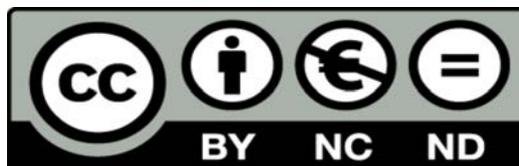




UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TESIS DOCTORAL

Título
Caracteres responsables de la calidad y estructura de los vinos tintos ultrapremium
Autor/es
ShuYan Liu
Director/es
Marta María Inés Dizy Soto y Agustín V. Ruiz Vega
Facultad
Facultad de Ciencia y Tecnología
Titulación
Departamento
Agricultura y Alimentación
Curso Académico



Caracteres responsables de la calidad y estructura de los vinos tintos ultrapremium, tesis doctoral de ShuYan Liu, dirigida por Marta María Inés Dizy Soto y Agustín V. Ruiz Vega (publicada por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

TESIS DOCTORAL

2022

Programa de Doctorado en Enología, Viticultura y Sostenibilidad

CARACTERES RESPONSABLES DE LA CALIDAD Y ESTRUCTURA DE LOS VINOS TINTOS ULTRAPREMIUM

Presentada por:

ShuYan LIU

Título de la carrera

para optar al grado de Doctor con Mención de Doctor Internacional

Dirigida por:

Dra. Marta DIZY SOTO

Dr. Agustín RUÍZ VEGA

INFORME DIRECTORES

PRESENTACIÓN TESIS DOCTORAL

Dña. Marta DIZY SOTO, Profesora Titular de la Universidad de La Rioja, en el Departamento de Agricultura y Alimentación e investigadora del Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino y D. Agustín RUÍZ VEGA, Catedrático de la Universidad de La Rioja, en el Departamento de Economía y Empresa

CERTIFICAN

Que la presente memoria, titulada " Caracteres responsables de la calidad y estructura de los vinos tintos ultrapremium" presentada por D. ShuYan LIU para optar al grado de Doctor con mención de "Doctor Internacional" por la Universidad de La Rioja, ha sido realizada bajo nuestra dirección autorizando su presentación para proseguir los trámites oportunos y proceder a su calificación por el tribunal correspondiente.

Logroño, 20 de mayo 2022



Fdo. Marta DIZY SOTO



Fdo. Agustín RUÍZ VEGA

Esta tesis doctoral ha sido realizada en los Departamento de Agricultura y Alimentación y Economía y Empresa de la Universidad de La Rioja y en el Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino, Instituto Mixto de Titularidad compartida entre la Universidad de La Rioja (UR), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y el Gobierno de La Rioja bajo la dirección de Marta DIZY SOTO y Agustín RUÍZ VEGA.

La realización de esta investigación ha contado con las siguientes ayudas institucionales:

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, mediante el proyecto “Potencial químico-sensorial de la fracción fenólica (FF) de las uvas: Caracterización y mejora en la elaboración de vinos tintos”. AGL2017-87373-C3-3-R.

Ministerio de Economía y Competitividad mediante el proyecto “Nuevas herramientas y conceptos cuantitativos para la construcción de vinos tecnológicamente mejores, más estables y con menos sulfitos”. AGL2010-22355-C02-02.

Contrato predoctoral para la formación de personal investigador y ayudas para estancias breves en España y el extranjero (Convocatoria 2019). Esta convocatoria está financiada por la Universidad de La Rioja y por la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Ayudas para la realización de tesis doctorales en la Universidad de La Rioja subvencionadas por el banco Santander (Convocatorias 2018, 2020, 2021).

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis directores de tesis, la Dra. Marta DIZY SOTO y el Dr. Agustín RUÍZ VEGA, por la orientación profesional, los consejos y su constante dedicación demostrada por mi tesis doctoral. Un inmenso agradecimiento por enseñarme a superar con paciencia y dedicación las dificultades que surgen en muchas ocasiones. A lo largo de los años, a menudo me habéis resuelto problemas hasta altas horas de la noche. Os dije en broma que, para mi investigación, venís a trabajar ayer y volvéis a casa hoy. Ha sido un privilegio poder contar con vuestra guía y ayuda.

Igualmente, quiero dar las gracias al Dr. Simone Vincenzi, director del Laboratorio de química enológica de la Universidad de Padova, por aceptarme para realizar la estancia de investigación y protegerme durante todo este tiempo. Muchas veces me acompañó a trabajar al laboratorio los fines de semana. Aprendí mucho durante ese tiempo. Sin olvidar a Luca, Andrea y Veronica, por su ayuda y por todos los momentos que hemos compartido.

Agradezco al Dr. Gastón Gutiérrez, por su generosidad, del que aprendí tantas cosas y también por compartir momentos de felicidad. Agradezco a la Dra. Ana Gonzalo, por la ayuda que me ha ofrecido. No puedo olvidar la ayuda que me prestó al ensayar la presentación de plan de investigación durante los fines de semana. Agradezco a la Dra. Miriam González, por toda la ayuda y por atender mis preocupaciones. Agradezco a la Dra. Marivel González, por toda la ayuda que me ha ofrecido y sus consejos.

También quiero agradecer a todos aquellos profesionales de los que he tenido ocasión de aprender a lo largo de mi carrera de estudio, especialmente a Javier Martínez, Daniel Negue y Juan Carlos, gracias por todas sus aportaciones y ayudas en mi trabajo de fin de grado y en mi trabajo de fin de máster.

Siento una profunda gratitud hacia todos mis compañeros y compañeras del ICVV, Alejandro, Andrea, Ana, Asun, Bianca, Cristina, Laura, Miguel, Noelia, Sara y Silvia, por toda la ayuda y amabilidad que

siempre me han ofrecido y por preguntarme cómo estoy y cómo me iba con la tesis.

A mis amigos Igor González, Hugo Almazán y Alberto Escalona, por estar ahí cuando les necesito y por aguantarme en estos años.

Finalmente, un especial agradecimiento a mis padres, WenBin LIU (刘文彬) y KaLi XIE (谢卡莉), por ofrecerme la posibilidad de cumplir mi sueño y por todo el amor.

RESUMEN

La investigación realizada en la presente memoria se ha centrado en estudiar la calidad intrínseca de los vinos tintos ultrapremium españoles.

Primero, se han analizado los atributos sensoriales (aroma, sabor y sensación táctil en boca) que son relevantes para predecir la calidad intrínseca de los vinos del objeto. Aunque se han logrado avances al respecto de la relación entre las características sensoriales y la evaluación de la calidad del vino, resulta una escasez del estudio trata de vinos tintos ultrapremium españoles. Segundo, la presente investigación se ha estudiado cómo los expertos del vino perciben la estructura del vino, determinando qué atributos sensoriales están influyendo en su formación. Aunque existe cierta información sobre la influencia de la percepción de la estructura en la evaluación de la calidad del vino. Hasta ahora el momento, existe un gran desconocimiento sobre la formación de la evaluación de la estructura del vino. Tercero, se ha explorado la posible interrelación existente entre la evaluación de la estructura y la evaluación de la calidad intrínseca del vino, analizando hasta qué punto la estructura del vino actúa como variable mediadora entre atributos sensoriales (aroma, sabor y sensación táctil en boca) y la evaluación de la calidad intrínseca de los vinos tintos ultrapremium españoles. Cuarto, se ha investigado la implicación de distintos compuestos o familias de compuestos no volátiles en la predicción de la calidad de vinos tintos ultrapremium españoles. Estudios previos sugieren que la evaluación de la calidad de los vinos tintos resulta estar muy influenciada por las percepciones en boca, las cuales a su vez están íntimamente relacionadas con los atributos químicos no volátiles de los

vinos, ya que son responsables de su perfil sensorial por contribuir a los sabores y las sensaciones táctiles en boca.

Los resultados obtenidos se han puesto de relieve la importancia de las sensaciones táctiles en boca en la evaluación de la calidad intrínseca de los vinos en esta categoría, seguido los aromas. Los sabores no presentan ninguna importancia. Además, se ha establecido un modelo causal a partir de los atributos sensoriales por PLS-SEM capaz de predecir la calidad de los vinos del objeto. Respecto a la formación de la estructura del vino, se ha puesto de manifiesto las sensaciones táctiles en boca son factores más importantes en su formación, seguido los aromas. En el caso de los sabores, los vinos en esta categoría presentan equilibrado, es decir, por los sabores de estos vinos no pueden diferenciar su calidad y estructura. En cuanto a la relación entre la evaluación de la estructura y la evaluación de la calidad del vino, se ha observado que la estructura del vino ejerce un efecto de mediación parcial y complementaria entre las sensaciones táctiles en boca y la evaluación global de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles. Sobre la implicación de los atributos químicos en la evaluación de la calidad de los vinos del objeto, se ha puesto de relieve la importancia de los taninos (proantocianidinas totales), seguido los antocianos, y los flavonoles monómeros. Además, se ha establecido un modelo causal a partir de los atributos químicos no volátiles por PLS-SEM capaz de predecir la calidad de los vinos del objeto.

ABSTRACT

The research carried out in this report has focused on studying the intrinsic quality of Spanish ultra-premium red wines.

First, the sensory attributes (aroma, taste, and mouthfeel) that are relevant to predicting the intrinsic quality of the object's wines have been analyzed. Although advances have been made regarding the relationship between sensory characteristics and the wine quality evaluation, there is a lack of study dealing with Spanish ultra-premium red wines.

Second, this research has studied how wine experts perceive the wine structure, determining which sensory attributes influence its formation. However, there is some information about the influence of the perception of the wine structure in wine quality evaluation. However, there is a significant lack of knowledge about the formation of the evaluation of the wine structure.

Third, the possible interrelation between the wine structure evaluation and the wine intrinsic quality evaluation has been explored, analyzing to what extent the wine structure acts as a mediating variable between sensory attributes (aroma, taste, and mouthfeel) and the wine intrinsic quality evaluation of Spanish ultra-premium red wines.

Fourth, the implication of different compounds or families of non-volatile compounds in predicting the quality of Spanish ultra-premium red wines has been investigated. Previous studies suggest that the red wine quality evaluation turns out to be highly influenced by perceptions in the mouth, which in turn are closely related to the wine

non-volatile chemical attributes since they are responsible for their sensory profile by contributing to taste and mouthfeel.

The results have highlighted the importance of mouthfeels in ultra-premium wine intrinsic quality evaluation, followed by aromas, and the tastes are not important. In addition, a causal model has been established from the sensory attributes by PLS-SEM capable of predicting the quality of the object's wines.

Regarding the wine structure formation, it has been revealed that the mouthfeels are the most important factors, followed by the aromas. In the case of tastes, the wines in this category are balanced; that is, the tastes of these wines cannot differentiate their quality and structure.

Regarding the relationship between the wine structure evaluation and the wine quality evaluation, it has been observed that the wine structure exerts a partial and complementary mediation effect between the mouthfeel and the Spanish ultra-premium red wine quality evaluation.

On the implication of the chemical attributes in the ultra-premium wine quality evaluation, the importance of tannins (total proanthocyanidins) has been highlighted, followed by the anthocyanins and the monomeric flavonols. In addition, a causal model has been established from the non-volatile chemical attributes by PLS-SEM capable of predicting the intrinsic quality of the object's wines.

ESTRUCTURA

La presente memoria está formada por estudios enfocados a analizar la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles con objetivo de predecir su calidad intrínseca en base a tanto las características sensoriales como los compuestos químicos no volátiles. La estructura de la memoria que posee es la siguiente:

Introducción general

Objetivos

Capítulo 1. Atributos sensoriales que influyen en la calidad del vino ultrapremium.

Capítulo 2. Análisis de la estructura del vino ultrapremium.

Capítulo 3. Estructura del vino como variable mediadora entre los atributos sensoriales y la calidad.

Capítulo 4. Atributos químicos que influyen en la calidad sensorial del vino ultrapremium.

Conclusiones generales

Bibliografía

Anexos

LISTA DE ABREVIACIONES

ANOVA	Análisis de la varianza
CATA	Check All That Apply
DO	Denominación de Origen
DOCa	Denominación de Origen Calificada
DoT	Dose Over Taste
Et al	(Abreviatura latina) y otros o/y los demás
f^2	Tamaño de efecto del constructo exógeno
GPC	Gel de permeación cromatográfica
HCM	Modelos de componentes jerárquico
HOC	Constructo de orden superior
IPT	Índice de polifenoles totales
ISO	Organización Internacional de Normalización
LOC	Constructo de orden inferior
LOD	Límite de detección
LOQ	Límite de cuantificación
MANOVA	Análisis multivariante de la varianza
Nº	Número
°C	Grado centígrado
OIV	Organización internacional de la viña y el vino
PA _s	Proantocianidinas unidas a polisacáridos
PLS-SEM	Modelación de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales
PPAs	Proantocianidinas precipitables con proteínas
Q^2	Poder predictivo fuera de la muestra o relevancia predictiva
R^2	Coefficiente de determinación

RATA	<i>Rate-All-That-Apply</i>
RI	Índice de reproducibilidad global del panelista
SD	Desviación estándar
SI	Índice de estabilidad del atributo
TOL	Tolerancia
TPAs	Proantocianidinas totales
t_R	Tiempo de retención
UHPLC	Cromatografía líquida de ultra alta resolución
UPLC	Cromatografía líquida de ultra resolución
UV/Vis	Ultravioleta visible
V	Vino
VIF	Factor de inflación de la varianza

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS	13

Capítulo 1. Atributos sensoriales que influyen en la calidad del vino ultrapremium

1.1	Introducción	17
1.2	Material y métodos	21
1.2.1	Preselección cualitativa de los vinos (Fase 1).....	22
1.2.2	Selección de los vinos representativos (Fase 2).....	35
1.2.2.1	Valoración de los vinos mediante el método CATA	35
1.2.2.2	Recogida de datos	37
1.2.2.3	Análisis de los resultados de CATA	38
1.2.2.3.1	Evaluación de la fiabilidad y validez	38
1.2.2.3.2	Análisis clúster	44
1.2.3	Caracterización sensorial de los vinos representativos (Fase 3).....	51
1.2.3.1	Caracterización sensorial mediante el método RATA.....	51
1.2.3.2	Características sensoriales evaluadas por RATA	53
1.2.3.3	Recogida de datos	53
1.2.4	Evaluación de la fiabilidad y validez de las evaluaciones realizadas por los panelistas	54
1.2.5	Modelización de la calidad global mediante PLS-SEM	59
1.3	Resultados	61
1.3.1	Caracterización sensorial de los vinos	61
1.3.1.1	Aroma.....	61
1.3.1.2	Sabor	62
1.3.1.3	Sensación táctil en boca	63
1.3.2	Modelo causal mediante PLS-SEM	66
1.3.2.1	Test estadísticos previos al análisis causal	66

1.3.2.2	Planteamiento del modelo PLS-SEM	68
1.3.2.3	Resultados estadísticos del modelo PLS-SEM	74
1.3.2.3.1	Modelo de medida.....	76
1.3.2.3.2	Modelo estructural	87
1.4	Discusión.....	94
1.4.1	¿Cuál es el factor sensorial más importante en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium: aroma, sabor o sensación táctil en boca?	96
1.4.2	¿Cómo las sensaciones táctiles provocadas por la astringencia influyen en la evaluación de la calidad?.....	96
1.4.3	Importancia de los aromas en evaluación de la calidad	97
1.4.4	Importancia de los sabores en evaluación de la calidad	104
1.4.5	Importancia de las sensaciones táctiles en evaluación de la calidad... ..	105
1.5	Conclusión	108

Capítulo 2. Análisis de la estructura de vinos ultrapremium

2.1	Introducción	113
2.2	Material y métodos	117
2.2.1	Vinos	117
2.2.2	Análisis sensorial	118
2.2.3	Análisis de datos	118
2.3	Resultados	119
2.3.1	Descripción sensorial de los vinos ultrapremium españoles.....	119
2.3.2	Modelo causal mediante PLS-SEM	121
2.3.2.1	Test estadísticos previos al análisis causal	121
2.3.2.2	Planteamiento del modelo PLS-SEM	122
2.3.2.3	Resultados estadísticos del modelo PLS-SEM	123
2.3.2.3.1	Evaluación del modelo de medida	124
2.3.2.3.2	Evaluación del modelo estructural.....	130
2.3.3	Validez discriminante entre la evaluación de la estructura y la calidad	136

2.4	Discusión.....	138
2.4.1	Análisis sensorial descriptivo.....	140
2.4.2	Descriptorios significativos.....	141
2.4.3	Atributos sensorial que inducen las valoraciones de estructura y calidad global.....	144
2.4.4	Relación entre los juicios de estructura y calidad y la importancia de la estructura.....	147
2.4.5	Relación asociado entre la valoración global de la estructura y de la calidad.....	148
2.5	Conclusión	148

Capítulo 3. *Estructura del vino como variable mediadora entre los atributos sensoriales y la calidad*

3.1	Introducción	153
3.1.1	Atributos sensoriales, estructura y calidad del vino.....	154
3.1.2	La evaluación sensorial en el cerebro humano	165
3.1.3	Tipos de relaciones entre variables: Las relaciones de mediación.....	173
3.1.3.1	Tipología de relaciones entre variables.....	173
3.1.3.2	La relación de mediación	177
3.2	Material y métodos	183
3.3	Resultados del estudio empírico	186
3.3.1	Sesgo de la varianza común.....	186
3.3.2	Potencia estadística del modelo	187
3.3.3	Resultados del modelo estadístico	189
3.3.3.1	Modelo de medida.....	189
3.3.3.2	Modelo estructural.	193
3.4	Discusión.....	211
3.4.1	Mecanismos sensoriales y evaluación de la calidad de los vinos	212
3.4.2	Mecanismos cognitivos y evaluación de la calidad de los vinos	217
3.5	Conclusiones	221

Capítulo 4. Atributos químicos que influyen en la calidad sensorial del vino ultrapremium

4.1	Introducción	225
4.2	Material y métodos	231
4.2.1.	Vinos	231
4.2.2.	Reactivos.....	231
4.2.3.	Análisis de parámetros enológicos convencionales	232
4.2.4.	Análisis de la composición polifenólica	233
4.2.4.1.	Proantocianidinas precipitables con proteínas.....	233
4.2.4.2.	Proantocianidinas unidas a polisacáridos.....	233
4.2.4.3.	Antocianos.....	234
4.2.4.4.	Fraccionamiento de los polifenoles del vino por GPC	236
4.2.4.5.	Compuestos fenólicos de bajo peso molecular	237
4.2.4.6.	Proantocianidinas totales (TPAs).....	239
4.2.5.	Evaluación de la calidad de los vinos	239
4.2.6	Análisis de los datos.....	240
4.2.6.1	ANOVA.....	240
4.2.6.2	Modelo causal mediante PLS-SEM.....	240
4.3	Resultados	241
4.3.1.	Caracterización química de los vinos ultrapremium.....	241
4.3.1.1.	Parámetros enológicos convencionales.....	241
4.3.1.2.	Proantocianidinas	242
4.3.1.3.	Antocianos.....	245
4.3.1.4.	Compuestos fenólicos de bajo peso molecular	248
4.3.2.	Evaluación de la calidad de los vinos.....	254
4.3.3	Selección de las variables para el modelo PLS.....	255
4.3.4	Modelo causal mediante PLS-SEM	262
4.3.4.1	Test estadísticos previos al análisis causal.....	262
4.3.4.2	Planteamiento del modelo PLS-SEM	263
4.3.4.3	Resultados estadísticos del modelo PLS-SEM	271

4.3.4.3.1 Evaluación del modelo de medida	274
4.3.4.3.2 Evaluación del modelo estructural	277
4.4 Discusión.....	287
4.4.1. Caracterización química de los vinos ultrapremium.....	287
4.4.2. Predicción de la calidad de los vinos ultrapremium	292
4.5 Conclusión	296
CONCLUSIONES GENERALES.....	299
MAIN CONCLUSIONS.....	303
BIBLIOGRAFÍA	305
ANEXOS	329

INTRODUCCIÓN GENERAL

España, es uno de los principales productores de vinos del mundo. Según el informe de (OIV, 2019), España ocupó en 2018 el primer puesto en cuanto a superficie de viñedo 969 mil hectáreas, y el tercero en producción con 44.4 millones de hectolitros, lo que supone el 15% de la producción mundial después de Italia (18.76%) y Francia (16.64%). España es el primer exportador del mundo con 21.1 millones hectolitros en 2018 y un valor de 2.9 billones de euros mientras que Francia con 14.1 millones hectolitros tiene un valor de 9.3 billones de euros (OIV, 2019). Más importante, los vinos de España conocidos ampliamente a nivel mundial, según los datos de (Nielsen, 2006), los vinos españoles como los de Rioja estaba situado en el tercero puesto de los vinos más conocidos en Alemania, séptimo puesto en Reino Unido y octavo puesto en Estados Unidos.

La calidad es un concepto clave en el proceso de elaboración del vino y en la posterior comercialización de los vinos. La comprensión de la calidad ayuda a los enólogos a mejorar los procesos de la elaboración del vino y económicamente permite aumentar la probabilidad de éxito comercial en el mercado.

Un vino de la categoría ultrapremium es un productos de lujo. Los productos de lujo no sólo han de ser de alta calidad intrínseca, sino también tienen características de prestigio (seducción y atracción) y suntuoso (precio muy elevado) (Alleres, 1990, p. 80) (*Figura I-1*).

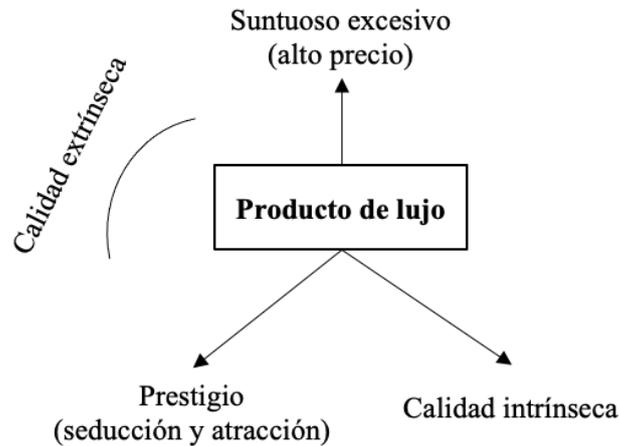


Figura I-1. Criterios de representación de un producto de lujo (Alleres, 1990)

El lujo o ultrapremium para los productos es sinónimo de calidad, tradición, exclusividad y alto precio. Para un consumidor, el lujo o ultrapremium es un simbolismo ligado al prestigio, estatus y escasez (producción muy limitada), esta es también la característica más obvia que distingue a los productos de lujo de los productos de alta calidad. En la **Tabla I-1** se muestran una serie de rasgos característicos que diferencian los productos de lujo o ultrapremium de los de alta calidad o premium en cuanto a su producción y políticas de producto, precio, distribución y comunicación comercial.

La calidad del vino es un tema que se ha estudiado durante muchos años, sin embargo, no hay acuerdo sobre lo que significa, o cómo debe evaluarse o lograrse. Varios autores consideran que la calidad del vino es un concepto multifacético que involucra tanto factores intrínsecos (experiencia sensorial) como extrínsecos (expectativas) y la forma en que estos factores se interpretan depende del nivel de experiencia (Charters & Pettigrew, 2007; Verdú Jover et al., 2004). La calidad intrínseca del vino se suele evaluar empleando el análisis sensorial, los expertos se basan en procesos técnicos de vinificación y la

Tabla I-1. Rasgos característicos de los productos de lujo y de los productos de alta calidad.

Elemento	Universo	
	Lujo	Alta calidad
Producción	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Local ▪ Integrada 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deslocalizada ▪ Parcialmente subcontratada (Control de proveedores)
Política de producto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gama muy corta ▪ Productos basados en su historia y tradición 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gama amplia ▪ Producto adapta a la tendencia del mercado
Política de precio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy elevado 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alto
Política de distribución	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exclusiva ▪ Controlada ▪ Venta directa (+++) e integrada (++) ▪ Marca paraguas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selectiva ▪ Controlada ▪ Tiendas propias (+) y franquiciados (+++) ▪ Marca múltiple
Política de comunicación comercial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Centro del mensaje: la entidad/persona que ha elaborado el producto ▪ Evita usar la publicidad ▪ eje de comunicación: el alma del producto (calidad extrínseca) ▪ Prefiere utilizar prescriptores e influencers 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Centro del mensaje: los productos concretos comercializados ▪ Prioriza el uso de la publicidad ▪ Eje de comunicación: Alta calidad accesible

Fuente: (Roux, 1991)

capacidad de los expertos en la evaluación de la calidad del vino varía entre ellos, en general valoraron mejor los vinos tintos que los blancos (Hopfer et al., 2015; Hopfer & Heymann, 2014). La consistencia se mejoró combinando las puntuaciones de un pequeño equipo de panelistas (Gawel & Godden, 2008). Además, los expertos tienen mejor capacidad de discriminar los vinos con diferentes años de envejecimiento (Wang et al., 2021). Los consumidores sin embargo evalúan la calidad del vino por la experiencia individual y

subjetiva (Ballester et al., 2008). Esto da lugar a un desajuste entre el concepto de calidad de los profesionales del vino y los consumidores habituales (Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2013; Urdapilleta et al., 2011). Por otro lado, los factores extrínsecos suelen desempeñar un papel importante en el concepto de calidad de las personas (Hersleth et al., 2003; Priilaid, 2006; Siegrist & Cousin, 2009; Verdú Jover et al., 2004) y en sus decisiones de compra (Jaeger, 2006; Marin & Durham, 2007).

Las evaluaciones de calidad tienen en cuenta todo el vino, desde el punto de vista sensorial, los jueces utilizan los sentidos para evaluar el aroma, el sabor y las sensaciones en boca, para otorgar una puntuación de la calidad. Diferentes estudios que correlacionaron la evaluación de la calidad intrínseca y los atributos sensoriales mostraron que los aromas de fruta, de madera, así como la percepción de astringencia en boca están positivamente correlacionados con las puntuaciones de calidad otorgadas por los expertos del vino. (Lattey et al., 2010; Varela & Gámbaro, 2006). (Hopfer & Heymann, 2014) encontraron en su estudio que el aroma de fruta roja/negra, aroma de barrica y aroma de dulces (miel, caramelo y chocolate) tienen influencias positivas en la evaluación de la calidad de los vinos tintos californianos, mientras tanto, los atributos vegetal, químico (amoníaco y piscina clorada), terroso sulfuroso, Brett (sudor, animal, cuadra) y reducción tienen influencias negativas. Autores, como (Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2011), observaron la importancia de los sabores en la evaluación de la calidad. (Lattey et al., 2010) mostraron que el sabor ácido y el amargo tienen influencias positivas en la evaluación de la calidad de los vinos tintos australianos mientras que el sabor dulce tiene influencia

negativa. (Sáenz-Navajas et al., 2011) manifestaron la importancia de las percepciones en boca en la evaluación de la calidad de los vinos tintos premium españoles, especialmente el sabor ácido y las sensaciones táctiles en boca (astringencia). Además, (Sáenz-Navajas et al., 2016) revelaron que, junto con los aromas y los sabores, las sensaciones táctiles en boca también tuvieron importancia en la evaluación de la calidad de los vinos, pero los atributos tradicionales de sensación táctil en boca como astringencia no son suficientes para comprender la calidad de percepción en boca. Además, este estudio también sugiere que la evaluación de la calidad depende de las percepciones sensoriales detectadas durante el análisis sensorial, especialmente las propiedades visuales y las sensaciones en boca y ellas varían según la condición de evaluación. Por otro lado, (Ferreira et al., 2009) relevó que la existencia de los olores defectuosos influye en la evaluación de la calidad de los vinos tintos premium españoles.

Hay estudios que resaltan la estructura del vino como impulsor positivo en la evaluación de la calidad de los vinos Pinot noir de Nueva Zelanda y de Borgoña (Valentin et al., 2016) y también se ha observado un efecto directo de la estructura del vino en la evaluación de la calidad global de vinos tintos italianos (Golia et al., 2017). Además, (Parr et al., 2020) también detectó que la estructura del vino fue un impulsor clave en la evaluación de la calidad de los vinos comerciales de Pinot noir de Nueva Zelanda. La evaluación de la estructura del vino es poco intuitiva. Es diferente de describir el sabor y la sensación en boca, la estructura se trata de la relación entre todos los diferentes atributos sensoriales de un vino y es el resultado de evaluar una serie de características sensoriales.

(Peynaud & Blouin, 2002, pp. 178–181) explicaron la estructura del vino como una representación física de la conformación del vino y las percepciones en boca como el volumen, la forma, la consistencia y el equilibrio constituyen la estructura del vino. Para la evaluación de la calidad del vino, diversos estudios demuestran su relación con los atributos sensoriales como la literatura citada anterior, los atributos sensoriales (aroma, sabor y sensación táctil en boca) tienen influencia en la calidad del vino, también existe una relación entre dicha estructura y la calidad. Por otro lado, la estructura del vino se encuentra formada por distintos atributos sensoriales. La evaluación de los atributos sensoriales da como resultado la estructura del vino. Para evaluar la estructura del vino es necesario evaluar todos los atributos sensoriales. Por tanto, se puede hipotetizar que la estructura del vino actúa como variable que media las relaciones que existen entre los atributos sensoriales y la evaluación de la calidad del vino. Considero que el estudio para determinar si existe esta relación puede ser muy importante. Además, también es importante cuantificar dicha mediación y caracterizar el tipo de efecto. Aunque la estructura del vino como una percepción en boca se usa frecuentemente para describir vinos tintos, aún no hay conocimiento suficiente sobre su formación, y su función en la evaluación de la calidad del vino.

Los vinos contienen una amplia gama de compuestos que varían en cantidad y composición según la uva y el proceso de elaboración del vino. Se ha demostrado que muchos de estos compuestos son importantes en el sabor y la sensación táctil en boca. Además, muchos compuestos, incluidos algunos que no tienen un efecto directo, modifican

la percepción del vino debido a procesos de interacción dentro de la matriz del vino y en la boca. En los vinos tintos, los azúcares, ácidos, alcohol y compuestos polifenólicos son de suma importancia en su composición. Estos compuestos son sus componentes principales y son responsables de muchas de las características sensoriales. Desde la uva hasta el vino, en toda la vinificación y el envejecimiento se someten a muchas reacciones que forman muchos compuestos, cada uno con sus propias características sensoriales.

