VCR_17	20	220	4.6	43	tiol fermentativo	84	14	44
VCR_11	19	225	4.2	64	tiol fermentativo	262	14	34
VCR_17	25	229	3.4	55	tiol fermentativo	135	13	53
VCR_3	24	205	3.6	86	no clasificado	269	15	44

El grupo "tiol varietal" incluye vinos con concentraciones intermedias (Tabla 3) de 3SH (50-100 ng/L, por término medio 1,5 veces el umbral de percepción, Figura 4) y 4MSP (40-50 ng/L, más de 50 veces el umbral de percepción) y con alrededor de 10 a 20 ng/L de 3SHA (alrededor de 3 veces el umbral de percepción). Se distingue del grupo descrito como "tiol fermentación" por la concentración de 3SH, que es más elevada en este último grupo (más de 100 ng/L, entre 2 y 2,5 veces el umbral de percepción), mientras que los niveles de 3SHA y 4MSP se mantienen en el mismo orden de magnitud.

El grupo "vegetal" presenta una concentración media de 4MSP superior a la del grupo "fermentativo", lo que podría justificar que la descripción organoléptica se centrara más en las notas de vegetación fresca. Las notas aromáticas de boj típicas de la 4MSP no se reconocieron durante la cata. Podrían haberse realizado análisis de otros compuestos aromáticos como las pirazinas o los ésteres fermentativos para completar el cuadro, pero no se llevaron a cabo en el marco de este ensayo.

En el grupo "fermentativo", un vino destacaba por presentar una concentración de 3MH superior a la de los demás vinos del grupo (y en el umbral de percepción de esta molécula): se trataba del VCR\_11 vendimiado 14 días después del mínimo de Maturox. La ausencia de 3SHA podría explicar su clasificación con vinos que contienen menos 3SH. Por último, el vino de la parcela VCR\_3 vendimiado 19 días después del



mínimo de Maturox fue clasificado en el grupo "tiol fermentativo", a pesar de las concentraciones intermedias de 3SH, 3SHA y 4MSP, bastante próximas a las de los vinos del grupo "tiol varietal". Sin embargo, esta parcela se encontraba en mal estado sanitario, lo que puede haber contribuido a modificar su perfil sensorial. La siguiente fecha de vendimia de esta parcela (24 días después del mínimo de Maturox) se eliminó de la cata por este motivo. No obstante, presentaba elevadas concentraciones de tioles varietales, al igual que los vinos del grupo "tioles fermentativos".

En todas las parcelas, el contenido de 4MSP estuvo por encima de su umbral de percepción (0.8 ng/L) en todas las fechas de cosecha, incluida la más temprana, y alcanzó un valor máximo entre 12 y 20 días después del mínimo de Maturox (Figura 5). Los niveles de 3SH y 3SHA superan sus umbrales de percepción a partir de los 12 días después del mínimo de Maturox y el de 3SH parece seguir aumentando a partir de los 20 días.

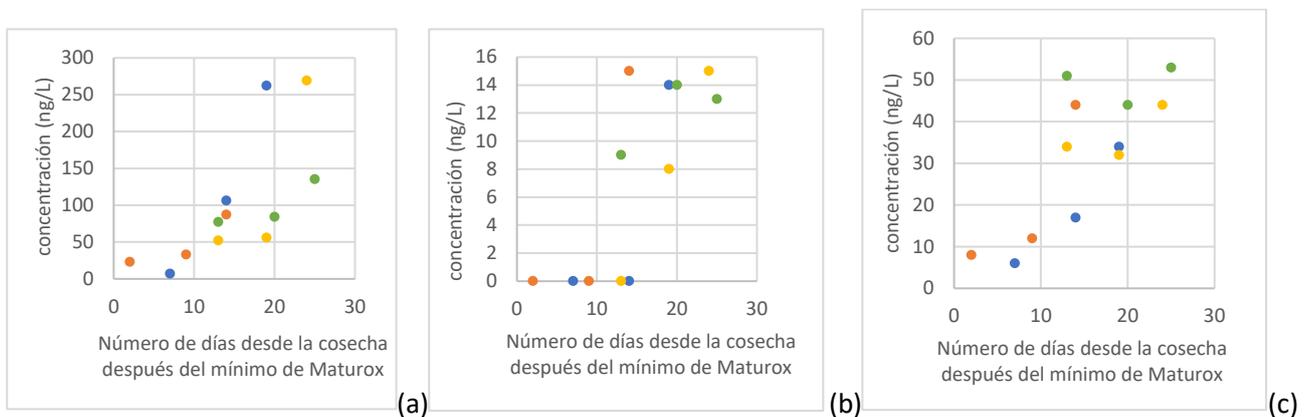


Figura 5: concentración (ng/L) de (a) 3SH, (b) 3SHA y (c) 4MSP en función del número de días de vendimia de las parcelas tras el mínimo de Maturox. Azul: VCR\_11; naranja: VCR\_16; verde: VCR\_17; turquesa: VCR\_3