En boca las percepciones del sabor y de la sensación táctil surgen de dos tipos de quimiorreceptores. El sabor se detecta por receptores nerviosos que se encuentra en las papilas gustativas. La sensación táctil en boca se activa por las terminaciones nerviosas libres del nervio trigémino, y las fibras trigeminales recubren las agrupaciones gustativas, que se encuentran distribuidas aleatoriamente en la cavidad bucal. La combinación de estas sensaciones, junto con las percepciones que generan en nariz, producen la percepción del denominado flavor (Jackson, 2017).

Los compuestos fenólicos son un factor clave en la calidad de los vinos, especialmente para los vinos tintos. Una mejor comprensión de los compuestos fenólicos nos permitirá considerar su uso como criterio de calidad. Por lo que respecta a las relaciones entre los compuestos no flavonoides y la evaluación de la calidad, estudios como (Hufnagel & Hofmann, 2008a, 2008b; Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012), observaron la relación entre los ácidos fenólicos y la percepción de astringencia. Además, (Sáenz-Navajas et al., 2010, 2015) observaron que los ácidos cinámicos como el ácido cafeico tuvo influencia negativa en la evaluación de la calidad para los consumidores. Sobre otros ácidos, (Sáenz-

Navajas et al., 2010, 2015), realizaron análisis de los vinos tintos españoles y franceses y estimaron la relación entre la composición no volátil y la evaluación global de la calidad, los resultados mostraron que el ácido *trans*-aconítico contribuyó a la percepción de la astringencia pero no influyó en la evaluación de la calidad, y el ácido *cis*-aconítico negativamente correlacionó con la evaluación de la calidad por los consumidores pero no influyó en la percepción de la astringencia.

Por lo que respecta a las relaciones entre la evaluación de la calidad del vino y los contenidos de los compuestos fenólicos flavonoides, las investigaciones previas sugirieron que los antocianos, los flavanoles monoméricos y las proantocianidinas son contribuyentes importantes a las percepciones en boca, especialmente en la astringencia y el amargor, y en la evaluación global de la calidad del vino (Gonzalo-Diago et al., 2014; Kennedy et al., 2006). Los estudios de (Ferrer-Gallego et al., 2016; Hufnagel & Hofmann, 2008b; Vidal et al., 2018), destacaron la importancia de los flavonoles en la percepción de astringencia y en el sabor del amargor. En cuanto a la evaluación de la calidad, el quecetín-3-*O*-glucorónido tiene influencia positiva y el siringetín-3-*O*-galactósido tiene influencia negativa. Además, (Mercurio et al., 2010) analizaron los vinos australianos de Cabernet Sauvignon y Shiraz, y hallaron que los vinos con una mayor concentración de compuestos fenólicos totales se asignaron a grados con mayor valor de mercado, además, observaron el aumento en el precio de la botella proyectado en relación con el aumento en la densidad del color, la concentración de tanino y el grado de polimerización de los taninos (Kassara & Kennedy, 2011). Por otro lado, (Sáenz-Navajas et al., 2010) realizaron un análisis de los

vinos de alta calidad del mercado español que se desarrollaron para comprender la relación entre los compuestos no volátiles y la evaluación de la calidad de los vinos, identificaron que la calidad estaba relacionada principalmente con vinos sin defectos de aroma y secundariamente con la presencia de componentes no volátiles como azúcares reductores y contenido de alcohol, así como algunos compuestos polifenólicos de proantocianidinas ligadas a polisacáridos, ácido *trans*-cafeico, ácido *trans*-cutáricas, y ácido *trans*-caftárico, quercetina-3-*O*-glucurónido y dímero de malvidina-catequina. Con respecto a la importancia del tanino (proantocianidina), en estudios previos (Frost et al., 2017; Pavez et al., 2022; Sáenz-Navajas et al., 2010) subrayaron su importancia en las percepciones táctiles en boca y en el sabor amargo, por lo tanto, en la evaluación de la calidad intrínseca. Otros estudios también evidenciaron que los taninos o las proantocianidinas fueron los compuestos fenólicos más abundantes en los vinos tintos que pudieron influir en las sensaciones en boca como la astringencia y el sabor amargo (Frost et al., 2017; Gonzalo-Diago et al., 2013; Pavez et al., 2022; Villamor et al., 2013).

Los diferentes tipos de vino tienen diferentes características sensoriales, y al explicar cuantitativamente su calidad, se debe considerar si los vinos analizados tienen los mismos criterios de evaluación de la calidad (Sáenz-Navajas, González-Hernández, et al., 2012). Las características que distinguen al vino premium o ultrapremium del ordinario o estándar se han atribuido generalmente a los constituyentes que pueden aparecer en el vino. (Ritchey & Waterhouse, 1999) realizaron una comparación de la composición química entre los vinos de Cabernet Sauvignon californianos de gran volumen (ordinario) y

ultrapremium. Las diferencias más marcadas detectadas se dieron en los compuestos fenólicos de los vinos. Los vinos ultrapremium mostraron alrededor de tres veces más la concentración de flavonoles, con cinamatos y galatos entre 60-70 % más altos, mostraron mayor graduación alcohólica (14.1 % v/v frente a 12.3 % v/v) y un contenido más bajo de azúcar residual y ácido málico. De otra manera, (Sáenz-Navajas, González-Hernández, et al., 2012) clasificaron los vinos tintos españoles por precio (bajo estándar 1-5 €; alto estándar 6-14 €; premium 15-25 €) y analizaron la frecuencia de uso de los atributos sensoriales durante la evaluación de la calidad del vino (Sáenz-Navajas et al., 2012), los resultados mostraron que para predecir la calidad de los vinos premium, los aromas de especia, fruta pasa y madera se notaron como positivos y el aroma de animal fue negativo, sin embargo, para los vinos de categoría de alto estándar, los aromas de tostado, fruta roja y madera tuvieron influencias positivas y el aroma animal como en vinos premium tuvo una influencia negativa, además, para los vinos de bajo estándar, los aromas de fruta roja y alcohol tuvieron influencias positivas y los aromas como evolucionado, oxidado y vegetal fueron negativos.

Para la evaluación de la calidad del vino, diversos estudios demuestran su relación con los atributos sensoriales como la literatura citada anterior, los atributos sensoriales (aroma, sabor y sensación táctil en boca) tienen influencia en la calidad del vino, también existe una relación entre dicha estructura y la calidad. Por otro lado, la estructura del vino se encuentra formada por distintos atributos sensoriales. La evaluación de los atributos sensoriales da como resultado de la estructura del vino. Para evaluar la estructura del vino

es necesario evaluar todos los atributos sensoriales. Por tanto, se puede hipotetizar que la estructura del vino actúa como variable que media las relaciones que existen entre los atributos sensoriales y la evaluación de la calidad del vino. Considero que el estudio para determinar si existe esta relación puede ser muy importante. Además, también es importante cuantificar dicha mediación y caracterizar el tipo de efecto.

En el momento actual, la calidad constituye una de las mayores preocupaciones en la elaboración del vino, los vinos ultrapremium son los de mayor de calidad, deberían ser también los más estudiados y, sin embargo, existe una literatura muy escasa, tanto desde la visión sensorial como la perspectiva química.

Falta por hacer una investigación que abarque el estudio de una forma conjunta del análisis sensorial de distintos prototipos de los vinos ultrapremium que se aborde una estrategia de selección de los vinos, y estudiar las características sensoriales del aroma, gustativas (sabor y sensaciones táctiles) y la estructura del vino, así como la composición química de los compuestos no volátiles, y la implicación de estos en la calidad. Por ello, se ha planteado esta investigación que tiene como objetivo estudiar las características sensoriales y la composición químicas no-volátil críticas en la evaluación global de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles.

Debido al doble enfoque de caracterización sensorial y químico nos ha parecido conveniente dividir esta Memoria en cuatro capítulos, en todos ellos se estudia la calidad,

tres de ellos vinculados con el análisis sensorial, y el cuarto restante relacionado con el análisis químico de los tipos de vinos estudiados.

Dada la importancia que tiene el factor calidad para esta investigación en el capítulo 1 se lleva una selección en tres fases de los vinos de estudio, se hace la caracterización de sensorial de los vinos en nariz y boca valorando a su vez la calidad global de estos con un panel de catadores profesionales del sector enológico. El capítulo 2 se dedica a caracterizar la estructura global del vino con los atributos sensoriales gustativos. El capítulo 3 realiza el estudio del efecto de mediación de la estructura del vino entre los atributos sensoriales de aroma y de sensaciones táctiles en boca, y la valoración global de calidad de los vinos tintos. El capítulo 4 recoge los resultados de la composición química no volátil de los vinos y se discute su implicación en la calidad.

OBJETIVOS

Los objetivos principales de la presente tesis se sintetizan en los siguientes enunciados:

1. Analizar el efecto de los atributos sensoriales en la predicción de la calidad intrínseca de los vinos tintos ultrapremium españoles.
2. Estudiar cómo los expertos del vino perciben la estructura del vino, determinando qué atributos sensoriales están influyendo en su formación.
3. Explorar la posible interrelación existente entre la evaluación de la estructura y la evaluación de la calidad intrínseca del vino, analizando hasta qué punto la estructura del vino actúa como variable mediadora entre atributos sensoriales (aroma, sabor y sensación táctil en boca) y la evaluación de la calidad intrínseca de los vinos tintos ultrapremium españoles.
4. Investigar la implicación de distintos compuestos o familias de compuestos no volátiles en la predicción de la calidad de vinos tintos ultrapremium españoles.

Capítulo 1

**ATRIBUTOS SENSORIALES
QUE INFLUYEN EN LA
CALIDAD DEL VINO
ULTRAPREMIUM**

1.1 INTRODUCCIÓN

Los vinos tintos ultrapremium son aquellos que se caracterizan por su 1) gran complejidad sensorial y 2) mayor calidad global, tanto la calidad intrínseca como la extrínseca, además estos vinos tienen 3) alto precio en el mercado, alcanzando niveles fuera del rango de aceptación de los precios habituales para la mayor parte de los consumidores habituales del vino y, 4) su volumen de producción es muy reducido, incluso en algunos años no se comercializan por no llegar a los niveles de autoexigencia de la propia bodega (Wagner et al., 2007). En estos vinos además se da una situación paradójica dado que al ser los de mayor de calidad, deberían ser también los más estudiados, sin embargo, existe una literatura muy escasa, tanto desde la perspectiva química como desde la visión sensorial, y en lo referente a estudios de la calidad del vino. (Ritchey & Waterhouse, 1999) compararon la composición fenólica en cinco vinos ultrapremium de Cabernet Sauvignon con los vinos tintos estándares y mostraron los vinos ultrapremium como aquellos que se destacaron por su potencial de envejecimiento y su nivel fenólico más alto.

La calidad del vino es un concepto multidimensional que está relacionado con la seguridad nutricional y las características organolépticas, y por otro lado, la calidad como la capacidad que tiene el vino para satisfacer a los consumidores. Además, la calidad del vino contiene dos partes: calidad intrínseca (vino en sí y sus características organolépticas) y calidad extrínseca (no son físicamente parte del vino, como el diseño de la etiqueta o la región de origen, etc.) (Charters & Pettigrew, 2007; Veale & Quester, 2009).

Los criterios que utilizaron estudios previos para seleccionar vinos premium o ultrapremium se consideraron la dimensión de la calidad tanto intrínseca como extrínseca (Caissie et al., 2021; Escudero et al., 2007; Ferreira et al., 2009; Parr et al., 2020; Ritchey & Waterhouse, 1999; Sáenz-Navajas et al., 2010, 2011, 2012), tal como se representa en la **figura 1.1**, más importante, tienen aspectos comunes recogidos en la zona intersección existente entre ambos conceptos. La mayoría de ellos consideraron el criterio: Denominación de Origen de los vinos, este criterio es una consideración que combina la calidad intrínsecas y extrínsecas. La Denominación de Origen es un término utilizado para designar a un producto originario de un lugar o zona geográfica determinada y que deben cumplir una serie de normativas, en este aspecto se enfoca la calidad intrínseca, mientras tanto cada Denominación de Origen tiene su reputación, en este aspecto es la calidad extrínseca.

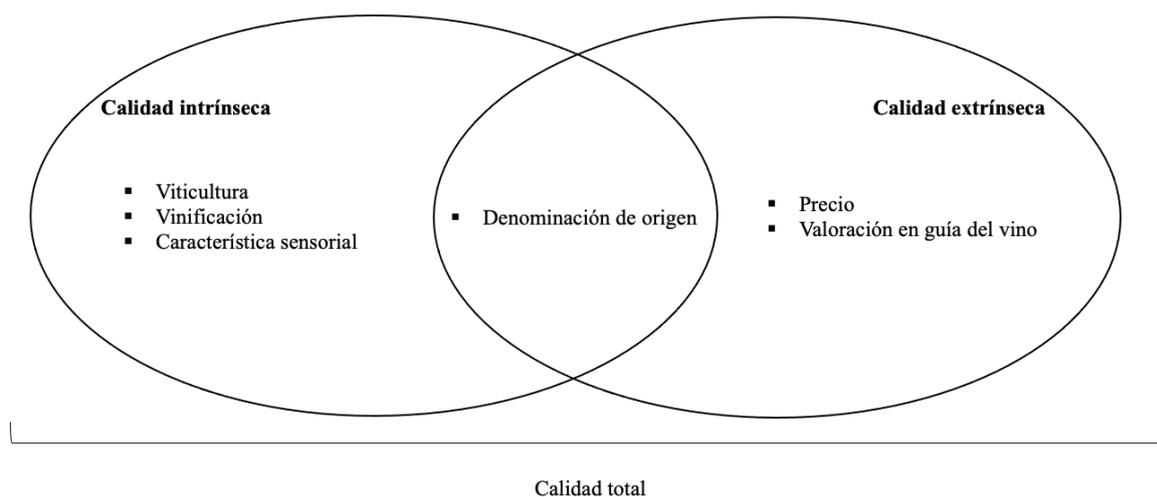


Figura 1.1 Componentes de la calidad total del vino.

La calidad intrínseca del vino se puede evaluar empleando el análisis sensorial (Hopfer et al., 2015; Hopfer & Heymann, 2014). Mediante el análisis sensorial descriptivo, se pueden generar los perfiles sensoriales de los vinos a partir de las propiedades organolépticas detectadas en los vinos, y depende del objetivo de la investigación, el análisis es realizando frecuentemente por panelistas entrenados, expertos o consumidores (Ballester et al., 2008; Gawel & Godden, 2008; Gonzaga et al., 2019; Hopfer & Heymann, 2014; Sáenz-Navajas et al., 2013; Vidal, Antúnez, Giménez, et al., 2018). Para evaluar la calidad intrínseca del vino, los expertos se basan en procesos técnicos de vinificación (Hopfer & Heymann, 2014). Pero la capacidad de los expertos en la evaluación de la calidad del vino varía entre ellos, en general valoraron mejor los vinos tintos que los blancos. La consistencia se mejoró combinando las puntuaciones de un pequeño equipo de panelistas (Gawel & Godden, 2008). Además, los expertos tienen mejor capacidad de discriminar los vinos con diferentes años de envejecimiento (Wang et al., 2021). Los consumidores evalúan la calidad del vino por sus gustos y por las experiencias individuales (Ballester et al., 2008). Además, también se da una desalineación en el concepto de calidad entre los expertos del vino y los consumidores con poca experiencia (Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2013; Urdapilleta et al., 2011).

Diversos estudios utilizaron métodos estadísticos basados en modelos de mínimos cuadrados parciales (PLS), para predecir la calidad del vino con las evaluaciones sensoriales y/o químicos (Aleixandre-Tudó et al., 2015; Hopfer & Heymann, 2014; Lattey et al., 2010). En el presente estudio, se utilizó la modelación de ecuaciones estructurales

con mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM). El método estadístico PLS-SEM que se aplicó en el presente estudio para predecir la calidad del vino se basa en relaciones predefinidas de relaciones tanto entre constructos (aroma, sabor y sensación táctil en boca), como entre los constructos y sus medidas (atributos sensoriales de aroma, de sabor y de sensación táctil en boca). Sin embargo, la regresión PLS es un enfoque basado en la regresión que explora las relaciones lineales entre múltiples variables independientes y una o varias variables dependientes (Hair. et al., 2019, pp. 42–43). Por otro lado, el método de PLS exige menos restricciones en la medición de escalas del tamaño de muestra y de la distribución de los datos (Hair. et al., 2019, p. 49).

El objetivo principal de este estudio ha sido analizar cuáles son las características sensoriales críticas en la evaluación global de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles. Tal como se ha explicado en la introducción, los vinos tintos ultrapremium forman un segmento de mercado con unos rasgos diferenciales respecto a otras categorías de vinos. En particular, se deben subrayar dos aspectos: la máxima excelencia en términos de calidad intrínseca de los vinos y, además, el reconocimiento de dicha calidad por parte de expertos, distribuidores y consumidores, lo cual se refleja tanto en las valoraciones por parte de las guías de vino como en su muy elevado precio de venta. Para ello se han planificados los siguientes objetivos específicos que consisten en 1) seleccionar vinos representativos de vinos tintos ultrapremium del conjunto del mercado español; 2) obtener el perfil sensorial de los vinos ultrapremium mediante análisis sensorial con el método de evaluación de RATA con escalas de Likert; 3) examinar cómo las características sensoriales

predicen la evaluación de la calidad a través del modelo PLS-SEM; 4) analizar cuál es el factor sensorial más importante en la evaluación global de la calidad: aroma, sabor o sensación táctil en boca.

1.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Una vez establecidos los objetivos de la investigación, ahora es el momento de seleccionar los vinos tintos ultrapremium representativos en el mercado español para realizar la investigación planteada. El objetivo del presente estudio fue determinar las características sensoriales más relevantes que influyen en la evaluación la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles, no solo de los vinos específicos analizados en un determinado estudio. Esto planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿la selección de vinos realizada permite generalizar los resultados obtenidos para un grupo específico de vinos a una determinada categoría de vinos?

Una opción fue estudiar toda la población, es decir, el universo a considerar de acuerdo con nuestro interés de investigación, en nuestro caso, fueron todos los vinos tintos ultrapremium en el mercado español. Sin embargo, fue imposible. La otra alternativa fue estudiar una parte de la población que sean representativa de toda la población que se desea estudiar y reflejar las características de los elementos que la componen. Así, los vinos seleccionados deben ser representativo de todos los vinos tintos ultrapremium españoles y reflejar las características de los elementos que la componen. Solamente en este caso se pueden inferir los resultados de la muestra a la población, de ahí la importancia del procedimiento mediante el cual se selecciona la muestra (Esteban & Fernández, 2006, p.

256). Si los vinos seleccionados por algún criterio de accesibilidad o comodidad (conveniencia), es decir, que faltan representabilidad, igual puede dar buenos resultados, pero aparece el riesgo de proporcionar una información errónea (y no se pueden generalizar) (Esteban & Fernández, 2006, p. 256). Autores, como (Juan et al., 2012; Wang & Spence, 2018) detectaron este problema y mencionaron en la limitación en sus estudios.

A fin de obtener un conjunto de vinos tintos ultrapremium representativos del colectivo de vinos tintos de esta categoría existentes en España, el presente estudio se propuso un proceso polietápico con fases sucesivas para seleccionar vinos tintos ultrapremium representativos en el mercado español, tal como refleja la *figura 1.2*.

1.2.1 Preselección cualitativa de los vinos (Fase 1)

La primera etapa de selección del vino fue una selección cualitativa y se eligieron en base a criterios cualitativos. En este apartado, en primer lugar, se realizó una revisión de los criterios utilizados en previos estudios para seleccionar vinos premium o ultrapremium, en segundo lugar, se explica y presenta los criterios considerados en el presente estudio.

La literatura de los estudios que analizan las características sensoriales, las composiciones químicas, la calidad global y/o las relaciones entre ellas del vino, fueron utilizadas con el fin de verificar los criterios utilizados para seleccionar los vinos premium o ultrapremium. A partir de la revisión de los criterios utilizados en estudios anteriores para definir y seleccionar vinos premium o ultrapremium, se han propuesto los siguientes criterios:

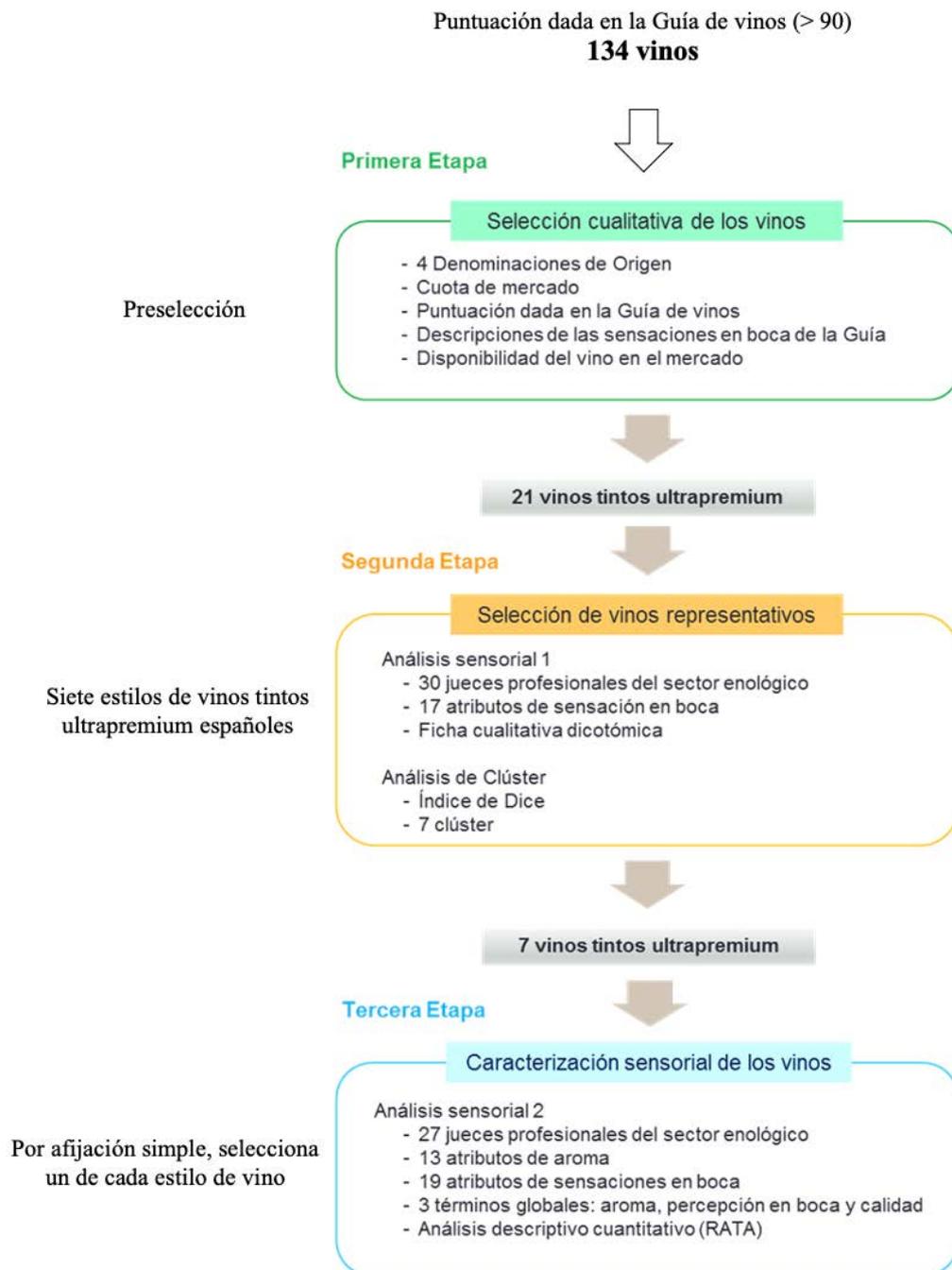


Figura 1.2 Esquema de selección del vino representativo.

- 1) **Precio.** Autores, (Ritchey & Waterhouse, 1999) seleccionaron vinos tintos ultrapremium de Cabernet Sauvignon de los Estados Unidos por precio más de 20 dólares estadounidenses por botella. Autores, (Ferreira et al., 2009) seleccionaron vinos tintos extra premium españoles por precio más de 15 euros por botella. Autores como (Sáenz-Navajas et al., 2010,) seleccionaron vinos tintos premium españoles por un rango del precio de 15 a 20 euros por botella. El estudio de (Parr et al., 2020), los autores seleccionaron los vinos premium de Pinot noir de Nueva Zelanda por precio más de 30 dólar neozelandés por botella.
- 2) **Tiempo de envejecimiento en barrica.** Autores, (Escudero et al., 2007) seleccionaron los vinos tintos premium españoles envejecidos durante 12, 17 y 18 meses en barrica. Otros, seleccionaron vinos tintos extra premium español que estuvieron de 13 a 14 meses en barrica (Ferreira et al., 2009) y tintos premium español con crianza en barrica de 13 a 24 meses (Sáenz-Navajas et al., 2010, 2011)
- 3) **Zona vitivinícola.** En el estudio de (Caissie et al., 2021) seleccionaron vinos tintos premium franceses considerando los vinos seleccionados eran representativos de la población de vinos comerciales del objetivo, se originaron en el área vitivinícola de interés y se emparejaron por tipo de suelo (caliza-arcilla, arena-arcilla, grava-arena), variedad de uva y enfoque técnico. Autores, (Parr et al., 2020) seleccionaron los vinos premium de Pinot noir de cinco zonas vitivinícolas principales y representativas del Pinot noir de Nueva Zelanda.

- 4) **Denominación de origen (DO).** Diferente a la zona de vitivinícola, la DO es un término utilizado para designar a un producto originario de un lugar o zona geográfica determinada y que deben cumplir una serie de requisitos. En Francia, (Caissie et al., 2021) seleccionaron vinos tintos premium franceses según la jerarquía de calidad vigente en la Denominación de Origen Protegida participante (cosecha 2014). En España, (Escudero et al., 2007) seleccionaron los vinos tintos premium españoles de tres Denominación de Origen, fueron Ribera del Duero, Conca de Barberà y Priorat. Autores como (Ferreira et al., 2009; Sáenz-Navajas et al., 2010, 2011) seleccionaron vinos tintos premium español de 11 a 13 diferentes Denominación de Origen, eligieron más vinos en Rioja y Ribera del Duero.
- 5) **Variedad de uva.** En el estudio de (Caissie et al., 2021) mencionaron que en la selección de vinos tintos premium franceses sí consideraron las variedades de uva eran representativos de la población de vinos comerciales del objetivo
- 6) **Cosecha.** Autores, (Parr et al., 2020) seleccionaron los vinos premium de Pinot noir de Nueva Zelanda consideraron el año decosecha como un criterio adicional, dado que las condiciones climáticas pueden cambiar sustancialmente de un año a otro y ello implica niveles de calidad muy diferentes.

- 7) **Método de elaboración (estilo del vino).** Autores, (Parr et al., 2020) mencionaron que en la selección de los vinos premium de Pinot noir de Nueva Zelanda consideraron el método de elaboración (estilo del vino).
- 8) **Rendimiento de la vid.** En el estudio de (Parr et al., 2020) seleccionaron los vinos premium de Pinot noir de Nueva Zelanda consideraron el rendimiento de la vid, los vinos premium fueron por debajo de dos kilos por cada cepa.
- 9) **Características sensoriales.** Autores, (Escudero et al., 2007) seleccionaron los vinos tintos premium españoles por su calidad aromática con cinco expertos del personal del laboratorio. (Caissie et al., 2021) en la selección del vino hicieron un análisis sensorial para chequear que los vinos seleccionados no tuvieran defectos. Autores, (Parr et al., 2020) hicieron un análisis sensorial piloto con un panel de experto para asegurar que los vinos seleccionados abarcan un rango en calidad percibida, estilo y color.
- 10) **Puntuación obtenida en guías de vino.** El estudio de (Escudero et al., 2007) seleccionaron los vinos tintos premium españoles que tuvieron altas puntuaciones en diferentes guías de vinos. Dado que las valoraciones de expertos son una forma de definir y de diferenciar la calidad de los numerosos vinos ofertados en el mercado.

Por la revisión de la literatura, se identificó cinco tipos de criterios utilizados para seleccionar vinos premium y ultrapremium, ellos son: i) **viticultura** (variedad de uva, zona

vitivinícola, cosecha y rendimiento de la cepa); ii) **vinificación** (tiempo de envejecimiento en barrica, método de elaboración); iii) **característica sensorial**; iv) **económico** (precio, registro de ventas); v) **evaluación externa** (guía del vino). Además, se observó que siete de los ocho artículos consultados utilizaron más de un criterio para seleccionar vinos premium o ultrapremium, con un medio de 4 criterios por cada estudio. Por otro lado, se observó que estos estudios seleccionaron los vinos para estudiar mediante el muestreo por conveniencia que es una técnica de muestreo no probabilístico donde las muestras de la población se seleccionan solo porque están convenientemente disponible para el investigador y no consideró seleccionar las muestras que represente a toda la población (Esteban & Fernández, 2006, p. 256; Luque, 2017, p. 310).

Después de revisar los criterios utilizados en previos estudios para seleccionar vinos premium o ultrapremium, ahora es el momento de considerar criterios para seleccionar vinos tintos ultrapremium representativos en el mercado español para el presente estudio. El objetivo del presente estudio fue determinar las características sensoriales más relevantes que influyen en la evaluación la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles, no solo de los vinos específicos analizados en un determinado estudio. Por ello, en el presente estudio se seleccionaron los vinos mediante un diseño de muestreo estratificado que es un tipo de muestreo probabilístico, en el cual una población grande se divide en grupos pequeños, que generalmente no se superponen, sino que representan a toda la población en conjunto; dado que no se tienen datos sobre las ventas de cada vino, de las tres formas de afijación posibles (uniforme, proporcional y óptima) se ha optado por la afijación uniforme,

es decir, que cada subgrupo esté representado por idéntico número de unidades muestrales. El muestreo probabilístico proporciona en gran medida calidad en los hallazgos del estudio, esto sucede porque se trata de investigar a una representación imparcial de la población. Esto es de especial importancia para eliminar el sesgo en las muestras seleccionadas (Esteban & Fernández, 2006, pp. 257–259; Luque, 2017, p. 323).