Como resultado de estas observaciones en las 4 parcelas, parece confirmarse la hipótesis propuesta por Hastoy *et al*: la voltametría de barrido lineal, y en particular la utilización del índice Maturox tal como se propone en este artículo, puede utilizarse como referencia temporal durante la maduración de la uva para producir perfiles de vino determinados. El posicionamiento de las fechas de vendimia en relación con el momento posterior al mínimo de Maturox permite influir en el contenido en tioles de los vinos y en el equilibrio entre las diferentes moléculas de esta familia aromática. Por el contrario, los parámetros analíticos clásicos (concentración de azúcar, nitrógeno asimilable, acidez total - Tabla 3) no dan ninguna indicación sobre el momento de la vendimia de un perfil organoléptico dado, en particular para obtener los perfiles aquí descritos como tiol fermentativo, vegetal o varietal.

## Conclusión

Aunque las tasas de revelación de precursores de tioles durante la vinificación son bajas (<10%) y están fuertemente influenciadas por el proceso de vinificación, el trabajo realizado pone de relieve la posibilidad de producir perfiles de vino definidos y predecibles a partir de Sauvignon blanc.

La elección de la fecha de vendimia tiene un impacto importante en el perfil obtenido. En el presente estudio, la madurez de la uva se controló mediante voltimetría de barrido lineal, utilizando el índice Maturox, que integra la intensidad de la señal voltamétrica en una amplia zona de potencial. Se eligió su mínimo como referencia temporal durante la maduración de cada parcela. A continuación, las parcelas se vendimiaron en 3 fechas diferentes, cada una más o menos próxima a este mínimo. Los vinos obtenidos de vendimias a una distancia determinada de este mínimo presentaron perfiles similares en cata y se estableció una relación con las concentraciones de 3 tioles varietales, 3SH, 3SHA y 4MSP, y sus concentraciones relativas.

Concretamente, cuando una parcela se vendimió dentro de los 12 días siguientes al mínimo de Maturox, los vinos de Sauvignon blanc se describieron como vegetales o fermentativos y presentaban 4MSP por encima de su umbral de percepción, 3SH por debajo de su umbral de percepción y ningún 3SHA. Cuando la vendimia tuvo lugar más de 12 días después del mínimo de Maturox, los vinos se describieron como "tiólicos" y mostraron concentraciones de los 3 tioles varietales por encima de su umbral de percepción. La concentración de 4MSP parece ser más elevada en los vinos procedentes de una parcela vendimiada más de 12 días después del mínimo de Maturox. La concentración de 3SH parece aumentar más allá de estos 12 días, lo que podría explicar la descripción de dos perfiles aromáticos diferentes: un tiol vegetal dominante (boj) cuando se vendimia entre 12 y 19 días después del mínimo de Maturox, y un tiol de fermentación dominante (cítricos) si se vendimia más allá de 19 días debido a una proporción relativamente más elevada de 3SH.

El seguimiento de la maduración de la uva mediante voltimetría de barrido lineal, en particular utilizando el índice Maturox y su mínimo como referencia temporal, ha permitido situar las fechas de vendimia en las cuatro parcelas vinificadas para obtener perfiles típicos definidos por la cata y el análisis de los tioles varietales. Asociado a un protocolo de vinificación adecuado, este método puede utilizarse para producir perfiles de vino objetivo en una bodega eligiendo de forma óptima las fechas de vendimia para cada parcela.

### Bibliografía :

Antalick G., Šuklje K., Blackman J. W., Schmidtke L.M., Deloire A., Realización de vendimias secuenciales basadas en la acumulación de azúcar en baya (mg/berry) para obtener perfiles sensoriales específicos de vino. 2021, OENO One, 55 ( 2 ) .

Antalick G., Šuklje K., Blackman J. W., Schmidtke L. M., Deloire A.. Modulation of red wine sensory profiles: better understanding through grape berry sugar loading profiles. 2023, IVES Technical Reviews.

Arévalo Villena M., Díez Pérez J., Úbeda J.F., Navascués E., Briones A. I., A rapid method for quantifying aroma precursors: Application to grape extract, musts and wines made from several varieties, 2006, Food Chemistry, 99(1), 183-190.