Lo primero es delimitar y conocer el macro muestral. Para una delimitación adecuada de la población debemos tener en cuenta el objetivo del estudio y constituye una fuente adecuada de donde obtener los datos de la población y proceder a la localización, por lo que se suele concretar en una lista o un conjunto de instrucciones para identificar a los elementos poblacionales (Luque, 2017, p. 306). En nuestro caso, utilizamos la Guía Peñín 2017 por su exhaustividad (es la que tiene mayor número de referencias) y difusión (es la más vendida). En la Guía Peñín 2017 hay 134 vinos tintos con puntuaciones por encima de 90. Lo segundo, es seleccionar los vinos por el método de muestreo estratificado con los siguientes criterios:

- 1) Criterios a la hora de elegir un vino

En la **figura 1.3** se muestra los principales aspectos que tiene en consideración a la hora de elegir un vino en España. La Denominación del Origen del vino es el aspecto más considerado a la hora de elegir un vino tanto en el consumo dentro del hogar como fuera del hogar. Seguido, la gente considera el color del vino, la marca/bodega y el precio. En el caso del consumo fuera del hogar, la gente también considera el maridaje con la comida y recomendación del restaurante. Los datos adjuntos avalan la utilización del criterio Denominación de Origen.

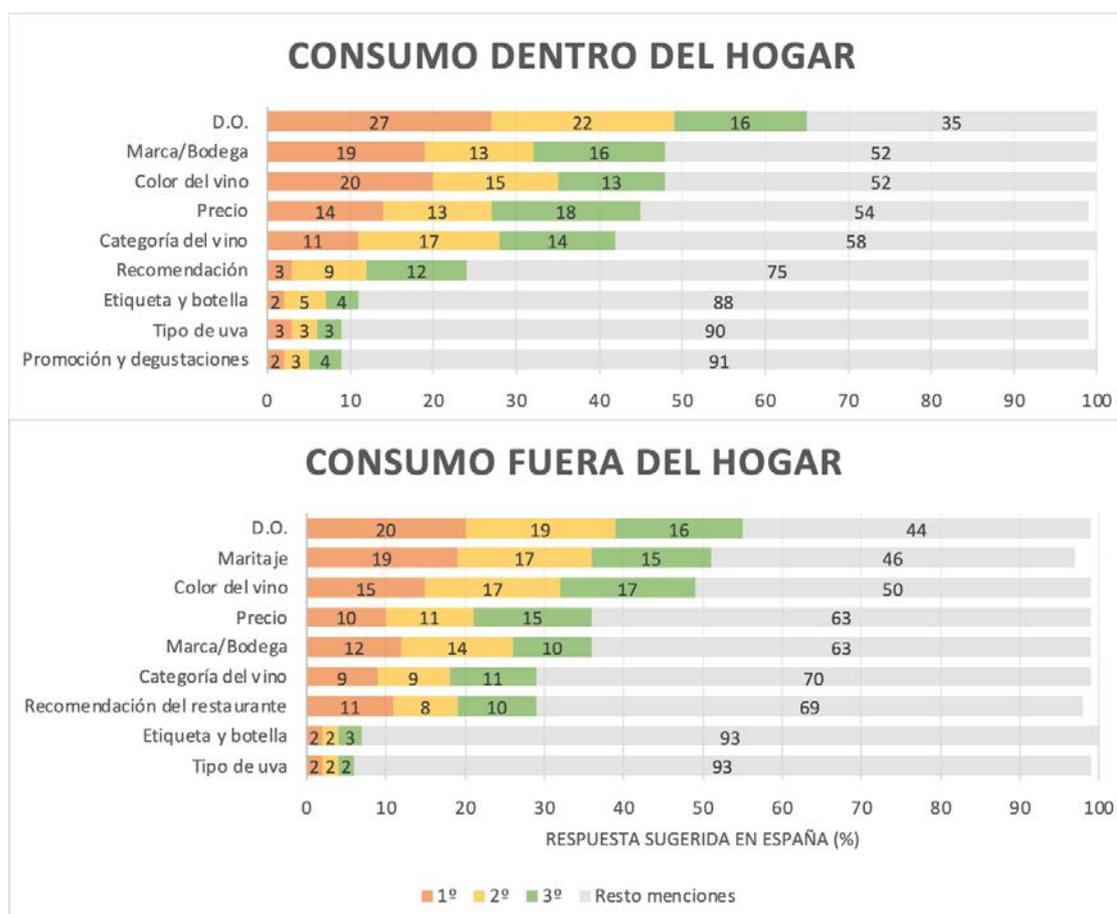


Figura 1.3. Criterios a la hora de elegir un vino en España. (A) Consumo dentro del hogar y (B) Consumo fuera del hogar (Nielsen, 2022)

- 2) Vinos producidos en las zonas españolas más significativas dentro de los vinos tintos ultrapremium, así se priorizaron las zonas Rioja, Ribera del Duero, Somontano y Jumilla.

La **figura 1.4** se muestra el conocimiento de los vinos con Denominación de Origen dentro de España, incluye tres tipos de repuestas: espontánea, mixta y sugerido. Se observó que los vinos de **Rioja** y de **Ribera del Duero** son vinos más conocidos por España, los vinos de **Jumilla** son menos conocidos que estas dos regiones, pero aún ocupa el octavo lugar en España y el Somontano en el decimoquinto. Por otro lado, también se consideró el conocimiento en extranjero, en la **figura 1.5** se muestra el conocimiento de zonas vitivinícolas en Alemania, Reino Unido y Estados Unidos, los vinos de Rioja también son prestigiosos.

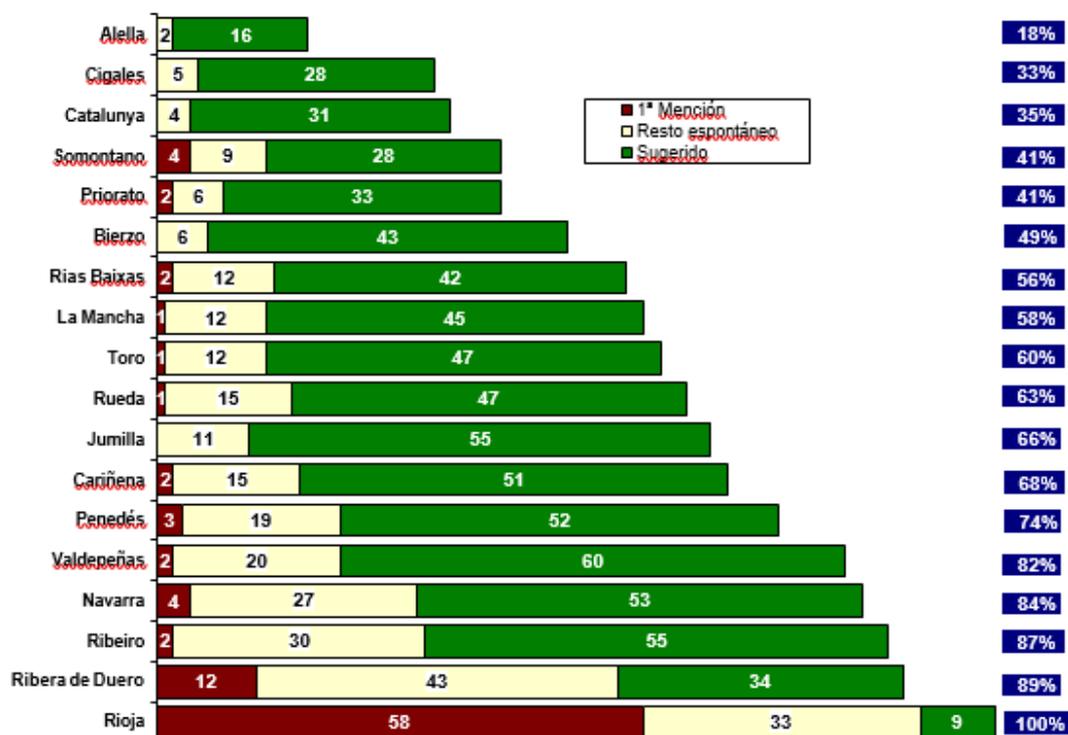


Figura 1.4. Conocimiento de vinos con DO en España (Nielsen, 2009).

Como se puede observar en la **figura 1.4**, los consumidores tienen un conocimiento limitado de las denominaciones vitivinícolas españolas. La mayor parte de ellas tienen una elevada notoriedad sugerida, signo de que se asocian más con un origen geográfico del vino que con una idea de calidad asociada a una reputación de la zona amparada por DO. Las excepciones a este hecho, siempre desde la perspectiva de un análisis del conjunto del estado, son Rioja y Ribera de Duero. No obstante, a nivel regional hay zonas de producción con una elevada notoriedad espontánea.

Estudios similares realizados en otros países refrendan que el origen del vino es un argumento habitualmente asociado con calidad, aunque las zonas con elevada reputación cambian sustancialmente de un país a otro (**Figura 1.5**).

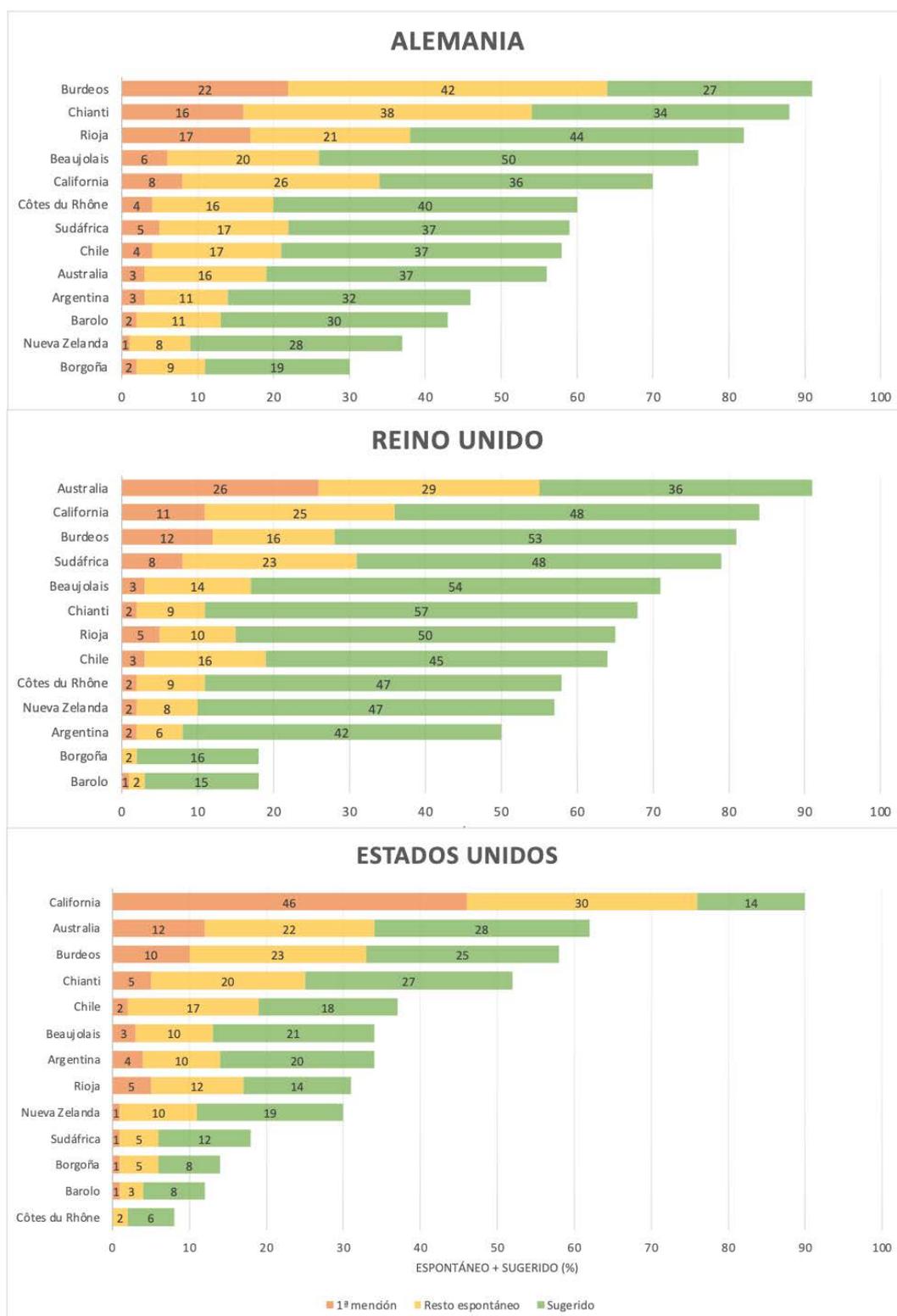


Figura 1.5. Conocimiento de vinos con DO en extranjero (Nielsen, 2012).

3) Cuotas de mercado

A partir de las informaciones de cuotas de mercado en España (*Tabla 1.1*), se tuvo en cuenta este criterio a la hora de acotar las denominaciones de origen a seleccionar. Se observa que el mercado español tiene dos líderes por volumen y calidad (Rioja y Ribera de Duero), seguidos a gran distancia por zonas de producción cuyo modelo de producción se basa en altos rendimientos por hectárea (Mancha, Valdepeñas).

Tabla 1.1 Evolución anual de las ventas de vino con D.O tinto en España (Alimentación + Hostelería).
Evolución % cuota volumen de las principales D.O.

	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018
Rioja	49.6	49.3	48.4	47.4	46.5	45.4	44.7	43.6	42.3
Ribera Duero	12.1	12.5	12.9	13.4	13.9	15.1	15.3	15.5	13.6
Valdepeña	8.3	8.4	8.1	8.6	9.2	9.2	8.1	7.7	7.6
La Mancha	6.1	6.6	6.9	6.4	6.6	7.2	6.6	7.0	7.1
Terra Alta	-	-	-	-	-	-	0.8	1.7	3.1
Navarra	3.4	3.1	3.1	2.8	3.0	2.9	2.9	2.8	3.1
Cariñera	3.3	3.1	3.4	3.4	3.1	3.0	3.1	2.8	3.0
Cataluña	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.2	1.6	1.7	1.8
Utiel-Requena	-	-	-	-	-	-	1.2	1.5	1.7
Campo de									
Borja	0.8	0.8	1.0	1.4	1.3	1.3	1.6	1.4	1.6
Bierzo	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.5	-	-	-
Jumilla	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	-	-	-
Resto	11.6	11.4	11.5	12.3	12.0	12.0	14.1	14.3	15.0

Notas: las informaciones obtenidas por (Nielsen, 2014, 2019).

4) Precio de venta

En la *figura 1.6* se muestra el precio medio de venta de los vinos tintos con Denominaciones de Origen en España en el consumo de hostelería. Se observó que los vinos de Ribera del Duero y de Rioja fueron las únicas dos DO con un precio medio por encima de todos los vinos tintos con DO en España. Debe tenerse en cuenta que en un

mercado con información perfecta y con competencia perfecta un mayor precio es el reflejo de una mayor calidad del producto; esto no es del todo cierto en el vino por ser un bien de experiencia, lo cual hace que el comprador tenga información imperfecta y no pueda delimitar la calidad de un producto antes de su compra.

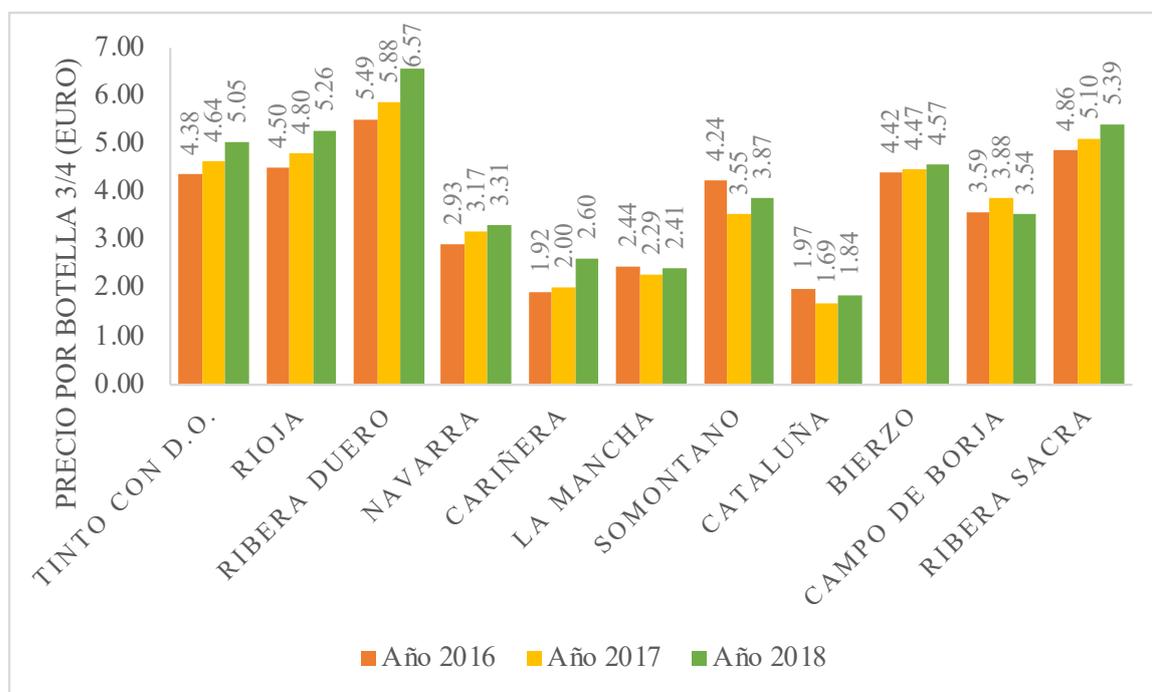


Figura 1.6 Promedio de precio de venta del vino con DO tinto en España Hostelería (Nielsen 2019).

- 5) El número de botellas disponibles en el mercado que fueran de la misma partida y suficientes para la realización de los análisis previstos (criterio de factibilidad)

Con todo ello, se obtuvo una primera preselección de los 21 vinos tintos de la categoría ultrapremium. Las características en cuanto al origen, añada, grado alcohólico, variedad y crianza en bodega de los 21 vinos preseleccionados se muestran en la **tabla 1.2** y la condición técnica de los vinos preseleccionados se muestra en **tabla 1.3**. Estos 21 vinos preseleccionados pasaron a una segunda fase de la selección del vino con fin de seleccionar vinos representativos de la categoría ultrapremium en el mercado español con diferentes características sensoriales.

Tabla 1.2 Características de los 21 vinos tintos ultrapremium españoles cualitativamente preseleccionados y en negrilla, los vinos representativos seleccionados posteriormente mediante análisis jerárquico de clúster de los datos obtenidos del análisis sensorial de CATA

Código muestra	Añada	Alcohol % (v/v)	Variedad	Barrica (meses)	Tipo de roble
Denominación de origen calificada Rioja					
712	2012	14.0	100% Tempranillo	15	Francés
337	2012	14.0	100% Tempranillo	15-18	Francés
802	2005	13.5	90% Tempranillo, 10% Graciano	48	Americano
150(077)	2012	13.5	90% Tempranillo, 9% Graciano, 1% Mazuelo	>16	Francés (70%) y americano (30%)
904	2007	14.0	86% Tempranillo, 14% Mazuelo	28	Americano (Tempranillo) y francés (Mazuelo)
Denominación de origen Ribera de Duero					
128	2010	14.0	90% Tempranillo, 10% Cabernet Sauvignon	24	Americano y francés
499	2009	14.5	Tempranillo	22	Francés
471	2013	14.0	Tempranillo, minoritarias: Blanca del país, Garnacha y Bobal	35	Francés
610	2011	15.0	80% Tinto Fino, 10% Cabernet Sauvignon y 10% Merlot	18	Francés
854	2009	14.5	100% Tempranillo	18	Francés
863	2005	14.5	100% Tempranillo	14	Francés
Denominación de origen Somontano					
549	2009	14.0	Cabernet Sauvignon y Merlot	15	Francés
837	2012	14.0	Cabernet Sauvignon y Merlot	7	Americano
294	2011	14.5	100% Cabernet Sauvignon	18	Francés
210	2010	15.0	44% Syrah, 35% Cabernet Sauvignon, 14% Garnacha y 7% Merlot	13	Francés
911	2008	13.5	30% Cabernet Sauvignon, 30% Tempranillo, 20% Garnacha y 20% Syrah	> 18	Francés
504	2009	14.0	Cabernet Sauvignon, Syrah y Merlot	24	Americano
Denominación de origen Jumilla					
421(621)	2015	14.5	100% Garnacha	12	Foudre
942	2014	14.5	70% de Monastrell y 30% Cabernet Sauvignon	22	Francés y americano
397	2012	14.7	50% Monastrell, 25% Tempranillo, 25% Cabernet Sauvignon	12	Francés y americano
447	2010	15.0	70% Monastrell, 20% Cabernet Sauvignon, 10% Syrah	22	Francés (60%) y americano (40%)

Tabla 3. La condición técnica de los 21 vinos preseleccionados.

Ámbito geográfico	España
Población o universo	Vinos tintos ultrapremium comercializables a partir de 2017
Tamaño de la población o universo	134
Tamaño de la muestra	21
Error muestral	± 1.97%
Nivel de confianza	95%; p = q = 0.5

1.2.2 Selección de los vinos representativos (Fase 2)

En la segunda fase de la selección del vino, en primer lugar, se quiere conocer los estilos de los vinos tintos ultrapremium españoles existentes en el mercado español, en segundo lugar, seleccionar vinos de diferentes estilos para analizar en el presente estudio. En este apartado, se presenta primero el análisis sensorial con CATA que se utilizó para discriminar los veintiún vinos preseleccionados a partir de estímulos sensoriales vinculados a la percepción en boca, posteriormente, se aplicó el análisis clúster para formar grupos de vinos a partir de estímulos sensoriales con fin de seleccionar vinos con diferentes estilos.

1.2.2.1 Valoración de los vinos mediante el método CATA

Las preguntas de verificación cuando se aplica (*Check-all-that-apply* /CATA) son de opción múltiple donde a los catadores se les presenta una lista de términos y se les pide que seleccionen todos los que se consideran aplicables para describir una muestra probada (Ares, 2015; Ares & Jaeger, 2015; Varela & Ares, 2012). CATA se ha reportado como una herramienta sólida para describir y diferenciar muestras en relación con sus características específicas, ayudando en la identificación de las percepciones de los productos alimentarios y bebidas (Ares et al., 2010; Valentin et al., 2012). Las ventajas del método CATA han sido puestas de manifiesto en la literatura y hacen referencia a los siguientes aspectos: 1) los panelistas pueden seleccionar los atributos sensoriales que más les llaman la atención y que consideran más aplicables para describir las muestras (Jaeger et al., 2014); 2) se puede discriminar los atributos sensoriales en muestras de manera suficiente y proporciona información estable y confiable (Corsi et al., 2017; Vidal et al., 2015); 3) los resultados

obtenidos tienen una alta reproducibilidad, así como consistencia entre las descripciones de los atributos sensoriales de las muestras (Ares, Antúnez, et al., 2014; Ares et al., 2013; Ares & Jaeger, 2013); 4) es un método eficiente, ya que requiere una instrucción mínima para los panelistas, es razonablemente fácil de entender (Dooley et al., 2010); y 5) es un método rápido y confiable, se puede utilizar tanto con los consumidores como con los panelistas entrenadas para recopilar perfiles sensoriales e identificar las diferencias entre las muestras, sin embargo, los panelistas entrenados evaluaron mejor las muestras similares y complejas (Ares et al., 2015; Campo et al., 2008; Jaeger et al., 2013). Por ello, este método se utiliza ampliamente para evaluar los atributos sensoriales del vino (Alencar et al., 2019; Brand et al., 2020; Campo et al., 2008; Puyares et al., 2010; Rinaldi et al., 2021).

La razón de utilizar CATA en la fase 2 de la selección del vino fue por el objetivo de esta fase que se quiere determinar cuáles atributos sensoriales (sabor y sensación táctil en boca) pueden usarse para caracterizar las percepciones en boca de los vinos tintos ultrapremium españoles preseleccionados en la fase 1. Para ello, se recopiló la información cualitativa sobre las características percibidas sin requerir escala de medida, las diferencias entre los vinos se basaron en la ausencia o presencia de los atributos en la lista de la ficha de cata a fin de diferenciarlos y clasificarlos exclusivamente por sus características organolépticas. El método CATA tiene la ventaja de recopilar la información cualitativa sobre las características percibidas sin requerir escala de medida, las diferencias entre los vinos se basan en la ausencia o presencia de los atributos en la lista y la metodología CATA es rápida, sencilla y tiene alta estabilidad y reproducibilidad; además, este método ha sido

empleado con éxito en la caracterización sensorial de las sensaciones táctiles en boca (Fleming et al., 2015).

Las características sensoriales evaluadas fueron extraídas de los atributos utilizados en el Guía de vino (Guía Peñín, 2017) para describir los vinos en esta categoría (dulce, buena acidez, amargor fino, mineral, tanino fino, tanino maduro, estructurado, equilibrio, sabroso, lleno, carnosos, tostado, picante, alcohólico, intenso, redondo y largo). El modelo de ficha de análisis sensorial mediante CATA utilizado se muestra en el *anexo 2.1*. En el análisis sensorial, los catadores contestaron dicotómicamente qué percepciones en boca detectados (sabor + sensación táctil en boca) con las 17 características percibidas en boca (1: atributo ausente; 2: atributo presente). Los catadores, verificaron todos los atributos sensoriales que consideraban apropiados para describir cada vino.

1.2.2.2 Recogida de datos

Análisis sensorial CATA

En el análisis sensorial CATA, los vinos (20 ml) se presentaron en copas negras normalizadas (ISO 3591-1977) cubiertas con una placa Petri y codificadas con números de tres dígitos aleatorios y se colocaron en un orden distinto y aleatorio para cada panelista. Los panelistas evaluaron los vinos en el orden establecido y siguieron el protocolo de enjuague propuesto por (Colonna et al., 2004) Los participantes no fueron informados de la naturaleza de los vinos del estudio. Se realizó en la sala de análisis sensorial de la Universidad de La Rioja en cabinas individuales y con un sistema de control de temperatura

ambiente (20 °C). Se registró la información de los participantes, como edad, género, profesión y experiencia en cata de vinos.

Panelistas

Los participantes, profesionales del sector enológico (n = 30), fueron reclutados entre los miembros del panel de catadores del Consejo Regulador DOCa Rioja, de la Asociación Enólogos de Rioja y de la Universidad de La Rioja y seleccionados por su experiencia en el análisis sensorial, así como por su interés y disponibilidad para participar en el estudio. El rango de edad estaba comprendido entre 27 a 70 años, de los cuales, el 54% eran mujeres el 46% hombres. La mayoría de los panelistas contaban con más de 11 años de experiencia en el sector enológico (76%), y en la cata de vinos (56%).

1.2.2.3 Análisis de los resultados de CATA

1.2.2.3.1 Evaluación de la fiabilidad y validez

La escala de medida tiene que cumplir dos requisitos: ser fiable y válido. Una medida es fiable cuando siempre miden lo mismo, que se refiere al grado en que está libre de error aleatorio, por lo que proporcionan resultados consistentes y se refiere a la coincidencia en la medida realizada con método iguales o muy similares, es decir, si con un mismo instrumento se mide una característica varias veces y se obtiene el mismo resultado, dicha medida es fiable. Las mediciones no fiables originarán posteriores errores de tipo I y tipo II. Una medida es válida cuando mide lo que debe medir, es decir, aquello para lo que se destinó, cuando refleja o capta las verdaderas diferencias en las

características objeto de medida (Esteban & Fernández, 2006, p. 241; Luque, 2017, pp. 285–288; Sánchez & Sarabia, 1999, pp. 363–393).

En primer lugar, se evaluó la fiabilidad de los resultados obtenidos por análisis sensorial CATA. Para identificar si hay diferencias significativas entre muestras para cada uno de los atributos sensoriales, se realizó la prueba no paramétrica de Q de Cochran (Manoukian, 1986) porque los datos obtenidos no siguen una distribución normal. El estudio de (Ares & Jaeger, 2013) utilizó la prueba Q de Cochran para determinar el nivel de significancia entre muestras y los atributos sensoriales de los vinos replica. En el presente estudio se aplicó a los dos vinos con sus réplicas (vino 150 con su réplica vino 077 y vino 421 con su réplica vino 621), en análisis sensorial, los evaluadores no sabían cuales fueron vinos con réplicas. Si no hay diferencias significativas, se considera que no hay diferencias en la evaluación de cada uno de los atributos de los vinos réplica.

Los resultados de la prueba Q de Cochran se muestran en la **tabla 1.4**, observamos que no hay diferencias entre los vinos replicados a excepción del atributo *dulce* cuando se comparan los vinos réplica 421 y 621, y del atributo *mineral* en los vinos 150 y 077. Además, el atributo *largo* salió que no hay diferencias por poco (0.059) al comparar los vinos 150 y 077.

A continuación, se aplicaron tres técnicas para evaluar la validez de los resultados obtenidos por CATA, primero, se calculó el índice de reproducibilidad global del panelista (RI_{CATA}) para evaluar el comportamiento del panel (Jaeger et al., 2013); segundo, se calculó

el índice de estabilidad del atributo (SI_{CATA}) para determinar la confiabilidad de cada atributo utilizados (Jaeger et al., 2013); y tercero, se realizó un análisis clúster a partir de dos réplicas de dos vinos distintos introducidas aleatoriamente en la sesión del análisis sensorial, sin advertirlo a los panelistas, a fin de detectar la estabilidad (o no) de los juicios emitidos por los panelistas (Bagozzi, 2004; Kaufman & Rousseeuw, 2009).

Tabla 1.4 La prueba Q de Cochran se realizó para determinar el nivel de significación en las réplicas de muestras con respecto a los atributos en boca de la pregunta CATA respondida por 30 expertos del vino.

		Vino 150 y Vino 077	Vino 421 y Vino 621
Atributo		<i>p</i> -valor	<i>p</i> -valor
1	Dulce	0.655	0.034
2	Buena acidez	0.564	0.405
3	Fino amargor	0.206	0.593
4	Mineral	0.014	0.317
5	Taninos finos	0.527	0.739
6	Taninos maduros	0.521	0.480
7	Equilibrado	0.480	0.793
8	Sabroso	0.527	0.739
9	Lleno	0.180	0.414
10	Carnoso	0.414	0.655
11	Tostado	0.001	0.180
12	Especiado	1.000	0.655
13	Alcohólico	0.705	1.000
14	Intenso	0.378	0.405
15	Redondo	0.206	0.739
16	Largo	0.059	0.317
17	Estructurado	0.632	0.779

Primero, se comprobó la reproducibilidad de los panelistas mediante el índice de reproducibilidad global de (Jaeger et al., 2013), porque este índice los tiene en cuenta atributos utilizados y los no utilizados. El índice de reproducibilidad global del panelista (RI) se calculó con la ecuación $RI_{ij} = \frac{ter_{ij}}{ter}$ donde ter_{ij} es el número de atributos evaluado por el panelista i idénticamente en las dos réplicas de un mismo vino j , ter es el número total de atributos evaluados. El valor del RI_{ij} presentó el porcentaje de los atributos que tuvieron las mismas puntuaciones entre las réplicas para cada uno de los panelistas. El valor de RI varía de 0 (falta de reproducibilidad) a 1 (reproducibilidad perfecta). Los resultados del RI_{CATA} de los 30 panelistas se muestran en **tabla 1.5**, el valor máximo de RI_{CATA} fue 0.91 (panelista 121) y el valor mínimo fue de 0.41 (panelista 105). El valor medio de los RI_{CATA} de los 30 expertos fue 0.71, indicó que un 71% de atributos tuvieron mismas puntuaciones entre las dos réplicas para uno de los panelistas. El RI_{CATA} de un panelista válido debería ser superior a 0.20 (Campo et al., 2008), en el presente estudio, los panelistas fueron expertos del vino y presentaron un alto nivel de reproducibilidad.

Segundo, se calculó el índice de estabilidad del atributo (SI) con la ecuación propuesta por (Jaeger et al., 2013), $SI_k = \frac{100}{n \times N} \times \sum_{i=1}^N (sam_i)$ donde sam_i es el número de vinos que tuvo atributo k con evaluación idéntica en las dos réplicas de un mismo vino para el panelista i , n es el número del vino, N es el número de panelistas en el panel. El valor del SI_k mostró el porcentaje de los panelistas que idénticamente evaluaron los atributos para describir los vinos y sus réplicas en el análisis sensorial. El valor de SI varía de 0 a 100 (100 = estabilidad perfecta). Los resultados de SI_{CATA} se muestran en la **tabla 1.6**. El valor

mínimo del SI_{CATA} fue un 27.5 % (*intenso*) y el valor máximo del SI_{CATA} fue 41.47% (*mineral*), lo que indicó que los panelistas del presente estudio evaluaron el atributo *intenso* con menos estabilidad y evaluaron el atributo *mineral* con más estabilidad. El valor medio de SI_{CATA} de todos los atributos evaluados fue de un 35.5%, lo que indica que el 35.5% de los panelistas usaron idénticamente los atributos para describir los vinos y sus réplicas en el análisis sensorial. Además, los atributos *mineral*, *lleno*, *carnoso* y *largo* tuvieron mejores niveles de la estabilidad (> 40%) y los atributos *intenso* y buena acidez tuvieron niveles de la estabilidad relativamente peores (< 30%).

Tabla 1.5 Índice de reproducibilidad del panelista (RI) del método CATA.

Panelista	RI_{CATA}	Panelistas	RI_{CATA}
101	0.62	116	0.53
102	0.91	117	0.65
103	0.85	118	0.85
104	0.71	119	0.74
105	0.41	120	0.71
106	0.79	121	0.91
107	0.71	122	0.85
108	0.74	123	0.65
109	0.68	124	0.74
110	0.68	125	0.76
111	0.53	126	0.65
112	0.71	127	0.74
113	0.76	128	0.53
114	0.56	129	0.79
115	0.74	130	0.85
		Global	0.71

Tabla 1.6 Índice de estabilidad del atributo (SI) del método de CATA.

Atributo	SI _{CATA}	Atributos	SI _{CATA}
Dulce	39.2	Lleno	40.8
Buena acidez	29.2	Carnoso	40.8
Fino Amargor	30.0	Tostado	35.8
Mineral	41.7	Especiado	35.8
Taninos finos	34.2	Alcohólico	39.2
Taninos maduros	35.0	Intenso	27.5
Estructurado	30.8	Redondo	34.2
Equilibrado	35.8	Largo	40.0
Sabroso	34.2	Global	35.5

Tercero, se realizó la validación de los resultados obtenidos por la metodología del análisis clúster¹. En la **figura 1.6** se observan dos clústeres bien diferenciados donde el vino 077 y su réplica 150 salieron superpuestos (número 2 en el dendrograma), lo que significa que todos los panelistas valoraron de forma similar estos dos vinos replica. Los resultados mostraron que todos los panelistas emitieron juicios idénticos sobre los vinos replicados, lo cual es un argumento para validar las evaluaciones realizadas por los panelistas.

¹ Se aplicó un análisis cluster jerárquico siendo las variables analizadas los rasgos sensoriales medidos a través de CATA. La medida de semejanza, al tratarse de variables cualitativas dicotómicas, ha sido el índice de proximidad de Dice y el criterio de asociación fue el promedio entre grupos.

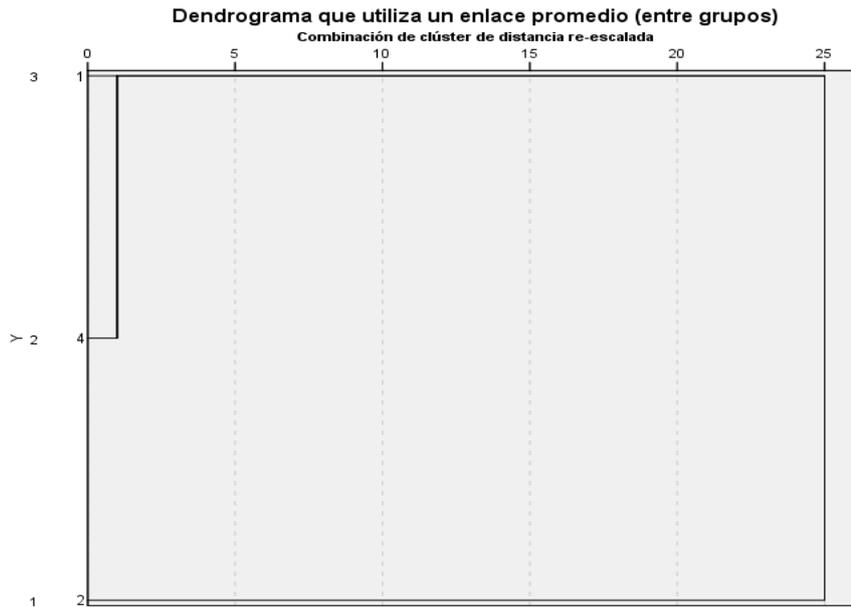


Figura 1.6 Dendrograma de los dos vinos tintos con sus réplicas.

1.2.2.3.2 Análisis clúster

Se aplicó a los resultados obtenidos del análisis sensorial CATA de los 21 vinos tintos ultrapremium preseleccionados el análisis clúster para conocer los estilos o tipos existentes en la categoría de los vinos ultrapremium del mercado español.

(A) Planteamiento del análisis clúster

La implementación del análisis clúster se aplicó considerando las siguientes pautas:

- a) En selección de las variables a utilizar para formar los grupos el conjunto de características que describen adecuadamente a los vinos a clasificar es la decisión más importante que define los resultados que se obtendrán (Bagozzi, 2004; Kaufman & Rousseeuw, 2009). En el presente estudio, se utilizó un conjunto de caracteres sensoriales de percepción en boca representados por 17

atributos diferentes y complementarios entre sí (*Anexo 2.1*) con el objeto de evitar las sobreponderaciones implícitas, esto es, medir el mismo concepto de formas diferentes, lo cual tiene como consecuencia una sobrevaloración del atributo o concepto respecto a los demás al calcular el grado de semejanza de los vinos y, por consiguiente, afecta sustancialmente a la clasificación final resultante. Además, todas las variables analizadas fueron medidas de forma dicotómica para las 21 muestras de vino tinto ultrapremium (presencia o ausencia de una determinada característica o atributo).

- b) La determinación de la medida de semejanza para este tipo de valores dicotómicos se estimó el grado de semejanza entre los 21 vinos que se clasifican con el índice de Dice, asociado al método del enlace promedio entre grupos. Esta combinación de criterios está acreditada en la literatura estadística que es la que da lugar a clasificaciones que mejor se adecúan a la realidad analizada (Kaufman & Rousseeuw, 2009; Klastorin, 1983).
- c) La clasificación de los vinos se realizó siguiendo la recomendación de la literatura cuando el número de casos (vinos) es reducido. Se aplicó para el análisis de conglomerados el método de Ward de naturaleza jerárquico con una estructura jerárquica en forma de árbol (dendograma) siendo asignados una única vez a un determinado grupo (Bagozzi, 2004; Kaufman & Rousseeuw, 2009).

- d) La clasificación óptima de los grupos se validó mediante ANOVA y análisis discriminante (Bagozzi, 2004). El vino representativo de cada clúster se seleccionó siguiendo el criterio de maximizar la proximidad al centroide del clúster, es decir, escoger aquel vino concreto que mejor refleja el conjunto de vinos de un determinado grupo. Debido a no sabemos a priori el porcentaje de los vinos tintos ultrapremium en todos los vinos tintos españoles, se seleccionó un vino de cada clúster siguiendo el criterio de la afijación simple que se divide la muestra en submuestras de igual tamaño (Esteban & Fernández, 2006, p. 266).

(B) Clasificaciones de los vinos ultrapremium y su descripción sensorial

El dendograma de la **figura 1.7** resulta de la aplicación del análisis de clúster jerárquico utilizando el criterio de promedio entre grupos y el índice de Dice a los datos del análisis sensorial de los 21 vinos con el fin de seleccionar los vinos representativos. Los vinos fueron elegidos considerando los siguientes criterios:

- a) Validación de la clasificación obtenida en el análisis clúster. Por razones de espacio, indicar brevemente que la clasificación obtenida era óptima por generar diferencias estadísticamente significativas para todos los atributos sensoriales (ANOVA) y por tener una capacidad explicativa y predictiva superior al 80% para definir el grupo de pertenencia de un vino a partir de sus rasgos sensoriales (Análisis Discriminante).

- b) En aquellos clústeres con vinos muy semejantes en su distancia al centroide la elección del vino se realizó tratando de captar vinos de diferentes procedencias con el fin de tener una representación de vinos con de diferentes procedencias de origen.

El dendograma resultante (**Figura 1.7**) muestra los vinos seleccionados, (**Tabla 1.2**), los cuales corresponden a tres vinos de Rioja (337, 712 y 802), dos de Ribera del Duero (499 y 128), uno de Jumilla (421) y otro de Somontano (549).

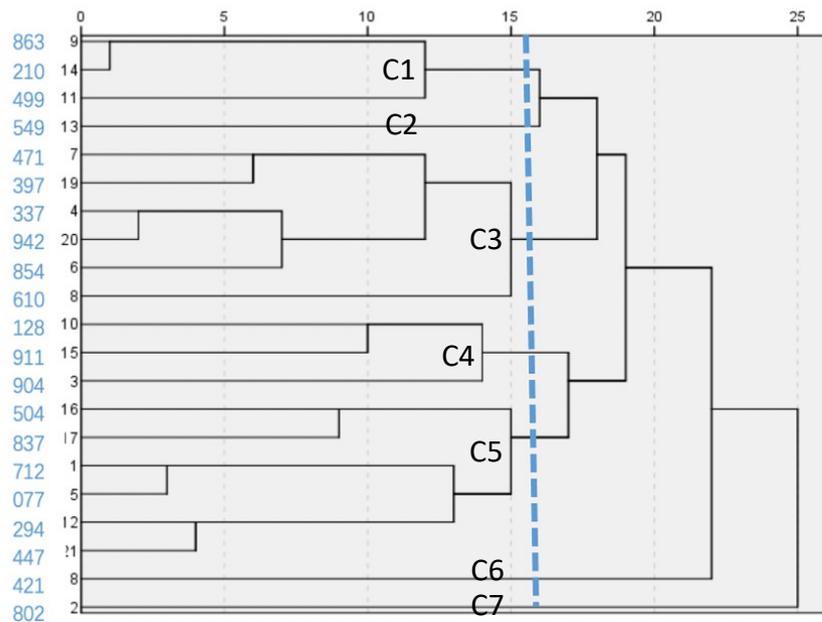


Figura 1.7 Dendograma de las 21 muestras de vinos tintos ultrapremium a partir de las valoraciones dicotómicas obtenidas en análisis sensorial por el método de CATA.

El perfil sensorial de cada clúster reveló los atributos que caracterizaron los vinos pertenecientes a cada grupo (**Figura 1.8**):

El clúster 1 se caracteriza por tener valores intermedios con respecto a los otros clústeres altos para *buena acidez, fino amargor* y menores en *dulce, mineral, taninos maduros y sabroso*.

El clúster 2 con más puntuaciones en *especiado* y bajas puntuaciones en *buena acidez, equilibrado y carnosos*.

El clúster 3 se caracteriza por más puntuaciones en *taninos maduros, estructurado, carnosos, tostado, redondo, largo* y menos puntuación en *taninos finos*. Este clúster tuvo 35% de atributos evaluados con mayores puntuaciones que fue el clúster llevó más atributos de alta puntuación.

El clúster 4 con más puntuaciones en dulce y buena acidez.

El clúster 5 con más puntuaciones en mineral, taninos finos, alcohólico y largo.

El clúster 6 se caracteriza por más puntuaciones en equilibrado, sabroso, lleno, intenso y bajas puntuaciones en fino amargor, tostado, especiado alcohólico y largo.

El clúster 7 se caracteriza por menos puntuaciones en *estructurado, lleno, carnosos, alcohólico, intenso, redondo y largo*. Este clúster tuvo 41% de atributos evaluados con menores puntuaciones que fue el clúster llevó más atributos de baja puntuación.



Figura 1.8 Descripción sensorial expresada como la valoración media de los atributos de la sensación en boca para los 7 clústeres obtenidos con las puntuaciones dicotómicas.

(C) Validación de la clasificación

La **tabla 1.7** recoge las valoraciones medias para cada atributo en cada uno de los siete grupos de vinos resultantes del análisis.

Tabla 1.7 Valoraciones medias de los atributos para los siete clústeres obtenidos con las puntuaciones dicotómicas de las fichas de CATA.

Clúster	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Nº de vino	(n=3)	(n=1)	(n=6)	(n=3)	(n=6)	(n=1)	(n=1)
	863		471, 397	128	504, 837		
Código del vino	210	549	337 , 942	911	712 , 077	421	802
	499		854, 610	904	294, 447		
Atributos							
Dulce	1.19	1.23	1.22	1.28	1.24	1.20	1.20
Buena acidez	1.43	1.27	1.34	1.41	1.35	1.43	1.33
Fino amargor	1.39	1.37	1.31	1.31	1.35	1.27	1.37
Mineral	1.08	1.13	1.17	1.13	1.18	1.10	1.17
Taninos finos	1.22	1.23	1.19	1.27	1.28	1.27	1.27
Taninos maduros	1.24	1.27	1.34	1.26	1.29	1.27	1.27
Estructurado	1.28	1.27	1.36	1.18	1.30	1.23	1.10
Equilibrado	1.13	1.07	1.21	1.20	1.22	1.23	1.17
Sabroso	1.12	1.13	1.24	1.16	1.24	1.37	1.13
Lleno	1.08	1.07	1.11	1.06	1.07	1.13	1.03
Carnoso	1.18	1.10	1.20	1.19	1.13	1.17	1.10
Tostado	1.39	1.30	1.50	1.27	1.29	1.07	1.13
Especiado	1.30	1.47	1.36	1.24	1.28	1.23	1.30
Alcohólico	1.21	1.20	1.23	1.21	1.32	1.17	1.17
Intenso	1.29	1.17	1.31	1.24	1.23	1.40	1.13
Redondo	1.11	1.13	1.21	1.16	1.14	1.20	1.00
Largo	1.19	1.23	1.25	1.17	1.25	1.10	1.10

Notas: Letra negrilla: códigos de vinos más representativos de cada clúster. Color verde: atributos críticos que generan más diferencias entre los grupos (nivel de significación 95%). Color rojo: valores mayores entre clústeres. Color azul: valores menores entre clústeres.

1.2.3 Caracterización sensorial de los vinos representativos (Fase 3)

1.2.3.1 Caracterización sensorial mediante el método RATA

El método de análisis sensorial RATA (*Rate-All-That-Apply*) es una variación del formato de pregunta CATA. A diferencia del método CATA que con el formato de respuesta dicotómica no permite la medición directa de la intensidad de los atributos sensoriales, el método RATA está diseñado para cuantificar la intensidad de los atributos (Ares, Bruzzone, et al., 2014; Meyners et al., 2016).

En la literatura, se pone de manifiesto una serie de ventajas en el uso del método RATA: 1) los evaluadores no solo deben seleccionar los atributos sensoriales detectados en una muestra, sino que también deben evaluar la intensidad percibida mediante una escala de calificación, lo que puede complementar al método CATA (Ares, Bruzzone, et al., 2014); 2) es un método que tiene una alta capacidad de discriminación debido a la incorporación de la clasificación de intensidad (Oppermann et al., 2017); 3) es un método confiable y rápido que permite obtener perfiles sensoriales y diferenciar cuantitativamente entre las muestras, tanto para consumidores (Ares et al., 2018; Danner et al., 2018; Vidal, Ares, et al., 2018) como panelistas semientrenados (Giacalone & Hedelund, 2016); 4) los resultados obtenidos tienen una buena reproducibilidad tanto entre los evaluadores semientrenados como a nivel de atributos individuales (Giacalone & Hedelund, 2016); 5) es adecuado para caracterizar productos con diferencias sutiles, como el vino (Danner et al., 2018; Sáenz-Navajas et al., 2017).

En comparación con CATA, el método de RATA mejora la descripción de la muestra y la discriminación, y es más útil cuando solo hay un pequeño número de panelistas disponibles, también observan que, aunque la reproducibilidad de cada panelista fuera mediocre, el acuerdo general del panel fue alto y los atributos sensoriales manifiestan una buena estabilidad. (Oppermann et al., 2017) mostraron que, para los panelistas sin entrenamiento, RATA tuvo una capacidad discriminativa superior a CATA, además, el enfoque de intensidad RATA resultó en una mayor capacidad discriminativa en comparación con el enfoque de frecuencia RATA. Después, (Vidal, Ares, et al., 2018) indicaron que, para los consumidores, se encontraron diferencias menores entre RATA y CATA, sin encontrar una superioridad clara de un método sobre el otro, la decisión de utilizar un método u otro para realizar el análisis sensorial depende del objetivo del estudio. Además, la intensidad del atributo obtenida por RATA está directamente relacionada con la frecuencia de citación de los atributos obtenida por CATA. Además, el estudio de (Jaeger & Ares, 2015) mostraron que cuando RATA se utilizó simultáneamente con la pregunta hedónica, hubo una fuerte tendencia a una mayor discriminación hedónica entre las muestras.

En el presente estudio se utilizó el método RATA para evaluar las características sensoriales de los siete estilos de vinos tintos ultrapremium representativos en el mercado español. La razón de utilizar RATA fue por el objetivo del estudio no solamente quiere determinar las características cualitativamente entre los vinos, sino cuando unos vinos tienen mismas características, también se quiere cuantificar dichas diferencias.

1.2.3.2 Características sensoriales evaluadas por RATA

En el presente estudio se realizó valoraciones sensoriales de dos niveles de forma sucesiva e independiente, primero se evaluaron individualmente 35 atributos sensoriales siendo 13 atributos relativos a aroma, 3 atributos vinculados a sabor y 19 atributos relativos a sensaciones táctiles en boca para cada uno de los 7 tipos de vinos seleccionados en la fase 2; segundo, se evaluaron dos valoraciones globales: valoración global de estructura y valoración global de la calidad global. Los atributos sensoriales utilizados se basaron en las investigaciones previas de análisis sensorial de los vinos (*Tabla 4*).

El panel del presente estudio se realizó todas las valoraciones de los vinos de izquierda a derecha y se utilizaron una escala Likert de 0 a 10 puntos (0 = sin presencia a 10 = muy fuerte) para valorar los atributos y otra escala Likert de 0 a 10 puntos (0 = nula o inexistente a 10 = muy bueno) para las valoraciones globales.

1.2.3.3 Recogida de datos

El análisis sensorial tuvo lugar en la misma sala de cata y la preparación y presentación de las muestras se realizó siguiendo la misma metodología ya descrita en el apartado 2.2.3.1 del análisis sensorial del método CATA.

En el análisis sensorial del método RATA, participaron 27 profesionales del sector enológico, fueron reclutados entre los miembros del panel de catadores del Consejo Regulador DOCa Rioja, de la Asociación de Enólogos de La Rioja y de la Universidad de La Rioja. La selección se realizó en base a su experiencia en análisis sensorial, así como

por su interés y disponibilidad para participar en el estudio. El rango de edad estaba comprendido entre 27 a 65 años, de los cuales, el 38 % eran mujeres y el 62 % hombres. Entre ellos, la mayoría de los jueces contaban con más de 11 años de experiencia profesional (81.5 %) y de cata (51.9 %).

1.2.4 Evaluación de la fiabilidad y validez de las evaluaciones realizadas por los panelistas

Para evaluar la fiabilidad de los resultados obtenidos por el análisis sensorial RATA, se realizó análisis de varianza (ANOVA). Primero, se calculó un ANOVA de un factor con las valoraciones que cada panelista ha realizado entre un vino y su réplica (medidas repetidas), que cató suponiendo que era otro vino más a evaluar. Segundo, se calculó otro ANOVA de un factor con las valoraciones que cada panelista realizó entre dos vinos distintos. Los resultados se muestran en la **tabla 1.8**. Primero, las valoraciones que cada panelista realizó entre un vino y su réplica (medidas repetidas) mostraron que no hay diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que los panelistas no difieren al valorar dos veces el mismo vino (réplica). Segundo, las valoraciones que cada panelista ha realizado entre un vino y otro vino distinto mostraron que sí hay diferencias estadísticamente significativas, indicando que los jueces diferencian mucho los vinos (al 99% de significación). Con todo ello, confirmamos que las valoraciones de los 27 panelistas expertos fueron fiables.

Tabla 1.8 La capacidad discriminante de los expertos del vino entre los siete vinos UP utilizando datos de intensidad RATA de atributos y similitud entre los datos de réplica.

Atributo	Entre vinos distintos (n = 7)		Entre réplicas (n = 2)		
	F	p-valor	F	p-valor	
AROMA					
1	Fruta roja/negra	141.000	0.000	0.027	0.869
2	Floral	159.575	0.000	0.088	0.768
3	Fruta fresca	40.385	0.001	0.082	0.776
4	Madera	35.564	0.001	1.001	0.322
5	Especias	69.511	0.000	0.000	1.000
6	Café	22.400	0.003	1.056	0.309
7	Tostado	18.843	0.005	0.276	0.602
8	Animal	38.516	0.001	0.017	0.896
9	Cuero	30.140	0.002	0.222	0.639
10	Sotobosque	69.871	0.000	0.003	0.955
11	Vegetal	32.400	0.001	0.019	0.891
12	Fruta pasa	32.121	0.001	1.281	0.263
13	Evolucionado	22.531	0.003	0.176	0.677
SABOR					
1	Dulce	50.824	0.000	0.669	0.417
2	Ácido	223.385	0.000	0.003	0.955
3	Amargor	127.412	0.000	1.457	0.233
SENSACIÓN TÁCTIL EN BOCA					
1	Tanino verde	49.931	0.000	2.203	0.144
2	Tanino duro	225.000	0.000	0.176	0.677
3	Secante	107.556	0.000	0.737	0.395
4	Pegajoso	39.093	0.001	0.512	0.477
5	Polvoriento	14.439	0.009	0.050	0.824
6	Granuloso	50.000	0.000	0.189	0.666
7	Arenoso	18.784	0.005	1.126	0.294
8	Rugoso	32.111	0.001	0.604	0.440
9	Untuoso	60.500	0.000	1.427	0.238
10	Graso	45.732	0.001	1.360	0.249
11	Carnoso	56.067	0.000	0.278	0.600
12	Evolvente	145.555	0.000	0.002	0.963
13	Sedoso	14.087	0.009	0.031	0.860
14	Gomoso	14.091	0.009	0.018	0.893
15	Acuoso	32.500	0.001	0.283	0.597
16	Ardiente	31.579	0.001	0.283	0.597
17	Picante	48.119	0.000	0.004	0.953
18	Punzante	98.276	0.000	0.055	0.815
19	Persistente	406.588	0.000	0.210	0.649

Tabla 1.8 La capacidad discriminante de los expertos del vino entre los siete vinos UP utilizando datos de intensidad RATA de atributos y similitud entre los datos de réplica.

Atributo	Entre vinos distintos (n = 7)		Entre réplicas (n = 2)	
	F	p-valor	F	p-valor
VALORACIÓN GLOBAL				
1 Estructura	257.250	0.000	0.298	0.587
2 Calidad	52.193	0.000	0.515	0.476

Notas: nivel de significación 0.05.

La fiabilidad es una condición necesaria para la medida, pero no es suficiente. A continuación, se verificó la validez y la reproducibilidad tanto de los panelistas como de los atributos evaluados. Se utilizó el índice de reproducibilidad global (RI) (Jaeger et al., 2013), (Giacalone & Hedelund, 2016) para verificar la reproducibilidad del panelista con los datos de análisis sensorial obtenidos por método de RATA, resultó que los panelistas semientrenados mostraron buena reproducibilidad con el método de RATA. Además, (Giacalone & Hedelund, 2016) también mostró que la reproducibilidad de RATA con panelistas semientrenados podría ser similar a la de una simple lista de verificación (CATA), a pesar de la adición del paso de clasificación de intensidad. En el presente estudio, se convirtieron las puntuaciones de 0 - 10 puntos a la escala de 3 puntos según (Giacalone & Hedelund, 2016):

1 = Bajo (puntuaciones 0, 1, 2 y 3 pasan a tener un valor de 1)

2 = Medio (puntuaciones 4, 5, 6, 7 pasan a tener un valor de 2)

3 = Alto (puntuaciones 8, 9, 10 pasan a tener un valor de 3)

El índice de reproducibilidad global del panelista (RI) se calculó mediante la ecuación $RI_{ij} = \frac{ter_{ij}}{ter}$ propuesta por (Jaeger et al., 2013) , donde ter_{ij} es el número de atributos evaluado por el panelista i idénticamente en las dos réplicas de un mismo vino j , ter es el número total de atributos evaluados. El valor del RI_{ij} presentó el porcentaje de los atributos que tuvieron las mismas puntuaciones entre las réplicas para cada uno de los panelistas. El valor de RI varía de 0 (falta de reproducibilidad) a 1 (reproducibilidad perfecta). Los resultados del RI_{RATA} para los panelistas se muestran en **tabla 1.9**, el valor máximo de RI_{RATA} fue de 0.97 (panelista 131) y el valor mínimo 0.38 (panelista 134). El valor medio de RI_{RATA} de los 27 expertos fue 0.70, lo que indica que un 70 % de atributos tuvieron las mismas puntuaciones entre las dos réplicas. (Campo et al., 2008) sugirieron que el RI de un panelista válido debería ser superior a 20 %, en el presente estudio, los panelistas tuvieron el RI_{RATA} por encima de 38%.

Tabla 1.9 Índice de reproducibilidad del panelista (RI) del método RATA

Panelista	RI_{RATA}	Panelista	RI_{RATA}
131	0.97	145	0.62
132	0.70	146	0.84
133	0.76	147	0.86
134	0.38	148	0.54
135	0.59	149	0.73
136	0.65	150	0.86
137	0.57	151	0.68
138	0.78	152	0.68
139	0.57	153	0.49
140	0.62	154	0.59
141	0.89	155	0.76
142	0.86	156	0.68
143	0.84	157	0.65
144	0.79	Global	0.70

Además de la reproducibilidad del panelista, (Giacalone & Hedelund, 2016) se aplicó el índice de estabilidad del atributo (SI) (Jaeger et al., 2013) para evaluar la reproducibilidad de cada atributo evaluado con los datos obtenidos por el método de análisis sensorial RATA, resultó que la reproducibilidad del atributo del método RATA podría ser comparable a la del método CATA. Por tanto, se procedió a calcular el índice de estabilidad de los atributos (SI) mediante la ecuación $SI_k = \frac{100}{n \times N} \times \sum_{i=1}^N (sam_i)$ propuesta (Jaeger et al., 2013), donde sam_i es el número de vinos que tuvo atributo k con evaluación idéntica en las dos réplicas de un mismo vino para el panelista i , n es el número del vino, N es el número de panelistas del panel. El valor del SI_k mostró el porcentaje de los panelistas que idénticamente evaluaron los atributos para describir los vinos y sus réplicas en el análisis sensorial. El índice de estabilidad (SI_{RATA}) de cada uno de los atributos evaluados (**Tabla 1.10**) mostró que el atributo gomoso tuvo el valor máximo del SI_{RATA} fue 50.0 % y el atributo madera el valor mínimo con un 22.2 %. El valor medio de SI_{RATA} fue del 35.0 %, indicando que en general 35.0% de panelistas tuvieron las mismas puntuaciones entre las dos réplicas de todos los atributos evaluados. Además, se observó que los atributos de la sensación táctil en boca (promedio 36.7 %) tuvieron el SI_{RATA} mayor que los aromas (promedio 33.9 %) y que los sabores (promedio 30.9 %). Estos resultados indican que los atributos de la sensación táctiles en su conjunto tuvieron una estabilidad relativamente mejor que los atributos de aromas y de sabores.

Con los resultados de la reproducibilidad de los panelistas y el índice de estabilidad de cada uno de los atributos evaluados por los panelistas, se confirmó que los resultados obtenidos de los panelistas del presente estudio fueron fiables y válidos.