Capone, D.L., Pardon, K.H., Cordente, A.G. and Jeffery, D.W. Identification and quantitation of 3-S-cysteinyglycinehexan-1-ol (Cysgly-3-MH) in Sauvignon blanc grape juice by HPLC-MS/MS. 2011 b, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**, 11204-11210.

Capone, D.L., Sefton, M.A. y Jeffery, D.W. Analytical investigations of wine odorant 3-mercaptohexan-1-ol and its precursors. En *Flavor Chemistry of Wine and Other Alcoholic Beverages*, 2012 a.

Leandro Dias Araújo, Drivers of Sauvignon blanc aroma at harvest: C6 compounds, antioxidants, and sulfur. 2017, PhD thesis University of Auckland.

Alain Deloire, El concepto de carga de azúcar en las bayas. Enero de 2011, WineLand

Dubourdieu, D., Tominaga T.. Polyfunctional thiol compounds. *En Wine Chemistry and Biochemistry*. M.V. Moreno-Arribas y M.C. Polo (eds.), Springer, Nueva York, 2009 pp. 275-293.

Gambutì, A., Lamorte, S., Capuano, R., Genovese, A., Lisanti, M.T., Piombino, P. y Moio, L. Study of the influence of grape ripeness degree on aroma characteristics of Aglianico wines by instrumental and sensory analysis, 2007, *Acta Hort.* 754, 533-540.

Hastoy X., Marquier S., Blanc G., Lagarde Pascal C., Utilización de la voltametría lineal de barrido para determinar la fecha de vendimia de parcelas de Sauvignon blanc. *Revue des œnologues*, 2019, 44-46.

Jeffery D.W. Improved understanding of varietal thiol precursors in grapes and wine. 2013, *Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*, 589, 44-49.

Nicolini, G.; Tonidandel, L.; Barbero, A.; Paolini, M.; Celotti, E.; Bottura, M.; Roman, T., Ripening effect on the concentration of polyfunctional thiol precursors in 'Gewürztraminer'. 2020, *VITIS*, 59, 149-153.

Pascal C., Brenon E., Champeau N., Charpentier E., Diéval J.B., Vidal S. Seguimiento de la madurez de la uva mediante voltametría de barrido lineal – Parte 1: principio y utilización para determinar las fases aromáticas de la vendimia. *Infowine*, 2025.

Pedroza M.A., Zalacain A., Lara J.F., Salinas M.R. Global grape aroma potential and its individual analysis by SBSE-GC-MS. 2010, *Food Research International*, [43\(4\)](#), 1003-1008.

Roland A., Schneider R., Guernevé C.L., Razungles A., Cavellier. F. Identification and quantification by LC-MS/MS of a new precursor of 3-mercaptohexan-1-ol (3MH) using stable isotope dilution assay: Elements for understanding the 3MH production in wine. 2010, *Food Chem.*, 121:847-855.



Subileau M.. Parameters influencing varietal thiol release by strains of *Saccharomyces cerevisiae*: from a controlled synthetic medium to the complexity of Sauvignon blanc must, 2008, Tesis doctoral Montpellier SupAgro.

Swiegers, J., Pretorius I.. Modulation of volatile sulphur compounds by wine yeast. 2007, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 74, 954-960.

Tominaga T., Furrer A., Henry R., Dubourdieu D.. Identification of new volatile thiols in the aroma of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon blanc. 1998, *Flavour Frag. J.* 13, 159-162.

Tominaga, T., Dubourdieu D.. A novel method for quantification of 2-methyl-3-furanthiol and 2-furanmethanethiol in wines made from *Vitis vinifera* grape varieties. 2006, *J. Agric. Food Chem.* 54, 29-33.

Tominaga T., Baltenweck-Guyot R., Peyrot des Gachons C., Dubourdieu D.. Contribution of volatile thiols to the aromas of white wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties. 2000a, *Am. J. Enol. Vitic.* 51, 178-181.

Tominaga T., Blanchard L., Darriet P., Dubourdieu D.. A powerful aromatic volatile thiol, 2-furanmethanethiol, exhibiting roast coffee aroma in wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties. 2000b, *J. Agric. Food Chem.* 48, 1799-1802.

Fang Y., Qian M. C. Quantification of Selected Aroma-Active Compounds in Pinot Noir Wines from Different Grape Maturities. 2006, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), 8567-8573

Gunata Y. Z., Bayonove C. L., Baumes R. L., Cordonnier R.E. El aroma de la uva. Localisation and evolution of free and bound fractions of some grape aroma components c.v. Muscat durante el primer desarrollo y la maduración. 1985, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36(9), 857-862.