Tabla 1.10 Índice de estabilidad del atributo (SI_{RATA}) del método RATA

Atributo	SI _{RATA}	Atributos	SI _{RATA}
Aroma		Sensación táctil en boca	
Fruta roja/negra	27.8	Pegajoso	40.7
Floral	46.3	Polvoriento	44.4
Vegetal	37.0	Granuloso	44.4
Madera	22.2	Arenoso	40.7
Espicias	27.8	Rugoso	40.7
Café	40.7	Untuoso	37.0
Tostado	27.8	Graso	37.0
Animal	37.0	Carnoso	31.5
Cuero	40.7	Envolvente	31.5
Sotobosque	35.2	Sedoso	37.0
Fruta fresca	42.6	Gomoso	50.0
Fruta pasa	27.8	Acuoso	44.4
Evolucionado	27.8	Ardiente	35.2
Sabor		Picante	38.9
Dulce	25.9	Punzante	37.0
Ácido	31.5	Persistente	27.8
Amargo	35.2	Valoración global	
Sensación táctil en boca		Calidad	27.8
Tanino verde	27.8	Estructura	35.2
Tanino duro	25.9	Global	
Secante	25.9	35.0	

1.2.5 Modelización de la calidad global mediante PLS-SEM

Para analizar de forma conjunta y simultánea de todas las relaciones entre los atributos sensoriales (aroma, sabor y sensación táctil en boca) y la evaluación global de la calidad de los vinos tintos ultrapremium se utilizó la metodología de ecuaciones

estructurales basados en varianza (PLS-SEM) dado que es una metodología multivariante especialmente adecuada para estimar modelos que incluyen variables complejas y abstractas, no directamente observables y para estimar modelos que plantean simultáneamente múltiples relaciones causales entre varias variables independientes y variables dependientes (Hair et al., 2017; Hair. et al., 2019). En el presente estudio, las principales razones que justificaron la utilización del PLS-SEM fueron las siguientes (Henseler et al., 2016): 1) la capacidad de PLS-SEM para analizar modelos causales que incluyeron indicadores formativos y constructos formativos de varios ordenes; 2) el objetivo en predecir la variable dependiente: calidad del vino; 3) PLS-SEM fue una técnica muy robusta ante potenciales problemas derivados de la presencia de multicolinealidad y la posible omisión en el modelo de variables explicativas; 4) permite determinar por separado los pesos de cada atributo sensorial sobre su correspondiente constructo (aroma, sabor y sensación táctil en boca), y qué es el peso de cada constructo (conjunto de los atributos sensoriales en cada constructo) sobre la evaluación global de la calidad del vino; 5) los datos no fueron necesarios que sigan una distribución normal o una distribución estadística conocida dado que es un método no paramétrico. El presente estudio se utilizó el software SmartPLS V.3.3.3 para realizar análisis de PLS-SEM (Ringle et al., 2015).

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Caracterización sensorial de los vinos

1.3.1.1 Aroma

De los resultados de las valoraciones de los atributos que cada panelista realizó de los vinos del estudio (*Tabla 1.11*), observamos que los aromas evaluados difirieron sustancialmente entre los 7 vinos. Las puntuaciones medias de los atributos sensoriales evaluados por los 27 expertos del vino mediante RATA se muestran en *anexo III*.

Se realizó el análisis multivariado de varianza (MANOVA) de un factor con los 7 tipos de vinos seleccionados como factor independiente y las puntuaciones de los atributos aromáticos de los 27 expertos como factores dependientes, para apreciar cómo los atributos aromáticos difirieron entre los 7 tipos de vinos. Los resultados de análisis sensorial aromático y de MANOVA se muestran en la *figura 1.9 (A)*. Observamos que los aromas evaluados difirieron sustancialmente entre los 7 vinos, excepto el aroma *sotobosque*. Las puntuaciones medianas aromáticas de cada vino fueron desde 0 a 7 sobre 10.

Comparamos los resultados aromáticos entre los vinos del estudio, observamos que el vino 994 se caracterizó por su alta puntuación en aroma de *fruta pasa* y bajas puntuaciones de *vegetal*, y *fruta fresca*. El vino 945 tuvo mayor puntuación en aroma *vegetal* que otros vinos del estudio y menores puntuaciones en *floral*, *café*, *animal*, *sotobosque* y *fruta fresca*. El vino 733 se caracterizó por sus mayores puntuaciones en aroma *café* y *tostado* y bajas puntuaciones en los atributos *floral*, *vegetal*, *animal*, *cuero*,

fruta fresca y evolucionado. Además, el vino 733 fue el único vino del estudio en el que se detectó el aroma de *sotobosque*. El vino 821 tuvo las mayores puntuaciones en aromas de *madera y especias* que otros vinos del estudio y bajas puntuaciones en *floral, vegetal, animal, cuero, sotobosque, fruta fresca y evolucionado*. El vino 217 tuvo las puntuaciones de todos los aromas relativamente bajas, el aroma *fruta roja/negra* fue el aroma que tuvo mayor intensidad. El vino 124 se caracterizó por sus altas puntuaciones en aromas de *fruta roja/negra y fruta fresca*, baja en *especias*, además, fue el único vino del estudio en el que se detectó el aroma *floral*. Mientras tanto, observamos que el vino 124 no detectó ningún otro aroma evaluado del estudio. Por último, el vino 208 tuvo altas puntuaciones en los atributos *evolucionado, cuero y fruta pasa*, y bajas en *fruta roja/negra, floral, vegetal, sotobosque y fruta fresca*.

En general, los vinos del estudio caracterizaron por sus altas puntuaciones en aromas de *fruta roja/negra, madera, especias y tostado*, bajas puntuaciones en *floral, vegetal, animal, cuero, sotobosque, fruta fresca y evolucionado*.

1.3.1.2 Sabor

Se calculó un MANOVA de un factor con los 7 tipos de vinos seleccionados como factor independiente y las puntuaciones de los 3 sabores evaluados de los 27 expertos como factores dependientes, para analizar cómo los sabores difirieron entre los 7 tipos de vinos. Los resultados de análisis sensorial de los sabores y de MANOVA se muestran en la **figura 1.9 (B)**.

La acidez fue el único sabor que mostró diferencias estadísticamente significativas entre los vinos del estudio. Los vinos tuvieron puntuaciones de sabores desde 2 hasta 5 sobre 10. El vino 124 tuvo mayor puntuación en *dulce* y otros 6 vinos tuvieron mismo nivel y con menos puntuación. Los vinos 994, 821 y 208 tuvieron mayores niveles en *acidez* que los vinos 945, 733, 217 y 124. Además, los vinos 733 y 217 tuvieron mayores puntuaciones en *amargor* y el vino 124 tuvo la menor puntuación. Además, los vinos con mayor puntuación para *dulce* también tienen las puntuaciones más bajas en *acidez* y *amargor*. En general, los 7 tipos de vinos mostraron más altas puntuaciones en *acidez* que *amargor* y *dulce*.

1.3.1.3 Sensación táctil en boca

Se realizó el MANOVA de un factor con los 7 tipos de vinos seleccionados como factor independiente y las puntuaciones de las sensaciones táctiles en boca evaluadas de los 27 expertos como factores dependientes, para analizar cómo las sensaciones táctiles en boca difirieron entre los 7 tipos de vinos. Los resultados de análisis sensorial de las sensaciones táctiles en boca y de MANOVA se muestran en la **figura 1.9 (C)**.

Las sensaciones tanino duro, secante, picante y punzante generan diferencias estadísticamente significativas según los 7 vinos seleccionados del estudio. Los vinos tuvieron puntuaciones de las sensaciones en boca desde 0 hasta 6 sobre 10. Los vinos 994 tuvo alta puntuación en persistente y baja puntuación en tanino verde y carnosos. El vino 945 tuvo alta puntuación en persistente y secante, y bajas puntuaciones en tanino verde y

carnoso. El vino 733 caracterizó por sus altas puntuaciones en persistente, secante, tanino duro, carnosos, ardiente y tanino verde. El vino 821 tuvo menos sensación de persistente que los otros 7 vinos. El vino 217 tuvo altas puntuaciones en persistente y carnosos. El vino 124 fue el único vino con puntuación en la sensación de sedoso y con altas puntuaciones en persistente, envolvente, tanino verde, untuoso y graso. Además, el vino 124 fue el único en el que no se detectaron las sensaciones de tanino duro y ardiente. Finalmente, el vino 208 presentó altas puntuaciones en persistente, ardiente y graso y baja en tanino verde, secante y envolvente. Además, fue el único puntuado con la sensación picante. En general, los vinos del estudio se caracterizaron por sus altas puntuaciones en persistente, secante y tanino duro.

La calidad de los siete vinos representativos de los vinos tintos ultrapremium españoles fue evaluada por 27 expertos del vino mediante el método sensorial RATA empleando una escala *Likert* de 0 a 10 puntos. Los resultados de la evaluación de la calidad se muestran en la *tabla 1.11*. El test no paramétrico de Kruskal-Wallis se realizó para determinar las diferencias entre los siete vinos seleccionados y representativos de los vinos ultrapremium. Los resultados mostraron que existen diferencias estadísticamente significativas con el test no paramétrico de Kruskal-Wallis al 99.6 % en la evaluación global de la calidad. Este resultado significa que los panelistas expertos aprecian diferentes niveles de calidad entre los siete tipos de vinos analizados.

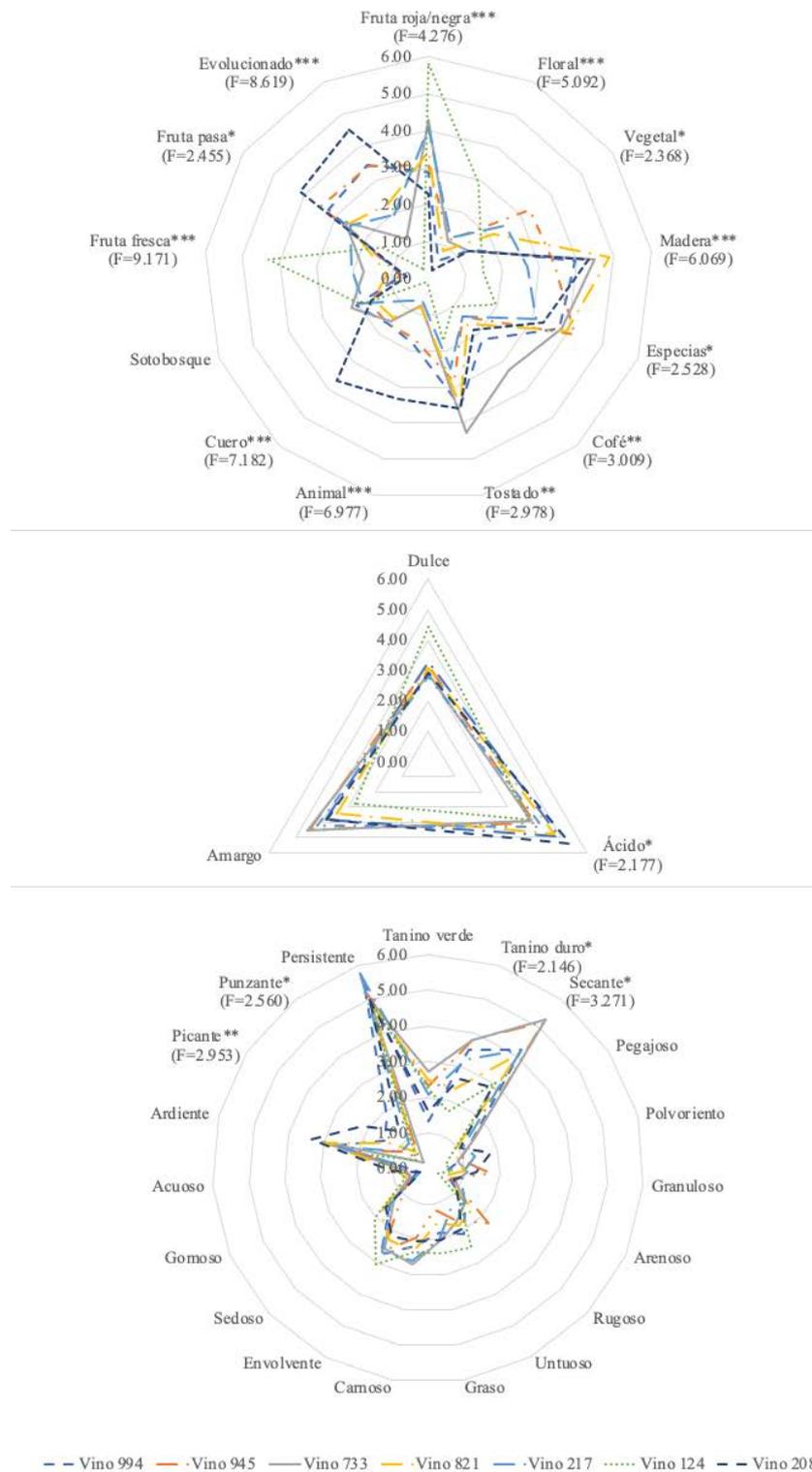


Figura 1.9 Descripción sensorial expresada como las medias de las puntuaciones de los atributos de aromas (A), sabores (B) y sensaciones táctiles en boca (C) del panel de expertos con sus significaciones (*p*-valor): **p* < 0.05; ***p* < 0.01; ****p* < 0.001.

Tabla 1.11. Puntuaciones medias de la evaluación de la calidad global de los siete vinos tintos ultrapremium del estudio.

Vino	Calidad (n=27)	SD
994	5.22	1.80
945	4.96	1.56
733	5.74	1.61
821	5.07	1.86
217	5.22	1.78
124	5.81	1.69
208	4.52	1.60
<i>p</i> -valor	0.004	

Notas: SD: desviación estándar de las evaluaciones de la calidad de los 27 expertos para cada vino.

1.3.2 Modelo causal mediante PLS-SEM

1.3.2.1 Test estadísticos previos al análisis causal

Antes de analizar los resultados del estudio, especialmente cuando se van a plantear relaciones causa-efecto, es obligado verificar que el conjunto de datos analizados no está afectado por el sesgo de la varianza común; en caso de darse, este sesgo implica que las estimaciones de las relaciones entre las variables independientes explicativas y las consecuencias o variables dependientes estarían sobreestimadas (Podsakoff et al., 2003).

Para verificar la posible existencia del mencionado sesgo se ha utilizado el test de Harman (Harman, 1967). Primero, se ha aplicado un análisis factorial exploratorio, que es adecuado siempre que el número de observaciones sea mayor de 100 (Hair et al., 2010). Segundo, se ha optado por el método de factorización de ejes principales porque (Beauducel, 2001; de Winter & Dodou, 2012):

a) el método de máxima verosimilitud no es adecuado en este caso dado que requiere un tamaño muestral superior a 500 observaciones y que se cumpla el supuesto de distribución normal multivariable, supuestos que no se dan en el presente estudio.

b) el método de factorización de ejes principales es idóneo cuando el número de observaciones es más reducido y sobre todo cuando las variables analizadas no se ajustan a una distribución normal multivariable.

Al aplicar el análisis factorial exploratorio mediante el método de factorización de ejes principales se ha aplicado el test de factor único de Harman: la proporción de varianza recogida por un único factor que resuma la totalidad de variables recogidas en el modelo causal propuesto supone un 15.739% del total. En definitiva, los resultados están lejos del valor crítico del 50% y, por tanto, podemos concluir que es muy poco probable que este modelo esté afectado por el sesgo de la varianza común.

Otro aspecto que considerar es la delimitación del poder estadístico del estudio realizado, es decir, calcular la probabilidad de que una prueba estadística rechace una hipótesis nula que sea falsa; en definitiva, verificar que el estudio está razonablemente libre de error tipo II. Para ello, hemos utilizado el software G*Power 3.1 (Erdfelder et al., 2009; Faul et al., 2007) junto con un tamaño de efecto medio, resultando un valor de 0.99. Este valor supera el valor mínimo propuesto por (Cohen, 1988) de 0.80. Por este nivel de potencia estadística permite asegurar que los resultados obtenidos en el presente estudio tienen un poder estadístico suficiente.

1.3.2.2 Planteamiento del modelo PLS-SEM

A continuación, se procede a describir el planteamiento realizado para implementación del modelo de ecuación estructural basado en varianza (PLS-SEM).

El PLS-SEM estima coeficiente que maximizan la varianza explicada de los constructos endógenos (variables dependientes), otorgando la capacidad predictora a esta técnica estadística. PLS-SEM permite a los investigadores incorporar variables no observables que son medidas indirectamente por medio variables observables o indicadores. En el modelo estructural, las variables que no se miden directamente, se les llama a constructos o variables latentes y las variables que se utilizan para medir un constructo, se les llama a indicadores o variables manifiestas. Las relaciones entre los constructos y entre los constructos y sus indicadores se muestran flechas de única dirección, estas flechas unidireccionales se consideran relaciones predictivas que se pueden interpretar como relaciones causales (Hair. et al., 2019, p. 37).

PLS-SEM se analizan y evalúan siguiendo un proceso sistemático, (Hair et al., 2017, p. 56) establecieron una metodología para realizar análisis en PLS. Generalmente, el proceso sistemático para la aplicación de PLS se divide en dos procesos de evaluación: la preevaluación y la evaluación de los modelos PLS (Martínez Ávila et al., 2018). En los procesos de la preevaluación se realizan la especificación del modelo estructural, la especificación de los modelos de medida y la estimación del modelo de PLS. Mientras que

en la evaluación de los modelos de PLS se realizan la evaluación del modelo de medida y la valoración del modelo estructural.

Un primer paso importante es diseñar el modelo teórico de la investigación que ilustre las hipótesis del estudio y que muestre las relaciones entre las variables que serán examinadas. Un modelo teórico de la investigación que es un nomograma (modelo *path*) que conecte los constructos basados en la teoría y en la lógica para mostrar visualmente las hipótesis que se probarán del estudio (Hair et al., 2017, p. 66). La **figura 1.10** muestra el modelo teórico y las hipótesis de la investigación del presente estudio. El modelo se compone de dos elementos: modelo estructural y modelo de medida.

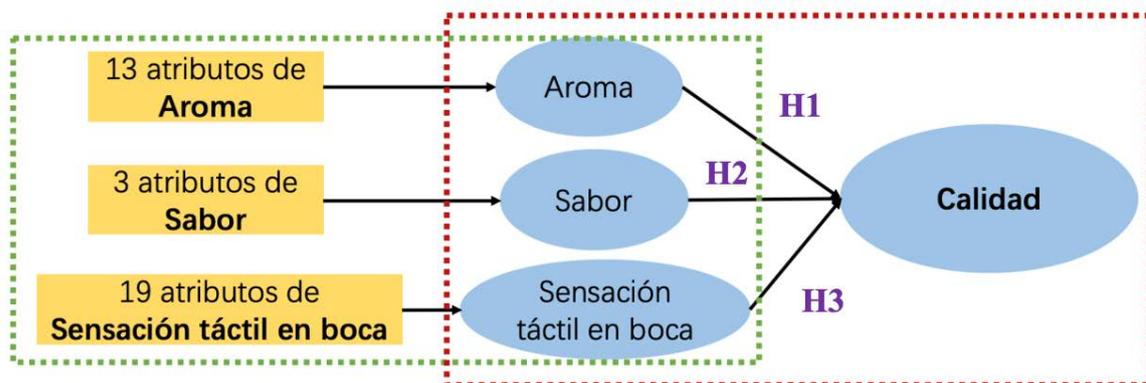


Figura 1.10 Modelo teórico de la investigación y las hipótesis planteadas.

El modelo estructural, en el que se analizan las relaciones entre los constructos. La secuencia de los constructos en el modelo estructural basado en la teoría o lógica observados de izquierda a derecha. Los constructos exógenos (variables predictoras/independientes) en la izquierda y los constructos endógenos (variables dependientes) en la derecha. Por tanto, la teoría y la lógica deben siempre determinar la

secuencia a los constructos en el modelo teórico de la investigación (Hair et al., 2017, pp. 36–39). En la **figura 1.10** se muestra las relaciones entre los constructos: Aroma, Sabor y Sensación táctil en boca y el constructo Calidad global. Las flechas apuntan desde los constructos Aroma, Sabor y Sensación táctil en boca hacia el constructo Calidad, indicando los constructos Aroma, Sabor y Sensación táctil en boca son variables independientes y el constructo Calidad es una variable dependiente. Es decir, este modelo predice la calidad global del vino por el aroma, el sabor y la sensación táctil en boca.

Una vez el modelo estructural está desarrollado, se pasa al segundo paso que se dedica a determinar cómo se miden los constructos. El modelo de medida que se analizan las relaciones entre los constructos y sus indicadores y se permite evaluar cómo se miden los constructos mediante los indicadores. Generalmente, hay dos formas diferentes para medir los constructos (variables no observables), un como medida formativa y otro como medida reflectiva (Hair et al., 2017, p. 38). Un modelo de medida formativa las flechas apuntan desde los indicadores al constructo, indicando una relación causal (predictiva): la variable latente es consecuencia o se forma a partir de los indicadores. En el modelo formativo, cada indicador representa una dimensión del significado del constructo, eliminar un indicador, significa que el constructo pierde parte de su significado dado que no estaría adecuadamente definido (validez facial o de contenido). Una característica importante de los indicadores formativos es que no son intercambiables, es decir, cada indicador de un constructo captura un aspecto específico del dominio del constructo. Por otro lado, un modelo de medida reflectivo, la dirección de las flechas va desde el constructo a los

indicadores, la relación causal va del constructo a los indicadores y un cambio en aquella será reflejado en todos sus indicadores, que sosteniendo la idea de que el constructo causa la medida de los indicadores, más exactamente, causa la covariación.

En el presente estudio, el modelo PLS-SEM para predecir la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles incluyó tres constructos exógenos (aroma, sabor y sensación táctil en boca) tal como se muestra en la *figura 1.10*. Se midieron estos constructos exógenos a partir de trece aromas, tres sabores y diecinueve sensaciones táctiles en boca, y fueron modelados siguiendo una lógica de un modelo de medida con indicadores formativos. Las flechas apuntan desde los indicadores (atributos sensoriales) hacia los constructos exógenos (aroma, sabor y sensación táctil en boca), donde los indicadores formativos influyen conjuntamente en el constructo y la evaluación del constructo proviene de forma conjunta de todos los indicadores analizados. Las valoraciones de los indicadores de estos tres constructos exógenos se realizaron por escala Likert de 0 a 10 puntos (0 = sin presencia a 10 = muy fuerte) en el análisis sensorial RATA. Con todo ello, los constructos exógenos del modelo PLS para predecir la calidad de los vinos del presente estudio fueron los siguientes:

- Aroma (constructo exógeno 1): como variable predictora, refiriéndose por tanto a las variables independientes. Esta variable latente se midió por los trece atributos aromáticos.

- Sabor (constructo exógeno 2): como variable predictora, este variable latente se midió por los tres atributos de los sabores.
- Sensación táctil en boca (constructo exógeno 3): como variable predictora, este variable latente se midió por los diecinueve atributos de las sensaciones táctiles en boca.

Tabla 1.12 Caracterización de los constructos del modelo.

Constructo	Definición	Referencia
Aroma	Se refiere a percepción olfativa, que resulta de la estimulación de los receptores olfativos en las mucosas nasales y la interpretación de esta información por un área especializada de la corteza cerebral. El aroma del vino es uno de los principales factores que contribuyen a la calidad y permite distinguir una variedad de vinos.	[1,2]
Sabor	El sabor es iniciado por neuronas receptoras especializadas ubicadas en las papilas gustativas. Generan al menos cinco sabores básicos: dulce, umami, amargo, ácido, salado. En presente estudio, se utilizaron los atributos (dulce, ácido y amargor) que son los que más relacionado con la evaluación de la calidad.	[3]
Sensación táctil en boca	La sensación en la boca se refiere a las sensaciones sápidas activadas por las terminaciones nerviosas libres del nervio trigémino. En el presente estudio, se evaluaron las sensaciones táctiles en boca especialmente para analizar los vinos tintos.	[3]
Calidad	Se refiere a la calidad intrínseca, enfocándose a las características organolépticas del vino.	[4]

Notas: Las definiciones de los constructos han sido tomados de las publicaciones: [1] (Ribéreau-Gayon, 2006); [2] (Rodríguez-Nogales et al., 2009); [3] (Jackson, 2008); [4] (Charters & Pettigrew, 2007).

Segundo, el constructo endógeno del modelo PLS del presente estudio: calidad del vino, fue medido de forma formativa por los tres constructos exógenos. La evaluación de la calidad global del vino fue el único constructo endógeno en el modelo PLS del presente estudio.

- Calidad global del vino (Constructo endógeno): como un variable dependiente que se representa por las variables observadas: Aroma, Sabor y Sensación táctil en boca.

Las definiciones de los constructos del modelo PLS establecido en el presente estudio se muestran en la *tabla 1.12* y los significados de los indicadores utilizados se muestran en la *tabla 1.13*.

Tabla 1.13 Caracterización de los indicadores utilizados en la medición de los constructos.

Indicador	Descripción	Referencia
Aroma		
Fruta roja/negra	Frutos rojos: Cereza, Fresa, Frambuesa, Grosella; Frutos negros (mora, grosella negra, arándano)	
Floral	Acacia, manzanilla, azahar, jazmín, lila, violeta, tila, rosa, madreSelva, geranio	
Fruta fresca	Fruto en estado no muy maduro	
Madera	Madera fresca, ahumada	
Espicias	Anís, regaliz, clavo, vainilla, nuez moscada, pimienta negra, canela, curry, enebro, tomillo, laurel, mentol	
Café	Café	
Tostado	Caramelo, Pan tostado	[1,2,3,4]
Animal	Almizcle, orina de gato, perro mojado, cuero, sudor, fumet de carne	
Cuero	Cuero fresco	
Sotobosque	Champiñones, Humus, Moho	
Vegetal	Alcachofa, espárragos, col, judías verdes, apio, aceitunas, pimiento morrón, hoja seca, pino, herbáceo, tabaco fresco	
Fruta pasa	Dátil seco, higo seco, ciruela pasa seca	
Evolucionado	Manzana, membrillo, miel, almendra amarga, fruta confitada, vinagre, coliflor	
Sabor		
Dulce	Sabor dulce (como sabor de 4g/L fructosa)	
Ácido	Sabor ácido (como sabor de 1.5 g/L ácido cítrico)	[5]
Amargor	Sabor amargo (como sabor de 1 g/L cafeína)	

Tabla 13. Continúo.

Indicador	Descripción	Referencia
Sensación táctil en boca		
Tanino verde	Efecto combinado de exceso de acidez y astringencia.	
Tanino duro	Efecto combinado de amargor y astringencia. Sensación abrasiva debido a partículas que rozan la superficie de la boca	
Secante	Sensaciones de falta de lubricación o desecación en la boca.	
Pegajoso	sensación de que las superficies de la boca se pegan o adhieren entre sí, pero pueden separarse unas de otras con una ligera presión.	
Polvoriento	Sensación en boca como arpillera y tiza blanca triturada	
Granuloso	Sensación de partículas que rozan las superficies de la boca a través del movimiento	
Arenoso	Textura asociada con la materia de grano grueso	
Rugoso	Irregularidades o protuberancias que se sienten en la boca, no suave.	
Untuoso	Graso y pegajoso	
Graso	Sensación de grasa en la boca, saburra bucal, sensación de grasa persistente.	[6,7,8,9,10]
Carnoso	Alta concentración de flavor con suavidad.	
Evolvente	Recubrimiento que se adhiere a la superficie de la boca y que cae de la superficie de la boca con el tiempo.	
Sedoso	Textura asociada a la seda	
Gomoso	Que tiene goma o se parece a ella	
Acuoso	Poco cuerpo, viscosidad y flavor.	
Ardiente	Sensación de ardor en la cavidad bucal (etanol en agua al 15%)	
Picante	Un alto grado de calidez	
Punzante	Una irritación grave caracterizada por la exposición al ácido acético.	
Persistente	Larga duración, largo tiempo total desde el inicio hasta el final de la prueba	

Notas: Las definiciones de los constructos han sido tomados de las publicaciones: [1] (Lattey et al., 2010); [2] (Sáenz-Navajas et al., 2011); [3] (Sáenz-Navajas et al., 2012); [4] (San-Juan et al., 2011); [5] (Sokolowsky & Fischer, 2012); [6] (Crump et al., 2015); [7] (Gawel et al., 2000); [8] (Gawel et al., 2014); [9] (Niimi et al., 2018); [10] (Vidal et al., 2017).

1.3.2.3 Resultados estadísticos del modelo PLS-SEM

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos al aplicar la metodología PLS-SEM. No obstante, antes de su análisis, es preciso explicar dos procesos estadísticos que se aplicaron en el análisis de los datos en PLS-SEM.

Para estimar la significación de los diversos coeficientes obtenidos, se ha procedido a realizar un procedimiento de *bootstrapping* o de remuestreo, generando un elevado número submuestras aleatorias de igual tamaño que la original. Las diversas submuestras se generan con observaciones extraídas aleatoriamente del conjunto de datos original (con reposición); para garantizar la estabilidad de los resultados, se recomienda que el número de submuestras sean elevado, proponiéndose 5000 submuestras como una cantidad adecuada (Hair. et al., 2019, p. 193). Dado que la técnica PLS-SEM no presupone que los datos hayan de seguir una distribución normal, la citada metodología se apoya en un procedimiento de *bootstrap* no paramétrico para testar la significación de los coeficientes (Davison & Hinkley, 1997; Efron & Tibshirani, 1986).

Además, para analizar la relevancia predictiva del modelo propuesto se ha aplicado un procedimiento de *blindfolding* con una distancia de omisión de 7, según las directrices indicadas en (Hair. et al., 2019, p. 263). Esto significa que uno de cada siete datos del constructo objetivo ha sido eliminados en cada ronda del procedimiento de *blindfolding* a fin de que el algoritmo estime y prediga cada dato de los indicadores utilizados en el modelo de medida de las variables latentes. El objetivo último de este procedimiento es estimar el valor Q^2 de Stone-Geisser (Geisser, 1974; Stone, 1974) que, en caso de ser positivo, significa que el modelo propuesto tiene relevancia predictiva, es decir tiene poder predictivo fuera de la muestra o relevancia predictiva (Hair. et al., 2019, p. 246). La literatura mencionó permite distancias de omisión entre 5 y 12, siempre que el tamaño

muestral no sea múltiplo entero de la citada distancia, y cuanto menor sea la distancia de omisión más exigente es el proceso de evaluación de la relevancia predictiva del modelo.

La exposición de los resultados obtenidos del PLS-SEM tiene la siguiente estructura. Antes de contrastar las hipótesis planteadas se realizó la evaluación de la fiabilidad y validez de las escalas de medida utilizadas (modelo de medida). Luego, se evaluó los resultados del modelo estructural, los cuales permiten contrastar las hipótesis de la investigación.

1.3.2.3.1 Modelo de medida

La evaluación del modelo de medida se centra en el análisis de fiabilidad y validez de las escalas de medida de los constructos.

El primer aspecto para considerar es el análisis de la validez de contenido de los constructos. (Hair. et al., 2019, p. 179) indicaron que antes de evaluar empíricamente los constructos del modelo PLS medidos por indicadores de modo formativo, se debe establecer la validez de contenido que se refiere al grado en el que las medidas utilizadas refleja teóricamente concepto estudiado. Evaluar la validez de contenido con fin de saber si la medida recoge los diferentes aspectos o facetas del fenómeno que se mide y mediante revisar la literatura, concreta la definición conceptual de lo que se va a medir y qué es objeto de la medida (Sánchez & Sarabia, 1999, p. 382). No puede considerarse válido un modelo si las variables que lo componen no miden correctamente el contenido a evaluar.

La evaluación de la validez de contenido del modelo PLS, se centra en asegurarse que los indicadores del modo formativo capturen todas las facetas o al menos las más importantes del constructo, además, se debe establecer claramente el dominio del contenido que los distintos indicadores pretenden medir (Hair. et al., 2019, p. 179).

Primero, tenemos que determinar las relaciones empíricas entre los constructos estimados son consistentes con la teoría. Por la revisión de la literatura, se observó que los aromas, sabores y sensaciones táctiles en boca son los factores sensoriales relevantes en la evaluación de la calidad de los vinos tintos.

Los aromas tienen importancia en la evaluación de la calidad de los vinos tintos. Autores, (Ferreira et al., 2009; Sáenz-Navajas et al., 2010, 2011, 2012) analizaron vinos tintos de alta calidad (premium) y mostraron que los aromas como fruta dulce, fruta roja/negra, especias, vainilla, mentol fresco, café y cuero tuvieron influencias en sus evaluaciones de la calidad. Varios trabajos (Gonzaga et al., 2019; Hopper et al., 2015; Hopper & Heymann, 2014; Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2016) analizaron vinos tintos envejecidos y indicaron que los aromas como floral, miel, caramelo, chocolate, fruta roja/negra, fruta pasa, especias, café, cuero, madera, coco, animal, vegetal y evolucionado tuvieron importancias en sus evaluaciones de la calidad. Además, autores (Niimi et al., 2018; Varela & Gámbaro, 2006) analizaron los vinos tintos jóvenes y señalaron que los aromas como fruta roja/negra, fruta pasa, café, levadura, tostado y terroso estaba asociados con la evaluación de la calidad. Con todo ello, se puede observar una elevada correlación entre los aromas y la evaluación de la calidad de los vinos tintos y hay muchos atributos

aromáticos estudiados, naturalmente, las importancias de los aromas en la evaluación de la calidad dependen de los vinos estudiados.

Los sabores también tienen importancia en la evaluación de la calidad del vino tinto. (Sáenz-Navajas et al., 2011) analizaron vinos tintos premium españoles y observaron que el sabor ácido tuvo influencia en la evaluación de la calidad de estos vinos. Autores, (Lattey et al., 2010) analizaron vinos tintos envejecidos australianos y mostraron que el sabor dulce tuvo influencia en la evaluación de la calidad. Además, (Gonzaga et al., 2019) analizaron los vinos envejecidos australianos de Cabernet Sauvignon y relevaron una correlación entre el sabor amargo y la evaluación de la calidad de estos vinos.

Además de aroma y sabor, las sensaciones táctiles en boca también son importantes en la evaluación de la calidad de los vinos tintos. Autores, (Sáenz-Navajas et al., 2011) analizaron los vinos tintos premium españoles y destacaron la importancia de la astringencia en la evaluación de la calidad. Autores, (Gonzaga et al., 2019; Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2016) analizaron los vinos tintos envejecidos y observaron que las sensaciones táctiles en boca como persistente, envolvente, astringencia, secante, pegajoso, picante rugoso tuvieron influencias en la evaluación de la calidad de los vinos estudiados. Además, (Sáenz-Navajas et al., 2016) indicaron que los atributos tradicionales de sensación táctil en boca como astringencia no son suficientes para comprender la calidad de percepción en boca, por lo tanto, se debe ampliar los descriptores de las sensaciones táctiles en boca para que se pueda mejorar tanto la descripción de los vinos como la evaluación de la calidad.

Por estas referencias consultadas, se puede establecer la secuencia de los constructos del modelo teórico y las relaciones entre los mismos que son los tres constructos exógenos: aroma, sabor y sensación táctiles causan al constructo endógeno: la evaluación de la calidad del vino. Además, se ha asegurado la pertinencia y la suficiencia de los tres constructos en la medida de la calidad del vino.

Después de determinar las relaciones entre los constructos son consistentes con la teoría, nos toca evaluar la validez del contenido de las relaciones entre los indicadores (medidas observables) y su correspondiente constructo (variables no observables directamente). Para ello, se base en la justificación de que los indicadores para medir un constructo sean representativos del contenido que se quiere evaluar. En el caso del modelo PLS con los indicadores formativos, la validez de contenido apunta a la representatividad de los indicadores seleccionados respecto al universo de todos los posibles, así como a la meticulosidad del procedimiento empleado para establecer el modelo de medida (Muñoz-Marrón, 2019), además, se debe asegurarse los diferentes indicadores que miden un constructo concreto están midiendo realmente lo mismo.

El modelo PLS establecido del presente estudio contiene tres constructos exógenos: aroma, sabor y sensación táctil en boca, cada uno de ellos se mide mediante una serie de indicadores. En el caso de aroma, la *tabla 1.14* muestra qué son los indicadores estadísticos o atributos sensoriales utilizados para medir el constructo aroma. En análisis sensorial con método RATA, se preguntó al panel trece atributos aromáticos que suelen utilizar en la

evaluación de la calidad de los vinos tintos (Sáenz-Navajas et al., 2011, 2012) y se evaluó con escalas de Likert de 0 a 10 puntos.

Tabla 1.14 Medición del constructo aroma: atributos sensoriales utilizados.

Constructo exógeno	Tipo de medida	Atributo sensorial		Referencia
Aroma	Formativo	Fruta roja/negra	Animal	(Sáenz-Navajas et al., 2011, 2012)
		Floral	Cuero	
		Fruta fresca	Sotobosque	
		Madera	Vegetal	
		Espicias	Fruta pasa	
		Café	Evolucionado	
		Tostado		

En el caso de sabor, se preguntó a los panelistas tres sabores: dulce, ácido y amargor, que mencionaron en previos estudios que están más relacionados con la evaluación de la calidad de los vinos (Gonzaga et al., 2019; Hopfer et al., 2015; Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2016). Para medir el constructo sabor, se seleccionaron estos tres sabores porque tanto el sabor salado como el umami no juegan un papel relevante en impacto sensorial en los vinos (Hufnagel & Hofmann, 2008; Lopez et al., 2007). En la **tabla 1.15** muestra los indicadores estadísticos utilizados para la medición del constructo sabor.

Tabla 1.15. Medición del constructo sabor: atributos sensoriales utilizados.

Constructo exógeno	Tipo de medida	Atributo sensorial	Referencia
Sabor	Formativo	Dulce	(Gonzaga et al., 2019; Hopfer et al., 2015; Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2016)
		Ácido	
		Amargor	

En el caso de la Sensación táctil en boca, se preguntó a los panelistas diecinueve sensaciones, tal como muestra en la *tabla 1.16*. Se preguntó tantos atributos de las sensaciones táctiles en boca porque el estudio (Sáenz-Navajas et al., 2016) indicó que los atributos tradicionales de sensación táctil en boca como astringencia no son suficientes para comprender la calidad de percepción en boca. Las diecinueve sensaciones utilizadas para medir el constructo sensación táctil en boca vinieron del estudio de (Sáenz-Navajas et al., 2017) que fueron las sensaciones especialmente para describir vinos tintos.

Tabla 1.16 Medición del constructo sensación táctil en boca: atributos sensoriales utilizados.

Constructo exógeno	Tipo de medida	Atributo sensorial		Referencia
Sensación táctil en boca	Formativo	Tanino verde	Carnoso	(Sáenz-Navajas et al., 2017)
		Tanino duro	Evolvente	
		Secante	Sedoso	
		Pegajoso	Gomoso	
		Polvoriento	Acuoso	
		Granuloso	Ardiente	
		Arenoso	Picante	
		Rugoso	Punzante	
		Untuoso	Persistente	
		Graso		

Con todo ello, se puede asumir la existencia de la validez de contenido de todos los constructos incluidos en el modelo PLS del presente estudio.

En relación con los constructos medidos por indicadores formativos, la valoración del modelo de medida se centra en examinar la colinealidad existente entre los indicadores (atributos sensoriales) y la significación estadística y relevancia de los indicadores formativos.

En primer lugar, se debe verificar que no haya colinealidad entre los indicadores de cada constructo para lo cual el Factor de inflación de la varianza (VIF) debe ser inferior a 5 para los indicadores de cada constructo (Hair et al., 2011). Además, también se puede calcular la tolerancia que representa la cantidad de varianza de un indicador formativo no explicada por los otros indicadores presentes en el mismo bloque que se debe ser inferior a 0.2 (Hair. et al., 2019, p. 183). Ambos criterios se cumplen sobradamente, tal como se puede observar en la *tabla 1.17*.

En segundo lugar, se verificó la relevancia relativa de cada indicador a través de sus pesos de los indicadores, cuando los citados pesos son significativos se considera que existe relevancia de cada indicador (Hair Jr. Et al., 2019, p. 189). Los pesos indican la contribución relativa de cada indicador al constructo. Un indicador que tiene peso significativo sugiere que dicho indicador es relevante para la construcción del correspondiente constructo. En la *tabla 1.17* se muestra los valores de los pesos de los indicadores del modelo.

En el caso de Aroma, *fruta roja/negra, especia, café* y *cuero* tuvieron pesos externos estadísticamente significativos ($p < 0.05$), lo cual indica que estos cuatro aromas contribuyeron realmente a formar el constructo Aroma y tuvieron importancias relativas. Otros aromas evaluados: *floral, fruta fresca, madera, tostado, animal, sotobosque, vegetal, fruta pasa* y *evolucionado*, tuvieron pesos externos no significativos ($p > 0.05$), por lo que estos nueve aromas no tuvieron importancias relativas en la formación del constructo Aroma.

Tabla 1.17 Fiabilidad y validez convergente del modelo de medida de PLS-SEM

Constructo	Indicador	VIF	TOL	Peso	p-valor	Carga	p-valor
Aroma	Fruta roja/negra	1.686	0.593	0.487**	0.000	0.785**	0.000
	Floral	1.424	0.702	0.045	0.645	0.358**	0.000
	Fruta fresca	1.789	0.559	0.155	0.167	0.417**	0.000
	Madera	1.768	0.566	0.110	0.311	0.346**	0.000
	Especias	1.504	0.665	0.344**	0.001	0.481**	0.000
	Café	1.789	0.559	0.320**	0.004	0.481**	0.000
	Tostado	2.013	0.497	0.075	0.524	0.400**	0.000
	Animal	2.025	0.494	0.032	0.783	-0.386**	0.000
	Cuero	2.223	0.450	-0.371**	0.003	-0.317**	0.001
	Sotobosque	1.354	0.739	0.002	0.986	0.363**	0.000
	Vegetal	1.115	0.897	-0.028	0.734	0.077	0.477
	Fruta pasa	1.554	0.644	-0.027	0.790	0.042	0.693
	Evolucionado	1.705	0.587	-0.134	0.176	-0.352**	0.000
	Sabor	Dulce	1.097	0.912	0.916	0.206	0.977
Ácido		1.056	0.947	-0.197	0.544	-0.408	0.369
Amargor		1.058	0.945	-0.078	0.788	-0.306	0.445
Sensación táctil en boca	Tanino verde	1.330	0.752	-0.065	0.418	-0.219**	0.010
	Tanino duro	1.582	0.632	0.128	0.214	0.015	0.872
	Secante	1.766	0.566	-0.041	0.680	-0.127	0.166
	Pegajoso	1.972	0.507	-0.052	0.555	-0.080	0.340
	Polvoriento	1.719	0.582	-0.210**	0.030	-0.216**	0.016
	Granuloso	1.402	0.713	-0.003	0.972	-0.119	0.167
	Arenoso	1.536	0.651	0.010	0.917	-0.092	0.208
	Rugoso	1.409	0.710	0.021	0.824	0.086	0.410
	Untuoso	2.883	0.347	0.117	0.345	0.664**	0.000
	Graso	2.104	0.475	0.141	0.166	0.568**	0.000
	Carnoso	2.677	0.374	-0.031	0.804	0.687**	0.000
	Evolvente	2.986	0.335	0.649**	0.000	0.871**	0.000
	Sedoso	2.759	0.362	0.080	0.492	0.594**	0.000
	Gomoso	1.687	0.593	-0.147	0.111	-0.060	0.554
	Acuoso	1.299	0.770	-0.164**	0.042	-0.331**	0.001
	Ardiente	1.409	0.710	-0.180*	0.052	-0.018	0.858
	Picante	1.801	0.555	0.031	0.738	0.040	0.688
Punzante	1.653	0.605	-0.090	0.267	0.013	0.896	
Persistente	1.957	0.511	0.213*	0.072	0.528**	0.000	

Notas: VIF: factor de inflación de la varianza. TOL: tolerancia. Los p-valores de los pesos y cargas en negrita indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas (* $p < 0.075$; ** $p < 0.05$).

En el caso de Sabor, resultó que ningún de los 3 sabores evaluados (*dulce, ácido y amargor*) tuvieron pesos externos estadísticamente significativos ($p > 0.05$), indica que estos tres sabores no tuvieron importancias relativas en la contribución del constructo Sabor.

Respecto a la Sensación táctil en boca, se observó que las sensaciones *polvoriento, evolvente, acuoso y ardiente* tuvieron pesos externos estadísticamente significativos ($p \leq 0.05$), indica que estas cuatro sensaciones tuvieron importancias relativas en la contribución del constructo Sensación táctil en boca. Y las otras quince sensaciones evaluadas: tanino verde, tanino duro, secante, pegajoso, granuloso, arenoso, rugoso, untuoso, graso, carnosos, sedoso, gomoso, picante, punzante y persistente, no tuvieron pesos externos estadísticamente significativos ($p > 0.05$), indican que estas sensaciones no tuvieron importancias relativas en la contribución del constructo Sensación táctil en boca.

A continuación, para los indicadores con pesos no significativos se evaluaron las contribuciones absolutas (cargas externas) que hacen a sus correspondientes constructos.

Las cargas son las correlaciones entre los indicadores y sus correspondientes constructos formativos, representan la contribución absoluta que un indicador hace a su constructo sin considerar a los otros indicadores (Hair Jr. Et al., 2019, p. 189). En la **tabla 1.17** se muestran los valores de las cargas externas de los indicadores del modelo de la calidad del vino. Cuando el peso de un indicador no es significativo pero su carga es alta (≥ 0.5) o estadísticamente significativa, el indicador debe interpretarse como absolutamente importante, aunque no como relativamente importante (Hair Jr. Et al., 2019, p. 191).

En el caso del Aroma, observamos que once de los trece aromas tuvieron cargas estadísticamente significativas ($p < 0.05$), indicando que la mayoría de los aromas evaluados tuvieron importancias absolutas en la contribución del constructo Aroma, excepto los aromas *vegetal* y *fruta pasa*. Además, según las recomendaciones de analizar datos en PLS, cuando un indicador tiene un peso y una carga no estadísticamente significativo, se debe examinar su relevancia teórica. Según los resultados de descripción sensorial (*Anexo III*), se observó que los panelistas sí se detectaron los aromas de *vegetal* y *fruta pasa* en los vinos del estudio, para no se pierdan las informaciones de los indicadores causales en el modelo de medida formativo, decidimos no eliminar estos dos aromas en el modelo de la calidad del vino. Aunque con los resultados obtenidos, los aromas de *vegetal* y *fruta pasa* no tuvieron importancia relativa ni absoluta en la contribución del constructo Aroma en el modelo de la calidad de estos vinos.

En el caso del Sabor, los tres sabores tuvieron cargas externas no estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Sin embargo, el indicador *dulce* tuvo un valor de carga externa alto: 0.977, fue por encima de 0.5, según las recomendaciones de analizar los datos del PLS, se consideró que los valores de cargas externas por encima de 0.5 son alto (Hair Jr. Et al., 2019, p. 191). Este resultado sugiere que el sabor *dulce* tuvo una importancia absoluta en la contribución del constructo Sabor en el modelo de la calidad del vino, aunque no lo tuvo una importancia relativa. Respecto a los sabores *ácido* y *amargor*, presentaron valores de cargas relativamente bajos, y por debajo de 0.5. Además, el valor de carga del sabor *ácido* se encuentra próximo a 0.5 y es mayor que el valor de carga del sabor *amargo*.

Respecto a la Sensación táctil en boca, nueve de las diecinueve sensaciones evaluadas tuvieron cargas externas estadísticamente significativas ($p < 0.05$), lo cual indica que estas nueve sensaciones (*tanino verde, polvoriento, untuoso, graso, carnosos, envolvente, acuoso, ardiente y persistente*) tuvieron importancia absoluta en la contribución del constructo de Sensación táctil en boca en el modelo de la calidad del vino. Junto con los resultados de la valoración de los pesos externos, las tres sensaciones: polvoriento, envolvente y acuoso tuvieron tanto importancia relativa como absoluta en la contribución del constructo de Sensación táctil en boca. Las otras seis sensaciones: *tanino verde, untuoso, graso, carnosos, sedoso y persistente* sólo tuvieron importancia absoluta. Las nueve restantes sensaciones táctiles evaluadas (*tanino duro, secante, pegajoso, granuloso, arenoso, rugoso, gomoso, picante y punzante*) no tuvieron importancia relativa ni absoluta en la contribución del constructo de Sensación táctil en boca en el presente modelo.

La sensación *ardiente* tuvo una carga externa estadísticamente no significativa ($p > 0.05$) y el valor de la carga fue pequeño, pero su peso externo tuvo un p valor cerca del 0.05. Este resultado destacó la importancia de la sensación *ardiente* en la interacción de las sensaciones táctiles en boca, porque si se consideraban todas, las diecinueve sensaciones evaluadas, sí se observa la importancia relativa de esta sensación, pero en la correlación individual, esta sensación no presenta su importancia absoluta. Por supuesto, esta observación necesitará más investigación para comprobarla.

Se decidió mantener todas las diecinueve sensaciones evaluadas en el modelo de la calidad del vino por las siguientes razones: primero, según los resultados de descripción

sensorial (*Anexo I*), se observó que en los vinos del estudio sí parecen estas sensaciones táctiles, aunque no se detectaron en todos los vinos. Segundo, las sensaciones táctiles evaluadas en el presente estudio se consideraron de estudios previos que se desarrollaron para el estudio de las sensaciones táctiles de vinos tintos (Sáenz-Navajas et al., 2017). Tercero, se evaluó que entre los atributos sensoriales no existiera multicolinealidad. Aún no hay una teoría clara de las interacciones de las sensaciones táctiles en boca, para no perder la información de cada uno de los indicadores formativos, se decidió mantener en el modelo todas las sensaciones táctiles evaluadas.

A la vista de todo lo expuesto, se puede concluir que todos los indicadores de las diferentes variables latentes utilizadas en el modelo cumplen razonablemente con los requisitos de fiabilidad y validez exigibles.

1.3.2.3.2 Modelo estructural

Para valorar los resultados del modelo estructural resultante, se ha organizado la información en tres partes. Primero, realizar una valoración global del citado modelo. Segundo, evaluar los coeficientes *path* en el modelo estructural. Tercero, realizar un análisis de la relevancia de los efectos obtenidos.

En primer lugar, la medida más comúnmente utilizada para valorar globalmente el modelo estructural es el coeficiente de determinación del constructo endógeno (estadístico R^2), que representa los efectos combinados de los constructos exógenos (aroma, sabor y sensación táctil en boca) sobre el constructo endógeno (calidad global del vino). Dado que

se estima como el cuadrado de la correlación de los valores reales y de los valores predichos, en las metodologías PLS-SEM representa una medida de poder predictivo en la muestra (Hair. et al., 2019, p. 243; Rigdon, 2012; Sarstedt et al., 2014). El requisito mínimo exigido es que simultáneamente todos los coeficientes de determinación presentes en el modelo estructural deben ser mayores que 0.10 (Falk & Miller, 1992). Adicionalmente, se utiliza como regla práctica que los valores de 0.75, 0.50 y 0.25 actúen como umbrales para considerar que los efectos se puedan considerar como importantes, moderados o débiles (Hair et al., 2011; Hair. et al., 2019, p. 243).

El valor R^2 obtenido en el modelo PLS del presente estudio fue 0.631 (**Tabla 1.18**). De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que el modelo PLS establecido tuvo una capacidad predictiva (dentro de la muestra) entre moderada y alta para la evaluación global de la calidad de los vinos analizados, este modelo tiene un poder predictivo del 63.1%.

Tabla 1.18 Ajustes del modelo estructural del modelo PLS-SEM

Constructo	R^2 ajustado	Q^2 de Stone-Geisser
Calidad	0.631	0.519

La valoración global del modelo estructural debe ser completada mediante el estadístico Q^2 de Stone-Geisser, que es un indicador del poder predictivo del modelo fuera de la muestra, también denominado relevancia predictiva. Si un modelo PLS-SEM muestra relevancia predictiva significa que predice con precisión los datos no utilizados en la estimación del modelo (Hair. et al., 2019, p. 246). Como regla práctica (Hair et al., 2019)

han propuesto que valores del estadístico Q^2 superiores a cero, 0.25 y 0.50 muestran respectivamente situaciones de baja, media y elevada relevancia predictiva.

Tal como se puede observar en la **tabla 1.18**, el valor Q^2 obtenido fue 0.519, por tanto, se pudo concluir que el modelo PLS establecido tuvo la relevancia predictiva con un efecto alto.

En el segundo lugar, la evaluación del modelo estructural consiste en el estudio de los coeficientes *path* o β , que permitirán contrastar las hipótesis planteadas. Dichos coeficientes y su significatividad han sido recogidos en la **tabla 1.19**. Para comprender los resultados de PLS-SEM de manera más intuitiva, la **figura 1.11** muestra el nomograma del modelo PLS con los resultados obtenidos.

Tabla 1.19 Coeficiente *path* del modelo PLS-SEM

	Coeficiente <i>path</i>	<i>p</i> -valor
Aroma -> Calidad	0.378	0.000
Sabor -> Calidad	-0.018	0.684
Sensación táctil en boca -> Calidad	0.518	0.000

El valor del coeficiente *path*, su signo, y la significación estadística se emplearon como base para evaluar las hipótesis de la investigación. Primero, se puede observar que los constructos de aroma y de sensación táctil en boca ejercen efectos estadísticamente significativos sobre la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles, sin embargo, el constructo sabor no ejerce un efecto estadísticamente significativo.

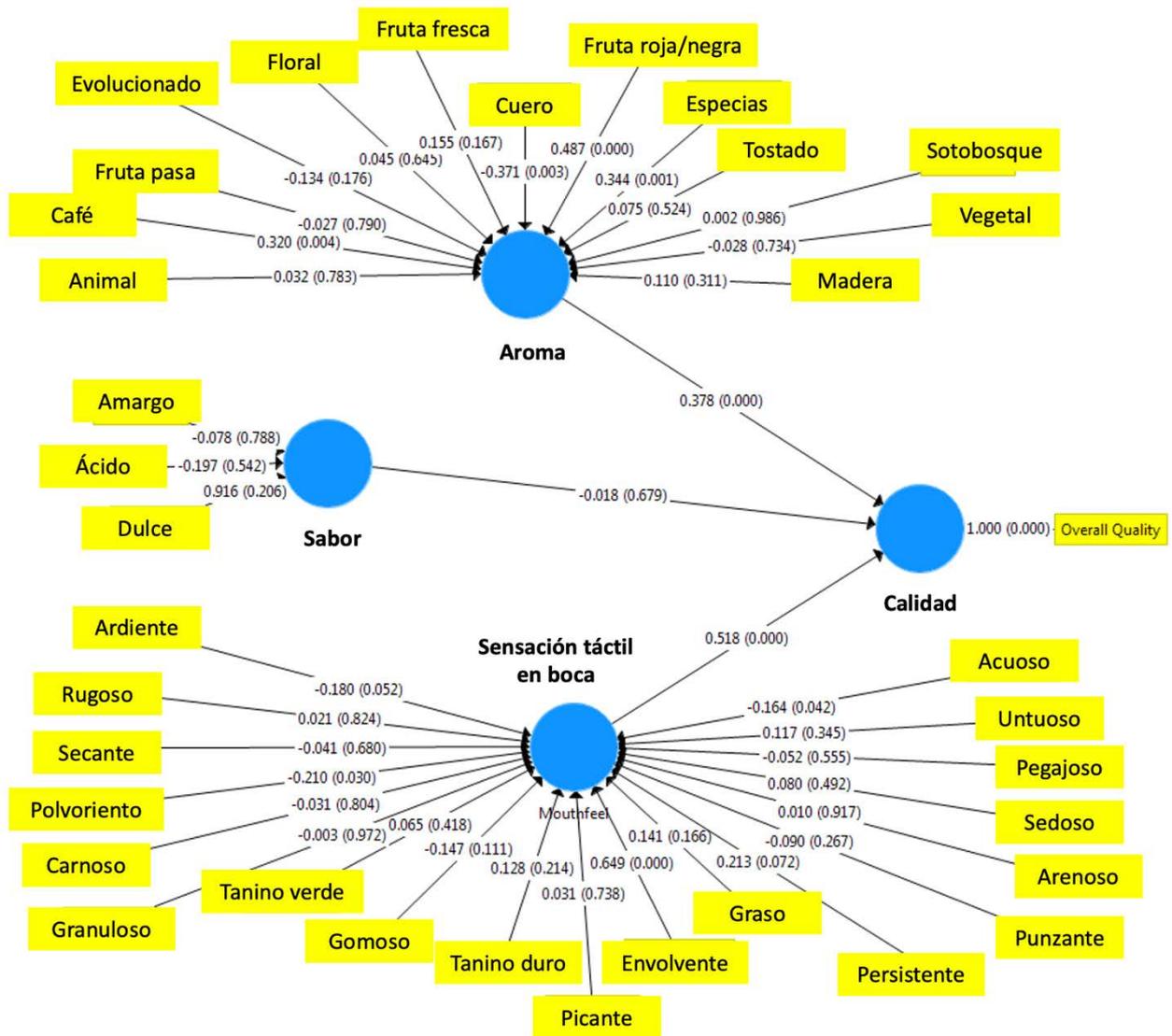


Figura 11. Nomograma del modelo PLS-SEM para predecir la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles.

Segundo, se observó que el constructo sensación táctil en boca fue más importante para predecir la calidad del vino (+ 0.518), seguido fue el constructo aroma (+ 0.378). Tercero, respecto al signo, tanto la sensación táctil en boca como el aroma representan una relación positiva con el constructo endógeno de la calidad del vino.

A la vista de los resultados obtenidos del coeficiente *path*, se puede contrastar las relaciones hipotetizadas entre los constructos. Si el coeficiente *path* entre dos constructos es estadísticamente significativo, se soporta la hipótesis, si no es significativo, no se soporta. En el presente estudio, tenemos las hipótesis sin signo, aplicamos una prueba *bootstrap* de 5000 muestras, y se usó la distribución de *t* de Student de dos colas (Hair. et al., 2019, pp. 191–200). En la **tabla 1.20** se muestra un resumen de la valoración de las hipótesis planteadas en el presente estudio. Las hipótesis H1 y H3 fueron soportadas ya que sus niveles de significación se encuentran por debajo del umbral recomendado ($p < 0.05$). Sin embargo, la hipótesis H2 no queda soportada.

Tabla 1.20 Contraste de hipótesis del modelo PLS-SEM.

Hipótesis planteada	Coeficiente <i>path</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	Intervalos de confianza		Soportada
				2.50%	97.50%	
H1: Aroma tiene una influencia en la evaluación global de la calidad.	0.378	0.000	6.654	0.266	0.490	Sí
H2: Sabor tiene una influencia en la evaluación global de la calidad.	-0.018	0.683	0.406	-0.093	0.086	No
H3: Sensación táctil en boca tiene una influencia en la evaluación global de la calidad.	0.518	0.000	8.819	0.415	0.648	Sí

En tercer lugar, el último aspecto que considerar en la evaluación del modelo estructural fue el análisis del tamaño de los efectos, lo cual se mide mediante el estadístico f^2 . El mencionado estadístico refleja el cambio que se produce en el valor de R^2 de un constructo endógeno cuando se omite un determinado constructo exógeno; por tanto, este

estadístico analiza si cada causa planteada en el modelo tiene (o no) un impacto sustancial sobre los constructos endógenos. Las directrices generales para la valoración de f^2 sugieren que valores de 0.02, 0.15 y 0.35 representan efectos tamaños pequeños, medianos o grandes respectivamente (Cohen, 1988; Hair. et al., 2019, p. 245).

En la **tabla 1.21** se muestra la valoración de f^2 de los constructos exógenos. A la vista de los resultados obtenidos se puede afirmar que la sensación táctil en boca tiene un impacto sustancial sobre la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles y que, además, el tamaño de su efecto se califique como muy elevado (0.440). Además, el aroma ejerce un efecto menor que la sensación táctil en boca y que, su tamaño de efecto se califique como entre mediano y alto. Sin embargo, se puede observar que el sabor en la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles ejerce un efecto casi nulo.

Tabla 1.21 Tamaño del efecto de los constructos exógenos del modelo PLS-SEM

Constructo exógeno	Tamaño de efecto (f^2)
	Constructo endógeno
	Calidad
Aroma	0.249
Sabor	0.001
Sensación táctil en boca	0.440

En conjunto, los resultados del modelo estructural muestran que el modelo PLS establecido tuvo la capacidad satisfecha tanto para explicar como para predecir la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles. Además, la sensación táctil en boca fue el factor sensorial más importante en la evaluación de los vinos tintos

ultrapremium españoles, seguido aroma. El sabor en este caso tuvo un efecto insignificante. Se dividió el coeficiente *path* de la sensación táctil en boca (+ 0.518) y el del aroma (+ 0.378), resultó que la sensación táctil en boca influyó 1.37 veces más en la evaluación de la calidad que el aroma.

Por otro lado, combinado con los resultados de las relaciones obtenidas entre los indicadores (atributos sensoriales) con sus correspondientes constructos exógenos (aroma, sabor y sensación táctil en boca), se puede concluir cuáles son los atributos sensoriales claves en la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremim españoles. Los valores de las ponderaciones de cada uno de los atributos sensoriales se calcularon por su valor de peso multiplicar por el coeficiente *path* entre su constructo exógeno y el constructo endógeno. Así, se puede presentar los resultados de cómo los atributos sensoriales influyen en la evaluación de la calidad en forma de ecuación:

$$\text{Calidad intrínseca} = 0.336 \text{ Envolverte} + 0.184 \text{ Fruta roja/negra} - 0.140 \text{ Cuero} + 0.130 \text{ Especias} + 0.121 \text{ Café} + 0.110 \text{ Persistente} - 0.109 \text{ Polvoriento} - 0.093 \text{ Ardiente} - 0.085 \text{ Acuoso}$$

Por la ecuación, observamos fácilmente que la sensación envolvente fue el atributo sensorial más importante en la evaluación de la calidad y esta sensación tuvo una influencia positiva. Seguido de los aromas de *fruta roja y negra*, *cuero*, *especias* y *café*. En ellos, los aromas de *fruta roja y negra*, *especias* y *café* tuvieron influencias positivas en la evaluación de la calidad y el aroma de *cuero* tuvo una influencia negativa. Por último, las sensaciones de *persistente*, *polvoriento*, *ardiente* y *acuoso* tuvieron menos influencias que los aromas.

En ellos, la sensación *persistente* tuvo una influencia positiva en la evaluación de la calidad y las sensaciones de *polvoriento*, *ardiente* y *acuoso* tuvieron influencias negativas.

1.4 DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó cómo los factores sensoriales (aroma, sabor y sensación táctil en boca) influyen en la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles. El modelo PLS-SEM construido para predecir la calidad del vino resultó tener un poder aceptable tanto en la explicación de la calidad como en la predicción de la calidad. Los resultados del modelo PLS-SEM revelaron que los aromas de *fruta roja/negra*, *cuero*, *especias*, *café* y las sensaciones táctiles de *envolvente*, *persistente*, *polvoriento*, *ardiente* y *acuoso*, fueron las características organolépticas más relevantes en la evaluación de la calidad del vino. Además, se observó que la sensación táctil en boca fue el factor sensorial con mayor importancia en la evaluación de la calidad del vino.

Las percepciones sensoriales que detectaron los panelistas son reflejo de un conjunto de los factores que influyeron en la evaluación de la calidad del vino, que se originan desde el viñedo, pasando por el proceso de elaboración en la bodega, hasta llegar a su composición química final. Además, el análisis sensorial no solo sirve como una herramienta de desarrollo de la investigación, sino que también es esencial que sea adecuada para evaluar la calidad intrínseca de los vinos. En nuestro caso, se realizó con expertos del vino, porque no queríamos que los panelistas evalúen los vinos del estudio por sus gustos y experiencias individuales, sino que puedan identificar las características detectadas y evalúen en base en procesos técnicos de vinificación (Ballester et al., 2008;

Hopfer & Heymann, 2014). El estudio de (Gonzaga et al., 2019) mostró que los expertos diferenciaron mejor los vinos de distintas categorías. Aunque también hay un estudio que mostró que la sensibilidad olfativa de los expertos se puede mejorar con entrenamiento (Tempere et al., 2012). Por otro lado, se realizó el análisis sensorial con copas negras normalizadas para evitar el efecto del color en la percepción de otros sentidos (Zellner & Whitten, 1999). Además, los panelistas no fueron informados sobre los vinos del estudio, porque las expectativas también pueden influir en la experiencia sensorial en análisis sensorial del vino (Siegrist & Cousin, 2009). Los resultados del análisis estadístico de fiabilidad y validez tanto para CATA como para la RATA del presente estudio confirmaron la fiabilidad de los expertos del vino en la evaluación sensorial a ciegas para los vinos envejecidos (Wang et al., 2021).

La discusión de los resultados se divide en tres partes. Primero, la sensación táctil en boca fue el factor sensorial con mayor importancia en la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles, y ¿es el más importante en la evaluación de la calidad de otros tipos de vinos tintos? Segundo, debido a la importancia de la sensación táctil en boca, es necesario entender cómo las sensaciones táctiles provocadas por la astringencia influyen en la evaluación de la calidad. Tercero, para comprender si los vinos tintos ultrapremium tienen la singularidad de la evaluación de la calidad. Comparamos las características sensoriales que influyen en la calidad del vino del presente estudio con los estudios previos que tratan de la calidad del vino tinto, con fin de comprender cuáles son las características sensoriales que solamente influyen en la calidad de los vinos

ultrapremium y cuáles son las que influyen tanto en los vinos ultrapremium como en los vinos de otras categorías (vinos jóvenes, vinos envejecidos y vinos premium).

1.4.1 ¿Cuál es el factor sensorial más importante en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium: aroma, sabor o sensación táctil en boca?

La sensación táctil en boca fue el factor sensorial más importante en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium del estudio, el aroma tuvo menos influencia y el sabor no tuvo influencia. Sin embargo, para los vinos tintos premium españoles, el sabor ácido junto con la sensación de astringencia fueron factores con mayor importancia en la evaluación de la calidad (Sáenz-Navajas et al., 2011). En los vinos tintos envejecidos californianos de Cabernet Sauvignon, el aroma fue el factor con mayor importancia (Hopfer & Heymann, 2014). Para los vinos españoles de diferentes variedades y tiempos de envejecimiento, el aroma tuvo más importancia que el sabor y la sensación táctil en boca (Sáenz-Navajas et al., 2016).

1.4.2 ¿Cómo las sensaciones táctiles provocadas por la astringencia influyen en la evaluación de la calidad?

Las sensaciones táctiles en boca pudieron dividirse en dos partes: las sensaciones para describir la astringencia y las sensaciones no-astringentes (Gawel et al., 2000). Las sensaciones evaluadas en el presente estudio tuvieron diez atributos para describir la astringencia (*envolvente, tanino verde, tanino duro, secante, pegajoso, granuloso, arenoso, rugoso, carnosos y sedosos*) y nueve atributos no-astringentes (*persistente, polvoriento,*

ardiente, acuoso, untuoso, graso, gomoso, picante (Gawel et al., 2000; Vidal, Antúnez, Giménez, et al., 2018; Vidal et al., 2017).

Fueron cinco las sensaciones que tuvieron influencias estadísticamente significativas en la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium, la sensación *envolvente* fue la única sensación de describir la astringencia, y otras cuatro sensaciones no fueron descriptores de la astringencia (*polvoriento, ardiente, acuoso y persistente*). Así, podemos decir que las sensaciones de astringencia y no de astringencia influyeron juntos en la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium. Además, el estudio de (Vidal, Antúnez, Rodríguez-Haralambides, et al., 2018) mostró que las sensaciones de *complejidad* y *envolvente* se utilizaron más frecuentemente para evaluar los vinos de alto precio y para los vinos que tuvieron mayor puntuación de la calidad de astringencia. Para la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium, la sensación *envolvente* también tuvo la influencia con mayor importancia y positiva.

1.4.3. Importancia de los aromas en evaluación de la calidad

En comparación con los **vinos tintos jóvenes**, los aromas importantes en la evaluación de la calidad de vinos tintos ultrapremium tuvieron diferentes importancias en los vinos jóvenes, excepto el aroma *fruta roja/negra*. El aroma *fruta roja/negra* en los estudios conocidos está asociado con los vinos de alta calidad (Niimi et al., 2018; Varela & Gámbaro, 2006), este aroma como aroma original (aroma primario) que existe ya en el racimo o en el mosto que fue lógicamente tuvo importancia en los vinos jóvenes (Peynaud

& Blouin, 2002, p. 57). En contrario, el aroma *café* en los vinos tintos jóvenes está asociado con los vinos de baja calidad (Varela & Gámbaro, 2006). La diferencia podría venir por el panel de análisis sensorial, porque el estudio de (Varela & Gámbaro, 2006) evaluó los vinos por un panel entrenado. El estudio de (Tominaga et al., 2000) encontró el compuesto furan-2-ilmetanotiol que aporta el aroma *café* en los vinos tintos envejecidos Burdeos y en las barricas y el estudio de (García-Carpintero et al., 2010) mostró que en los vinos tintos jóvenes españoles también detectó el aroma de *café*. Diferente a la influencia positiva en vinos ultrapremium, el aroma de *especias* no está asociado con la evaluación de la calidad de los vinos tintos jóvenes (Varela & Gámbaro, 2006). El olor a *cuero* puede aparecer en el proceso de la elaboración del vino durante la fermentación o el envejecimiento y está asociado con *Brettanomyces* (Wedral et al., 2010a). Los expertos y los consumidores consideraron el olor de *cuero* como un atributo sensorial con influencia negativa en la evaluación de la calidad en vinos tintos con envejecimiento en barrica (Lattey et al., 2010)..

Los aromas no tuvieron importancias en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium (*floral, fruta fresca, madera, tostado, animal, sotobosque, vegetal, fruta pasa y evolucionado*) tampoco están asociados con la evaluación de la calidad en los vinos jóvenes (Niimi et al., 2018; Varela & Gámbaro, 2006), excepto el aroma de *fruta pasa* y el aroma de *evolucionado* que están positivamente asociados con la calidad de los vinos jóvenes (Varela & Gámbaro, 2006).

Con todo ello, resultó que los aromas que tuvieron importancias en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium no todos generaron influencias en la evaluación de la

calidad en los vinos tintos jóvenes. Los aromas *fruta roja/negra* y *café* sí tuvieron importancias en la evaluación de la calidad de los vinos jóvenes pero el aroma de *especias* no. Además, los aromas no tuvieron importancias en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium, la mayoría de ellos tampoco generaron importancias en la evaluación de la calidad en los vinos jóvenes, pero los aromas de *fruta pasa* y *evolucionado* sí tuvieron importancias en la evaluación de la calidad de los vinos jóvenes.

En comparación con los **vinos tintos envejecidos**, los aromas que influyeron en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium también tuvieron las influencias en los vinos tintos envejecidos, pero el tipo de influencia fueron diferentes. Los aromas *fruta roja/negra*, *especias*, *café* y *cuero* que influyeron en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium también tuvieron influencia en los vinos tintos envejecidos, pero el tipo de influencia fue diferente. En los vinos tintos envejecidos, el aroma de *fruta roja/negra* está asociado con vinos de alta calidad (Gonzaga et al., 2019; Hopfer et al., 2015) y tuvo una influencia positiva en la evaluación de la calidad y similar a los vinos ultrapremium, (Hopfer & Heymann, 2014; Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2016). Sin embargo, el aroma de *especias*, hay estudios que mostraron que tienen una influencia positiva (Hopfer & Heymann, 2014; Lattey et al., 2010) mientras que en otro este aroma no está asociado con la evaluación de la calidad de los vinos envejecidos (Hopfer et al., 2015). En el caso del aroma de *café* en la evaluación de la calidad de los vinos envejecimiento no hay unanimidad en la literatura dado que en el estudio de (Gonzaga et al., 2019) el aroma de *café* está positivamente asociado con los vinos de alta calidad al contrario que el estudio de

(Lattey et al., 2010) que este aroma tuvo una influencia negativa. Algo similar ocurre para el olor a *cuero* en la evaluación de la calidad de los vinos envejecidos. El estudio de (Sáenz-Navajas et al., 2016) mostró que el aroma de *cuero* está asociado con vinos tintos envejecidos de baja calidad y los estudios de (Lattey et al., 2010) y (Hopfer & Heymann, 2014) indicaron que este olor tuvo una influencia negativa similar a los vinos ultrapremiun donde también es negativa. Sin embargo, otro estudio de (Gonzaga et al., 2019) el olor de *cuero* con los vinos de alta calidad es descrito con frecuencia por el panel de expertos de forma diferente apuntando a que el término *cuero* puede percibirse como negativo cuando está en cantidades más altas o positivo cuando contribuye a los caracteres desarrollados del vino(Sáenz-Navajas et al., 2014; Wedral et al., 2010b).

En cuanto a los aromas que no tuvieron influencias significativas en la evaluación de la calidad en los vinos ultrapremium, sus influencias en la evaluación de la calidad de los vinos envejecidos no hay unanimidad en la literatura. El aroma *floral* tuvo influencia positiva en la evaluación de la calidad de los vinos envejecidos australianos de variedad Cabernet Sauvignon y de Syrah para panel de expertos (Lattey et al., 2010). En contrario, el aroma *floral* en los vinos californiano y australiano de Cabernet Sauvignon no está asociado con la calidad para el panel formó por panelistas entrenados y enólogos (Gonzaga et al., 2019; Hopfer et al., 2015). El estudio de (Knoll et al., 2012) indicó que el aroma *floral* está relacionado con la fermentación maloláctica, además, los vinos de co-inoculación tuvo mayor intensidad del aroma *floral* que los vinos con inoculación secuencial. El aroma *madera* con influencia positiva en la calidad (Hopfer & Heymann,

2014; Lattey et al., 2010), en contrario, el aroma *madera* no asociado con la calidad (Gonzaga et al., 2019; Hopfer et al., 2015). Por otro lado, el aroma de *tostado* con influencia positiva en la evaluación de la calidad de los vinos (Hopfer & Heymann, 2014). El estudio de (Sauvageot & Feuillat, 1999) indicó que los aromas de *madera*, *vainilla*, *tostado* y *coco* están relacionados con vinos de alta concentración de cis/trans whisky-lactona. Además, el tipo de la barrica (roble francés o americano) también influyó los aromas en vino (Pérez-Prieto et al., 2002).

El olor a *animal* está negativamente asociado con los vinos de alta calidad (Lattey et al., 2010). Diferente al aroma cuero, el aroma animal se entiende como olor a *cuadra*, sudor y almizcle. El olor a *moho* de la familia *sotobosque* está asociado con los vinos tintos españoles de baja calidad (Sáenz-Navajas et al., 2016). Al contrario, que en los vinos tintos californiano y australianos no están asociado con la evaluación de la calidad (Gonzaga et al., 2019; Hopfer et al., 2015). El aroma *vegetal* con influencia negativa en la evaluación de la calidad en los vinos australiano para los expertos y para los consumidores no hay unanimidad (Lattey et al., 2010). Además, el aroma de vegetal también tuvo influencia negativa en la evaluación de la calidad en los vinos de Cabernet Sauvignon californianos para un panel entrenado (Hopfer & Heymann, 2014). En contrario, en el estudio de (Hopfer et al., 2015) mostró que el aroma vegetal no está asociado con la evaluación de la calidad de los vinos de Cabernet Sauvignon californianos para un panel entrenado (Hopfer et al., 2015). Así, vemos que la influencia del aroma vegetal en la evaluación de la calidad de vinos envejecidos todavía no está claro.

Como en los vinos ultrapremium, en los vinos de Cabernet Sauvignon californianos para un panel entrenado, el aroma *fruta pasa* tampoco está asociado con la evaluación de la calidad (Hopfer et al., 2015). El estudio de (Sáenz-Navajas et al., 2016) mostró que el aroma *evolucionado* está negativamente asociado con la calidad de los vinos tintos españoles, tanto para los vinos jóvenes como los vinos envejecidos.

Con todo ello, resultó que los aromas que tuvieron importancias en la evaluación en los vinos ultrapremium también tuvieron influencias en la evaluación de la calidad en los vinos tintos envejecidos. La diferencia entre vinos ultrapremium y vinos envejecidos vino de los aromas que no tuvieron influencias en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium, como aromas *de floral, madera, tostado, animal, sotobosque, vegetal y evolucionado*. Y los aromas *de fruta fresca y fruta pasa* no generaron importancias en ambos casos.

Por otro lado, el estudio de (Picard et al., 2015) indicó que los aromas de sotobosque, fruta roja/negra, especias, tostado, madera, cuero, café, animal, y vegetal están relacionado con el bouquet de envejecimiento en barrica. Así, con los resultados del presente estudio vemos que los aromas relacionados con el bouquet envejecimiento tuvieron influencias en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium, como fruta roja/negra, especias, café y cuero. Pero no todos estos aromas influyeron en la calidad en los vinos ultrapremium del estudio, como los aromas de madera, tostado, animal, sotobosque y vegetal no influyeron en la calidad de los vinos del estudio.

En comparación con los **vinos tintos premium**, los aromas que tuvieron importancias en la evaluación de la calidad de los vinos del estudio, sus influencias no tuvieron unanimidad en los vinos tintos premium. Discutimos los resultados con los vinos premium porque los vinos de esta categoría están más parecida a los vinos del estudio. Los estudios de (Ferreira et al., 2009; Sáenz-Navajas et al., 2010) indicaron que los aromas de fruta, especialmente los aromas de fruta dulce estaban positivamente relacionados con la contribución de la calidad de los vinos tintos premium. Sin embargo, otros estudios (Ferreira et al., 2009; Sáenz-Navajas et al., 2011, 2012) mostraron que los aromas de fruta roja/negra no tuvieron importancia en la predicción de la calidad de los vinos tintos premium, pero destacó la importancia del aroma de fruta pasa en la evaluación de la calidad de los vinos tintos premium. El aroma de *especias* tuvo influencia positiva en la evaluación de la calidad para los vinos tintos premium españoles y en concreto los aromas de vainilla y mentol fresco de la familia de especias. El aroma de *café* tuvo influencia significativa en la evaluación de la calidad de los vinos premium españoles para un panel expertos pero los aromas de tostado y de madera que fueron de la misma familia tiene influencia positiva. El aroma de *cuero* tuvo influencia negativa en la evaluación de la calidad de los vinos premium españoles.

Los aromas que no tuvieron importancias en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium (*floral, fruta fresca, madera, tostado, animal, sotobosque, vegetal, fruta pasa y evolucionado*), en los vinos premium algunos sí tuvieron influencias. Los aromas de *madera, tostado y fruta pasa* tuvieron influencias positivas en la evaluación de la calidad

de vinos premium españoles y el aroma *animal* también tuvo una relación estadísticamente significativa. Por otro lado, los aromas de *floral*, *sotobosque*, *vegetal*, y *evolucionado* como en vinos ultrapremium, tampoco tuvieron influencias en la evaluación de la calidad (Ferreira et al., 2009; Sáenz-Navajas et al., 2011, 2012). Así, resultó que los aromas de *madera*, *tostado (café)*, *animal (cuero)* y *fruta pasa* generaron la diferencia entre los vinos españoles ultrapremium y de alta calidad.

1.4.4 Importancia de los sabores en evaluación de la calidad

Los sabores evaluados: *dulce*, *ácido* y *amargo* no tuvieron influencia en la evaluación de la calidad de los vinos del presente estudio, ni tampoco en los **vinos jóvenes** (Niimi et al., 2018).

Las influencias de los sabores en los **vinos tintos envejecidos** no hay unanimidad en la literatura. El sabor *dulce* con influencia negativa en la evaluación de la calidad en los vinos envejecidos australianos de Cabernet Sauvignon y Syrah (Lattey et al., 2010). En contrario, en otros estudios indicaron que el sabor *dulce* no está asociado con la evaluación de la calidad de los vinos californianos y australianos de Cabernet Sauvignon (Gonzaga et al., 2019; Hopfer et al., 2015; Hopfer & Heymann, 2014). El sabor *ácido* con influencia positiva en la evaluación de la calidad en los vinos envejecidos australianos de Cabernet Sauvignon y Syrah (Lattey et al., 2010) y también hay estudio mostró que está negativamente asociado con la calidad en los vinos de Cabernet Sauvignon australiano (Gonzaga et al., 2019). Además, como en los vinos ultrapremium, hay estudios indicaron

que el sabor *ácido* no está asociado con la evaluación de la calidad para los vinos californiano de Cabernet Sauvignon y para los vinos españoles de diferentes variedades (Hopfer et al., 2015; Hopfer & Heymann, 2014; Sáenz-Navajas et al., 2016). El sabor *amargo* está positivamente asociado con la evaluación de la calidad con vinos de Cabernet Sauvignon australiano (Gonzaga et al., 2019). El estudio de (Lattey et al., 2010) mostró que el *amargo* tuvo influencia positiva en la evaluación de la calidad en los vinos envejecidos australianos de Cabernet Sauvignon y Syrah. Por otro lado, también hay estudios mostraron que el sabor *amargo* no está relacionado con la evaluación de la calidad para los vinos californiano de Cabernet Sauvignon y para los vinos españoles de diferentes variedades (Hopfer et al., 2015; Hopfer & Heymann, 2014; Sáenz-Navajas et al., 2016).

Los sabores evaluados (*dulce, ácido y amargor*) no tuvieron influencias estadísticamente significativas en la evaluación de la calidad en los vinos tintos ultrapremium españoles. En los **vinos premium españoles**, los sabores *dulce y amargor* tampoco tuvieron las influencias significativas, pero se observó el sabor *ácido* tuvo una influencia positiva (Sáenz-Navajas et al., 2011).

1.4.5 Importancia de las sensaciones táctiles en evaluación de la calidad

Las cinco sensaciones táctiles en boca (*envolvente, persistente, polvoriento, ardiente y acuoso*) tuvieron influencias importantes en la evaluación de la calidad en los vinos ultrapremium del estudio. Sin embargo, un estudio (Niimi et al., 2018) mostró que las sensaciones *persistente y ardiente* no están asociados con la evaluación de la calidad,

para los **vinos jóvenes** de Cabernet Sauvignon de sur de Australia, y no se hace referencia a las influencias de otras tres sensaciones en la evaluación de la calidad de los vinos jóvenes. Como lo indicó en el estudio de (Sáenz-Navajas et al., 2016) que los atributos tradicionales de *sabor* y *astringente* fueron insuficientes para comprender la calidad en boca de los vinos, así ampliamos los atributos de las sensaciones para que puedan explicar la calidad de los vinos. Las sensaciones de *tanino verde*, *tanino duro* y *punzante* que no tuvieron influencias significativas en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium del estudio y tampoco están asociados con la calidad de los vinos jóvenes de Tannat uruguayo y los vinos jóvenes de Cabernet Sauvignon de sur de Australia (Niimi et al., 2018; Varela & Gámbaro, 2006). Por la comparación con los vinos jóvenes, observamos que las sensaciones *persistente* y *ardiente* generaron la diferencia en la evaluación de la calidad de vinos ultrapremium y vinos jóvenes.

En comparación con los **vinos tintos envejecidos**, similar a los vinos tintos ultrapremium del presente estudio, las sensaciones de *envolvente* y *persistentes* también tuvieron influencias positivas en la evaluación de la calidad de los vinos tintos envejecidos (Gonzaga et al., 2019; Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2016). Las sensaciones táctiles en boca que no tuvieron influencia significativa en la evaluación de la calidad de los vinos del presente estudio, en la evaluación de la calidad de los vinos tintos envejecidos, no hay unanimidad en la literatura. (Sáenz-Navajas et al., 2016) indicó que las sensaciones de astringencia (*tanino verde* y *tanino duro*) tuvieron influencias positivas en la evaluación de la calidad en boca para los vinos tintos españoles de diferentes variedades, pero en la

evaluación de la calidad global que se consideran junto con los aromas, la sensación astringente tuvo una influencia negativa. (Hopfer et al., 2015) mostró que las sensaciones de astringencia no están asociadas con la calidad de los vinos californiano de Cabernet Sauvignon. Las sensaciones de *secante*, *pegajoso* y *picante* tuvieron influencias positivas en la evaluación de la calidad de los vinos australianos de Cabernet Sauvignon y Syrah (Lattey et al., 2010). Además, la sensación *rugosa* está negativamente asociado con la calidad y la sensación de graso está positivamente asociado con la calidad de los vinos españoles (Sáenz-Navajas et al., 2016). En cuanto a la sensación *picante* hay estudios que tienen una influencia positiva (Lattey et al., 2010) y otros que no está asociado con la evaluación de la calidad (Hopfer et al., 2015).

Con todo ello, resultó que las sensaciones *envolvente* y *persistente* fueron importantes tanto para evaluar la calidad de los vinos ultrapremium como para los vinos envejecidos.

En comparación con los **vinos tintos premium**, la sensación *persistente* tuvo influencia positiva en los vinos ultrapremium del estudio, pero en los vinos premium españoles no tuvo influencia significativa (Sáenz-Navajas et al., 2011). Las sensaciones de *tanino verde* y *tanino duro* no tuvieron influencias significativas en los vinos ultrapremium del estudio, pero en los vinos españoles premium tuvo influencias positivas (Sáenz-Navajas et al., 2011). Así, vemos que las sensaciones de *persistente*, *tanino verde* y *tanino duro* generaron la diferencia de la evaluación de la calidad para los vinos ultrapremium y vinos premium.

1.5 CONCLUSIÓN

Los objetivos del presente capítulo eran primero generar el espacio sensorial (aroma, sabor y sensación táctil en boca) de los vinos tintos ultrapremium españoles, segundo, estudiar la implicación de las características sensoriales en predicción de la evaluación de la calidad intrínseca de los vinos en esta categoría.

La primera conclusión del estudio es los vinos tintos ultrapremium españoles se caracterizaron por ser unos vinos con aromas de *fruta roja/negra, madera, especias y tostado*, con un gusto ligeramente más *ácido* que *amargo* y *dulce* siendo muy *persistentes* con cierta *sequedad* y presencia de *tanino duro*. Tiene bajas puntuaciones en olores a *animal, cuero, aromas florales* y de *fruta fresca* y en boca no se perciben *acuosos, gomosos* o *arenosos*.

La segunda conclusión del estudio es que el factor más importante en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium fue la sensación táctil en boca, seguido del aroma. Gracias al modelo formativo PLS-SEM, pero también limitado al modelo formativo, el modelo predictivo para la calidad del vino tuvo un 63.1 % de la capacidad predictiva en la muestra, y un 51.9 % de la capacidad predictiva fuera de la muestra.

La tercera conclusión del estudio es que la sensación *envolvente* fue el atributo sensorial más importante en la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles y esta sensación tuvo una influencia positiva. Seguido de los aromas de *fruta roja y negra, cuero, especias* y *café*. En ellos, los aromas de *fruta roja y negra, especias* y *café* tuvieron influencias positivas en la evaluación de la calidad y el aroma de *cuero* tuvo una

influencia negativa. Por último, las sensaciones de *persistente*, *polvoriento*, *ardiente* y *acuoso* tuvieron menos influencias que los aromas. En ellos, la sensación *persistente* tuvo una influencia positiva en la evaluación de la calidad y las sensaciones de *polvoriento*, *ardiente* y *acuoso* tuvieron influencias negativas.

Los resultados del presente estudio proporcionan un valor de referencia importante para los investigadores y productores de vino cuando esperan predecir la calidad del vino a través de características sensoriales. Además, cabe destacar que, a la hora de analizar un tipo de vino, es muy necesario seleccionar las muestras realmente representativas. El método propuesto en este estudio debe continuar optimizando y reemplazar el método de selección de muestras opinática.

Combinando las limitaciones de esta investigación, en el futuro necesita complementar las características sensoriales del vino, especialmente el aspecto de la sensación táctil en boca. A continuación, el modelo predictivo de la calidad del vino debería combinarse con la composición química del vino, de modo que la calidad del vino se pueda controlar con mayor precisión durante el proceso de elaboración del vino.

Capítulo 2

**ANÁLISIS DE LA
ESTRUCTURA DE
VINOS ULTRAPREMIUM**

2.1 INTRODUCCIÓN

La estructura es un atributo sensorial que los profesionales del sector y los críticos de las guías del vino suelen utilizar para describir un vino (Golia et al., 2017; Guía Peñín, 2017; Parr et al., 2020; Valentin et al., 2016). Sin embargo, las investigaciones relacionadas no son abundantes, no habiendo una conceptualización clara y unánime en la literatura respecto al concepto de estructura.

De la literatura actual se puede observar que la evaluación de la estructura del vino no es muy intuitiva, que es el resultado de valorar una serie de características organolépticas. Autores, (Peynaud & Blouin, 2002) definieron la estructura del vino como una representación física de la conformación del vino, su evaluación es el conjunto de las sensaciones de volumen gustativo, de forma (esférico, redondo, liso etc.), de consistencia (se refiere a vinos con cuerpo o sin cuerpo) y de equilibrio. Además, en un intento de definición gráfica del vocabulario de vinos tintos relativos al equilibrio, (Peynaud & Blouin, 2002, p. 159; Vedel, 1972) situó los calificativos gustativos unos frente a otros en un sistema que refleja las magnitudes relativas de sus componentes básicos, así el atributo estructura, que se encuentra en la base de las coordenadas junto con redondo y fundido, abarca cinco ejes que los relaciona con a) aspereza, sequedad, b) irritante, picante, c) astringencia, tánico d) sólido e) pesado, espeso, suave, lleno. Además, otros autores también han dado algunas explicaciones para la estructura del vino, y estas explicaciones se centran en dos enfoques. Primero, un enfoque exclusivamente en análisis sensorial donde se considera que la estructura es una expresión metafórica para describir la sensación en boca (Bosio & Cubo

de Severino, 2010). Un vino con buena estructura es un vino con cuerpo, buena acidez y sabroso, con potencia y equilibrio (Magro, 2011). Una buena estructura de sensaciones sápidas y táctiles equivale a declarar que éstos se encuentran en la boca sin timidez y con respeto entre ellos. El Segundo, un enfoque químico-sensoriales, que además de los caracteres sensoriales también consideran el grado alcohólico, acidez, glicerol y taninos (Ernesto de Serdio, 2009). Autores, (Swiegers et al., 2005) mencionaron que la estructura de un vino incluye acidez, dulzor, amargor (ocasionalmente), tanino (en vino tinto), alcohol, peso y longitud del paladar, sensación en boca, mousse (en vino espumoso), así como la intensidad del aroma de frutas, flavor y la complejidad (diversidad y capas de flavor). Por tanto, según la literatura, la estructura del vino parece ser un concepto inferido por el catador a partir de los elementos percibidos en el vino. Pero es seguro que la estructura del vino es un concepto con múltiples dimensiones.

Para tener una comprensión más completa del significado de la palabra “estructura”, el diccionario de la lengua española, donde se define como “disposición o modo de estar relacionadas las distintas partes de un conjunto”; también se hace referencia a una “armadura, generalmente de acero u hormigón armado, que, fija al suelo, sirve de sustentación a un edificio” (RAE, 2021). Igualmente, la estructura para un vino se puede entender como un conjunto de sus componentes, sirve de sustentación a un vino. Por tanto, cuando evaluamos la estructura del vino, debemos prestar atención a la relación entre cada elemento que pueda influir en su evaluación.

Es importante estudiar la estructura del vino, porque varios estudios demostraron que la estructura tiene impacto en la evaluación de la calidad del vino. (Valentin et al., 2016) mostraron una relación causal entre la estructura sensorial y la calidad del vino. Este trabajo estudió la predicción de la calidad mediante el juicio quimiosensorial de vinos Pinot noir de la cosecha 2012, seis de Nueva Zelanda y seis de Borgoña mediante análisis de regresión múltiple. Informó que los atributos en boca del equilibrio general y la estructura del vino eran los impulsores importantes de la calidad percibida, junto con los atributos de la fruta varietal (por ejemplo, frutos rojos, frutos maduros). (Golia et al., 2017) mostró una relación causal entre la estructura sensorial y la calidad del vino. Este trabajo analizó vinos tintos italianos obtenidos de guía de vino mediante el uso de redes bayesianas (BN) y modelos de ecuaciones estructurales (SEM), se observó que la estructura (sabor y sensación en boca) tuvo un efecto directo en la determinación del puntaje global de calidad y los aromas afrutados y florales tienen un efecto causal en la evaluación de la estructura para los vinos tintos. (Parr et al., 2020) mostraron una relación asociativa entre la estructura sensorial y la calidad del vino. Este trabajo estudió la relación entre los atributos sensoriales del vino y el juicio de calidad de los vinos comerciales de Pinot noir de Nueva Zelanda mediante análisis de factores múltiples (MFA). Los resultados demostraron que los impulsores clave de la calidad percibida fueron los descriptores de tipicidad varietal, expresividad, estructura global y aromas frutales, junto con los atributos que utilizaron para describir complejidad como armonía, equilibrio y número de flavor detectable.

La estructura del vino es un atributo sensorial importante en la evaluación de la calidad, sin embargo, lo que aún debe investigarse es cómo los catadores de vino utilizan internamente los diferentes atributos sensoriales para juzgar la estructura cuando dicen que un vino es estructurado. Para ello, el presente estudio utilizó PLS-SEM para explorar las relaciones causales entre los atributos sensoriales y la evaluación de la calidad con el fin de comprender la formación de la estructura en los vinos tintos.

La modelización de ecuaciones estructurales por el método de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM), utiliza la varianza total de los indicadores de forma que este genera combinaciones lineales de indicadores para representar a los constructos, constituyendo así un enfoque de modelo compuesto en la modelización de ecuaciones estructurales (Hair et al., 2021, p. 44). PLS-SEM es especialmente adecuado para la investigación exploratoria que con objetivo de desarrollar una teoría y el análisis se ocupa de probar un marco teórico desde una perspectiva de predicción, además, cuando se mide el concepto formativamente (Hair et al., 2019). PLS-SEM se usa tanto para la investigación explicativa como para la predictiva. El modelo explicativo es un modelo construido con el propósito de testar hipótesis causales que especifican cómo y por qué cierto fenómeno empírico ocurre. Además, un modelo predictivo hace referencia a la construcción y valoración de un modelo que pretende predecir nuevas observaciones (Shmueli & Koppius, 2011).

En el presente estudio, nos propusimos 1) evaluar cómo los expertos del vino perciben la estructura del vino, especialmente qué atributos están influyendo a su evaluación de la estructura del vino; 2) determinar la relación entre la evaluación de la

estructura y la evaluación de la calidad del vino, particularmente qué atributos generan la diferencia en ambas evaluaciones globales. En la **figura 2.1** se presenta el modelo teórico de la investigación con fin de explicar y predecir la estructura de los vinos tintos ultrapremium españoles mediante los aromas, sabores y sensaciones táctiles en boca, además se muestran las hipótesis consideradas en el modelo: Hipótesis 1: Los aromas influyen en la evaluación de la estructura del vino; Hipótesis 2: Los sabores influyen en la evaluación de la estructura del vino; Hipótesis 3: Las sensaciones táctiles en boca influyen en la evaluación de la estructura del vino.

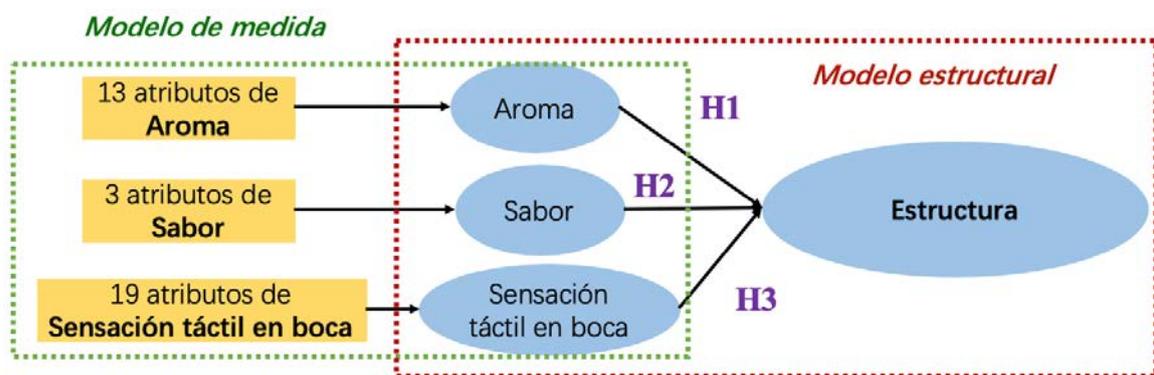


Figura 2.1 Modelo de investigación e hipótesis.

2.2 MATERIAL Y MÉTODOS

2.2.1 Vinos

Las muestras empleadas corresponden a los siete estilos de vinos tintos ultrapremium españoles seleccionados en el apartado 1.2.2 y listados en la **tabla 1.2** del capítulo 1.

2.2.2 *Análisis sensorial*

La metodología seguida y el panel experto para la evaluación sensorial se encuentra descrita en el apartado 2.3 del capítulo 1 donde el panel de 27 expertos del vino mediante RATA evaluó, en una escala Likert de 0 a 10, la intensidad (ausencia - muy fuerte) de 13 atributos de aroma, 3 de sabor y 19 de percepción en boca y la valoración global de la estructura (nula, inexistente - muy buena) de los siete vinos ultrapremium. Se emplearon copas negras normalizadas y los participantes no fueron informados de la naturaleza de los vinos de estudio.

2.2.3 *Análisis de datos*

En primer lugar, se realizó un análisis de normalidad de las variables continuas objeto de estudio aplicando el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Dado que las variables no se ajustaban a una distribución normal, las técnicas multivariadas aplicadas han sido de naturaleza no paramétrica: correlación de Spearman y contraste de medias de Kruskal-Wallis. El método factorial ha permitido aplicar el test de Harman. Todas estas pruebas estadísticas se han realizado mediante el software IBM SPSS Statistics para Windows, versión 26. Asimismo, se ha aplicado el software G-Power versión 3.1 para verificar la potencia del modelo teórico propuesto.

Para analizar de forma conjunta y simultánea todas las relaciones entre los atributos sensoriales de aroma, sabor y sensación táctil en boca y la evaluación global de la estructura de los vinos tintos ultrapremium se utilizó la metodología de ecuaciones estructurales

basados en varianza (PLS-SEM) dado que es una metodología multivariante especialmente adecuada para estimar modelos que incluyen variables complejas y abstractas, no directamente observables y para estimar modelos que plantean simultáneamente múltiples relaciones causales entre varias variables independientes y variables dependientes (Hair et al., 2017; Hair et al., 2019). En el presente estudio, las principales razones que justificaron la aplicación de la técnica de PLS fueron las siguientes (Henseler et al., 2016): 1) el objetivo último es predecir la variable dependiente: estructura del vino; 2) la capacidad de PLS-SEM para analizar modelos causales que incluyeron indicadores formativos y 3) no es necesario que los datos sigan una determinada distribución estadística. Se utilizó el software SmartPLS V.3.3.3 (Ringle et al., 2015) .

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Descripción sensorial de los vinos ultrapremium españoles

La exposición de los resultados obtenidos de análisis sensorial tiene dos partes, en primer lugar, se presenta los resultados de la evaluación de los 35 atributos sensoriales siendo 13 atributos relativos a aroma, 3 atributos vinculados a sabor y 19 atributos relativos a sensación táctil en boca. En segundo lugar, se muestra el resultado de la evaluación global de la estructura obtenida mediante el análisis sensorial de RATA (escala 0-10) realizado con 27 expertos del vino. Los resultados detallados de la evaluación sensorial de los vinos ultrapremium se han presentado en el apartado 3.1 del capítulo 1, y aquí resumimos los resultados relevantes.

Los vinos tintos ultrapremium españoles se caracterizaron por ser unos vinos con aromas de *fruta roja/negra, madera, especias y tostado*, con un gusto ligeramente más ácido que amargo y dulce siendo muy persistentes con cierta sequedad y presencia de tanino duro. Tiene bajas puntuaciones en olores a *animal, cuero, aromas florales y de fruta fresca* y en boca no se perciben *acuosos, gomosos o arenosos*.

La evaluación global de la estructura por los panelistas fue puntuada en la mitad superior de la escala entre 5.0 y 6.6 observándose diferencias estadísticamente significativas entre los siete vinos del estudio (**Tabla 2.1**), mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Estos resultados indicarían que los vinos difieren estadísticamente en sus rasgos organolépticos, al menos en lo que se refiere a la valoración de los panelistas expertos. Por otro lado, se observó que el vino 733 tuvo una mejor evaluación en la estructura global y el vino 208 tuvo una evaluación relativamente peor.

Tabla 2.1 Evaluación global de estructura de los siete vinos ultrapremium a partir de las puntuaciones del análisis sensorial de RATA (escala de 0-10 puntos).

Vino	Estructura global (n=27)	SD
994	6.07	1.80
945	5.78	2.19
733	6.56	1.63
821	5.11	2.17
217	6.26	1.87
124	5.74	2.03
208	4.96	1.87
<i>p</i> -valor	0.002	

Notas: SD: desviación estándar de las evaluaciones de la estructura de los 27 expertos para cada vino.

2.3.2 Modelo causal mediante PLS-SEM

2.3.2.1 Test estadísticos previos al análisis causal

Cuando se van a plantear relaciones causa-efecto con metodología complejas, como es el caso de los sistemas de ecuaciones estructurales, el sesgo del método común puede ser un problema potencial (Podsakoff et al., 2003). Siguiendo a (Podsakoff & Organ, 1986), se utilizó el test de Harman de un factor (Harman, 1967) para examinar el alcance del posible sesgo.

Al aplicar el análisis factorial exploratorio mediante el método de factorización de ejes principales se ha aplicado el test de factor único de Harman: la proporción de varianza recogida por un único factor que resuma la totalidad de variables recogidas en el modelo causal propuesto supone un 15.276% del total. En definitiva, los resultados están lejos del valor crítico del 50% y, por tanto, podemos concluir que es muy poco probable que este modelo esté afectado por el sesgo de la varianza común.

Otro aspecto que considerar es la delimitación del poder estadístico del estudio realizado, es decir, calcular la probabilidad de que una prueba estadística rechace una hipótesis nula que sea falsa; en definitiva, verificar que el estudio está razonablemente libre de error tipo II. Para ello, hemos utilizado el software G*Power 3.1 (Erdfelder et al., 2009; Faul et al., 2007) junto con un tamaño de efecto medio, resultando un valor de 0.997. Este valor supera el valor mínimo propuesto por (Cohen, 1988) de 0.80. Por este nivel de

potencia estadística permite asegurar que los resultados obtenidos en el presente estudio tienen un poder estadístico suficiente.

2.3.2.2 Planteamiento del modelo PLS-SEM

De forma sintética, a continuación, se procederá a describir el planteamiento realizado para la implementación del modelo de ecuaciones estructurales basado en varianzas (PLS-SEM).

Primero, el modelo PLS-SEM para explicar y predecir la estructura del vino incluyó tres constructos exógenos que fueron medidos de forma formativa con un total 35 indicadores (atributos sensoriales). Los tres constructos exógenos (predictores) fueron los siguientes:

- a) Aroma: este constructo exógeno se mide con 13 atributos relativos a aroma (fruta roja/negra, floral, fruta fresca, madera, especias, café, tostado, animal, cuero, sotobosque, vegetal, fruta pasa y evolucionado) y se utilizaron una escala Likert de 0 a 10 puntos (0 = sin presencia a 10 = muy fuerte).
- b) Sabor: este constructo exógeno se mide a través de 3 atributos relativos a sabor (dulce, ácido y amargor) y se utilizaron una escala Likert de 0 a 10 puntos (0 = sin presencia a 10 = muy fuerte).
- c) Sensación táctil en boca: este constructo exógeno se mide mediante 19 atributos (tanino verde, tanino duro, secante, pegajoso, polvoriento, granuloso, arenoso, rugoso, untuoso, graso, carnosos, evolvente, sedoso, gomoso, acuoso, ardiente,

picante, punzante y persistente) relativos a sensación táctil en boca y se utilizaron una escala Likert de 0 a 10 puntos (0 = sin presencia a 10 = muy fuerte).

Segundo, un constructo endógeno que reflejó la evaluación global de la estructura del vino fue medido de forma formativo con los tres constructos exógenos mencionados.

Además, es importante indicar que, al aplicar la metodología de PLS-SEM su propio proceso de evaluación de la fiabilidad y validez de las escalas, comienza desde cero el proceso de evaluación de la bondad de las escalas, tal como se verá en la evaluación del modelo de medida. De esta forma, se trata de contemplar que todos los indicadores (atributos sensoriales) cumplan los requisitos estadísticos pertinentes para estimar de forma óptima el constructo endógeno del presente estudio que es la evaluación global de la estructura del vino.

2.3.2.3. Resultados estadísticos del modelo PLS-SEM

Antes de presentar los resultados obtenidos al aplicar la metodología PLS-SEM, es necesario explicar las decisiones que se adoptaron previamente al análisis de los datos.

Para estimar la significación de los coeficientes obtenidos, se realizó el procedimiento de *bootstrapping* o de remuestreo, este proceso ya explicó en el apartado 3.2.3 del capítulo 1 de la presenta tesis. Para garantizar la estabilidad de los resultados, se recomienda que el número de submuestras sean elevado, proponiéndose 5000 submuestras como una cantidad adecuada (Hair. et al., 2019, p. 193).

Para analizar la relevancia predictiva del modelo propuesto se aplicó el procedimiento de *blindfolding* con una distancia de omisión de 5. La literatura permite distancias de omisión entre 5 y 12, siempre que el tamaño muestral no sea múltiplo entero de la citada distancia, y cuanto menor sea la distancia de omisión más exigente es el proceso de evaluación de la relevancia predictiva del modelo (Hair. et al., 2019, p. 246). El objetivo de este procedimiento es estimar el valor Q^2 de Stone-Geisser (Geisser, 1974; Stone, 1974) que, en caso de ser positivo, significa que el modelo propuesto tiene relevancia predictiva, es decir tiene poder predictivo fuera de la muestra o relevancia predictiva (Hair. et al., 2019, p. 246).

La exposición de los resultados obtenidos del PLS-SEM tiene la siguiente estructura. Primero, se realizó la evaluación de la fiabilidad y validez de las escalas de medida utilizadas en el modelo de medida. Segundo, se evaluó los resultados del modelo estructural, los cuales permiten contrastar las hipótesis de la investigación.

2.3.2.3.1 Evaluación del modelo de medida

En relación con los constructos medidos por indicadores formativos, la valoración del modelo de medida se centra en examinar la colinealidad existente entre los indicadores (atributos sensoriales) y la significación estadística y relevancia de los indicadores formativos.

Primero, para verificar que no haya colinealidad entre los indicadores de cada constructo, se calculó el factor de inflación de la varianza (VIF) que debe ser inferior a 5

para los indicadores de cada constructo (Hair et al., 2011). Además, también se puede calcular la tolerancia (TOL) que representa la cantidad de varianza de un indicador formativo no explicada por los otros indicadores presentes en el mismo bloque que se debe ser inferior a 0.2 (Belsley, 1991; Hair et al., 2011; Hair. et al., 2019). Los resultados obtenidos de los cálculos de VIF y TOL se cumplen estos dos criterios sobradamente, tal como se puede observar en la *tabla 2.2*.

Segundo, se centra a la evaluación de los valores de los pesos externos que indican la contribución relativa de cada indicador al constructo. El peso externo es el resultado de una regresión múltiple con las puntuaciones del constructo como variable dependiente y los indicadores formativos como variables independientes (Hair et al., 2010; Hair. et al., 2019, p. 185). Un indicador que tiene peso significativo ($p < 0.05$) sugiere que dicho indicador es relevante para la construcción del correspondiente constructo. En la *tabla 2.2* se muestra los valores de los pesos externos de los indicadores del modelo PLS-SEM.

En el caso de aroma, cinco de los trece atributos aromáticos evaluados tuvieron pesos externos significativos, siendo *fruta roja/negra*, *fruta fresca* y *especia* tuvieron $p < 0.05$, *cuero* y *madera* tuvieron $p < 0.095$, lo que indica que estos cinco aromas contribuyeron realmente a formar el constructo Aroma y tuvieron importancias relativas. Otros aromas evaluados en el modelo: *floral*, *café*, *tostado*, *animal*, *sotobosque*, *vegetal*, *fruta pasa* y *evolucionado*, tuvieron pesos externos no significativos ($p > 0.095$), lo cual indica que estos ocho aromas no tuvieron importancia relativa en la formación del constructo Aroma.

En el caso de Sabor, resultó que ninguno de los 3 sabores evaluados (*dulce, ácido y amargor*) tuvieron pesos externos estadísticamente significativos ($p > 0.095$), indicaría que estos tres sabores no tuvieron importancias relativas en la contribución del constructo Sabor.

En el caso de la Sensación táctil en boca, nueve de las diecinueve sensaciones evaluadas tuvieron pesos externos estadísticamente significativos, siendo las sensaciones *graso, acuoso, picante, punzante y persistente* con $p < 0.05$ y las sensaciones *tanino duro, pegajoso, graso, carnosos, rugoso* tuvieron $p < 0.05$, lo que indica que estas nueve sensaciones tuvieron importancias relativas en la contribución del constructo Sensación táctil en boca. Las otras diez sensaciones evaluadas: *tanino verde, secante, polvoriento, granuloso, arenoso, untuoso, envolvente, sedoso, gomoso y ardiente*, no tuvieron pesos externos estadísticamente significativos ($p > 0.095$), indicando que estas sensaciones no tuvieron importancias relativas en la contribución del constructo Sensación táctil en boca.

Tercero, los veintiún atributos sensoriales no tuvieron pesos significativos, no deben interpretarse como indicadores de una mala calidad del modelo de medida, sino que se deberían considerar sus cargas para conocer sus importancias absolutas que representan la contribución absoluta que un indicador hace a su constructo sin considerar a los otros indicadores (Hair. et al., 2019, p. 189). En la **tabla 2.2** se muestran los valores de las cargas externas de los indicadores del modelo de la estructura del vino. Cuando el peso de un indicador no es significativo pero su carga es alta (≥ 0.5) o estadísticamente significativa, el indicador se puede interpretar como absolutamente importante, aunque no como relativamente importante (Hair. et al., 2019, p. 191).

Tabla 2.2 Fiabilidad y validez del modelo de medida de PLS-SEM

Constructo	Indicadores	VIF	TOL	Peso	<i>p</i> -valor	Carga	<i>p</i> -valor
Aroma	Fruta roja/negra	1.686	0.593	0.441	0.004	0.684	0.000
	Floral	1.424	0.702	-0.086	0.598	0.170	0.183
	Fruta fresca	1.789	0.559	0.372	0.017	0.347	0.003
	Madera	1.768	0.566	0.254	0.094	0.546	0.000
	Especias	1.504	0.665	0.472	0.005	0.649	0.000
	Café	1.789	0.559	0.094	0.545	0.399	0.001
	Tostado	2.013	0.497	0.203	0.223	0.521	0.000
	Animal	2.025	0.494	0.122	0.520	-0.202	0.121
	Cuero	2.223	0.450	-0.320	0.080	-0.082	0.554
	Sotobosque	1.354	0.739	-0.217	0.132	0.280	0.038
	Vegetal	1.115	0.897	0.227	0.105	0.300	0.031
	Fruta pasa	1.554	0.644	-0.056	0.738	0.123	0.352
	Evolucionado	1.705	0.587	0.107	0.509	-0.056	0.677
	Sabor	Dulce	1.097	0.912	0.779	0.132	0.752
Ácido		1.056	0.947	-0.433	0.398	-0.541	0.326
Amargor		1.058	0.945	0.551	0.174	0.327	0.347
Sensación táctil en boca	Tanino verde	1.330	0.752	0.115	0.247	-0.008	0.938
	Tanino duro	1.582	0.632	0.192	0.066	0.220	0.026
	Secante	1.766	0.566	0.067	0.579	0.222	0.029
	Pegajoso	1.972	0.507	-0.203	0.067	-0.091	0.354
	Polvoriento	1.719	0.582	0.153	0.135	0.064	0.506
	Granuloso	1.402	0.713	-0.054	0.565	0.070	0.496
	Arenoso	1.536	0.651	-0.132	0.223	-0.021	0.800
	Rugoso	1.409	0.710	0.225	0.054	0.287	0.013
	Untuoso	2.883	0.347	0.004	0.975	0.450	0.000
	Graso	2.104	0.475	0.378	0.001	0.552	0.000
	Carnoso	2.677	0.374	0.246	0.081	0.623	0.000
	Evolvente	2.986	0.335	0.235	0.098	0.614	0.000
	Sedoso	2.759	0.362	-0.223	0.117	0.304	0.002
	Gomoso	1.687	0.593	-0.124	0.336	-0.202	0.087
	Acuoso	1.299	0.770	-0.323	0.005	-0.424	0.000
	Ardiente	1.409	0.710	-0.076	0.529	0.178	0.089
	Picante	1.801	0.555	0.245	0.016	0.138	0.145
	Punzante	1.653	0.605	-0.223	0.019	0.063	0.506
Persistente	1.957	0.511	0.359	0.004	0.682	0.000	

Notas: VIF: factor de inflación de la varianza. TOL: tolerancia. En color verde son los atributos que tienen pesos significativos (nivel de significación 90.5%). Las cargas externas de los atributos sensoriales en color verde son las cargas significativas (nivel de significación 95%).

indicando que estas sensaciones no tuvieron importancias relativas en la contribución del constructo Sensación táctil en boca. Tercero, los veintiún atributos sensoriales no tuvieron pesos significativos, no deben interpretarse como indicadores de una mala calidad del modelo de medida, sino que se deberían considerar sus cargas para conocer sus importancias absolutas que representan la contribución absoluta que un indicador hace a su constructo sin considerar a los otros indicadores (Hair. et al., 2019, p. 189). En la *tabla 2.2* se muestran los valores de las cargas externas de los indicadores del modelo de la estructura del vino. Cuando el peso de un indicador no es significativo pero su carga es alta (≥ 0.5) o estadísticamente significativa, el indicador se puede interpretar como absolutamente importante, aunque no como relativamente importante (Hair. et al., 2019, p. 191).

En el caso del aroma, se observó que los aromas café, tostado, sotobosque y vegetal no tuvieron pesos significativos pero sus cargas fueron significativas ($p < 0.05$), y además el aroma tostado tuvo una carga por encima de 0.5 y el aroma café tuvo una carga casi llegó al 0.4, lo que indicaría que estos aromas fueron absolutamente importantes, aunque no como relativamente importante en la contribución del constructo Aroma. Además, los aromas de *floral*, *animal*, *fruta pasa* y *evolucionado* no tuvieron pesos ni cargas significativos, por lo que estos cuatro aromas no tuvieron importancia relativa ni absoluta en la contribución del constructo Aroma en el modelo de la estructura del vino.

En cuanto al sabor, ninguno de los tres sabores tuvo cargas externas significativas ($p > 0.05$), junto con los resultados de la valoración de sus pesos externos, se observó que

los sabores *dulce*, *ácido* y *amargo* no tuvieron importancias relativas ni absolutas en la contribución del constructo Sabor en el modelo de la estructura del vino.

En el caso de la sensación táctil en boca, las sensaciones secante, untuoso, envolvente y sedoso no tuvieron pesos significativos pero sus cargas fueron significativas ($p < 0.05$), siendo la sensación envolvente tuvo una carga por encima de 0.5 y la sensación untuosa tuvo una carga superior a 0.4, lo que indicaría que estas sensaciones fueron absolutamente importantes, aunque no como relativamente importante en la contribución del constructo Sensación táctil en boca. Además, las sensaciones de *tanino verde*, *polvoriento*, *granuloso*, *arenoso*, *gomoso* y *ardiente* no tuvieron pesos ni cargas significativos, por lo que estas seis sensaciones táctiles no tuvieron importancia relativa ni absoluta en la contribución del constructo Sensación táctil en boca en el modelo de la estructura del vino.

Cuando un indicador tiene un peso y carga estadísticamente no significativo, se examinó su relevancia teórica siguiendo las recomendaciones del análisis en PLS, (Hair. et al., 2019, p. 189). Siendo el objetivo del estudio explorar cuales son las características sensoriales que influyen en la evaluación de la estructura de los vinos, se guardaron todos los atributos sensoriales evaluados en el modelo PLS por las siguientes razones: 1) la eliminación de un indicador formativo implicaría la eliminación de una parte del constructo compuesto (Roberts N. & Thatcher J.B., 2009); 2) según los resultados de descripción sensorial (*Anexo III*), se observó que los panelistas sí detectaron todos los atributos sensoriales en los vinos del estudio; 3) los atributos sensoriales de aroma, sabor y

sensaciones táctiles en boca fueron seleccionados por estudios previos que trataron de la evaluación sensorial de vinos tintos; 4) entre los atributos sensoriales no existe multicolinealidad. Por todo ello, para no perder la información de la parte de los indicadores, se decidió mantener todos los atributos sensoriales evaluados en el modelo PLS-SEM.

A la vista de todo lo expuesto, se puede concluir que todos los indicadores de los diferentes constructos utilizados en el modelo cumplen razonablemente con los requisitos de fiabilidad y validez exigibles.

2.3.2.3.2 Evaluación del modelo estructural

Para valorar los resultados del modelo estructural resultante, se ha organizado la información en tres partes. Primero, realizar una valoración global del citado modelo. Segundo, evaluar los coeficientes *path* en el modelo estructural. Tercero, realizar un análisis de la relevancia de los efectos obtenidos.

En primer lugar, la medida más comúnmente utilizada para valorar globalmente el modelo estructural es el coeficiente de determinación del constructo endógeno (estadístico R^2), que representa los efectos combinados de los constructos exógenos sobre el constructo endógeno. Dado que se estima como el cuadrado de la correlación de los valores reales y de los valores predichos, en las metodologías PLS-SEM representa una medida de poder predictivo en la muestra (Hair. et al., 2019, p. 243; Rigdon, 2012; Sarstedt et al., 2014). El requisito mínimo exigido es que simultáneamente todos los coeficientes de determinación presentes en el modelo estructural deben ser mayores que 0.10 (Falk & Miller, 1992).

Además, (Hair et al., 2011; Hair. et al., 2019, p. 243) desarrollaron como regla general para interpretar el estadístico R^2 que los valores de 0.75, 0.50 y 0.25 sean los umbrales que delimitan cuando los efectos se puedan considerar como importantes, moderados o débiles.

El valor R^2 ajustado obtenido en el modelo PLS del presente estudio fue 0.448 (**Tabla 2.3**). De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que el modelo PLS-SEM establecido tuvo una capacidad explicativa entre débil y moderada para la evaluación de la estructura de los vinos tintos ultrapremium españoles, con este modelo PLS-SEM se permite explicar el 44.8% de la estructura de los vinos tintos ultrapremium españoles.

Tabla 2.3 Ajustes del modelo estructural del modelo PLS-SEM

Constructo	R^2 ajustado	Q^2 de Stone-Geisser
Estructura	0.448	0.282

La valoración global del modelo estructural debe ser completada mediante el estadístico Q^2 de Stone-Geisser, que es un indicador del poder predictivo del modelo fuera de la muestra, también denominado relevancia predictiva. Si un modelo PLS-SEM muestra relevancia predictiva significa que predice con precisión los datos no utilizados en la estimación del modelo lo cual dota a sus resultados de una capacidad de generalización mucho mayor (Hair. et al., 2019, p. 246). Como regla práctica (Hair. et al., 2019, p. 246; Hair et al., 2019) propuso que valores del estadístico Q^2 superiores a cero, 0.25 y 0.50 muestran respectivamente situaciones de baja, media y elevada relevancia predictiva. Tal como se puede observar en la **tabla 2.3**, el valor Q^2 obtenido fue 0.282, por tanto, se puso

a concluir que el modelo PLS-SEM establecido tuvo la relevancia predictiva con un efecto moderado.

En el segundo lugar, la evaluación del modelo estructural consiste en el estudio de los coeficientes *path* o β , que permitirán contrastar las hipótesis planteadas. Dichos coeficientes y su significatividad han sido recogidos en la **tabla 2.4**. Para comprender los resultados de PLS-SEM de manera más intuitiva, la **figura 2.2** muestra el nomograma del modelo PLS-SEM con los resultados obtenidos. A la vista de los resultados obtenidos del coeficiente *path*, primero, se puede observar que los constructos de Aroma y de Sensación táctil en boca ejercen efectos estadísticamente significativos sobre la evaluación de la estructura de los vinos tintos ultrapremium españoles, sin embargo, el constructo Sabor no ejerce un efecto estadísticamente significativo. Segundo, se observó que el constructo Sensación táctil en boca fue más importante para predecir la estructura del vino (+ 0.534), seguido fue el constructo Aroma (+ 0.195). Tercero, respecto al signo, tanto la sensación táctil en boca como el aroma representan una relación positiva con el constructo endógeno de la estructura del vino.

Tabla 2.4. Coeficiente *path* del modelo PLS-SEM

	Coeficiente <i>path</i>	<i>p</i> -valor
Aroma -> Estructura	0.195	0.001
Sabor -> Estructura	0.069	0.466
Sensación táctil en boca -> Estructura	0.534	0.000

Por otro lado, combinando los resultados de las relaciones obtenidas entre los indicadores (atributos sensoriales) con sus correspondientes variables latentes (aroma, sabor y sensación táctil en boca), se pueden determinar los efectos totales de los atributos sensoriales que son estadísticamente significativos para evaluar la estructura de los vinos tintos ultrapremium españoles. Dichos efectos totales de cada atributo sensorial se ha calculado multiplicando su valor de peso por el coeficiente *path* entre su constructo exógeno y el constructo endógeno. Así, se puede presentar los resultados de cómo los atributos sensoriales influyen en la evaluación de la estructura en forma de ecuación:

$$\text{Estructura} = 0.202 \text{ Graso} + 0.192 \text{ Persistente} - 0.172 \text{ Acuoso} + 0.131 \text{ Carnoso} + 0.131 \text{ Picante} + 0.120 \text{ Rugoso} - 0.119 \text{ Punzante} - 0.108 \text{ Pegajoso} + 0.103 \text{ Tanino duro} + 0.092 \text{ Especias} + 0.086 \text{ Fruta roja/negra} + 0.073 \text{ Fruta fresca} - 0.062 \text{ Cuero} + 0.050 \text{ Madera}$$

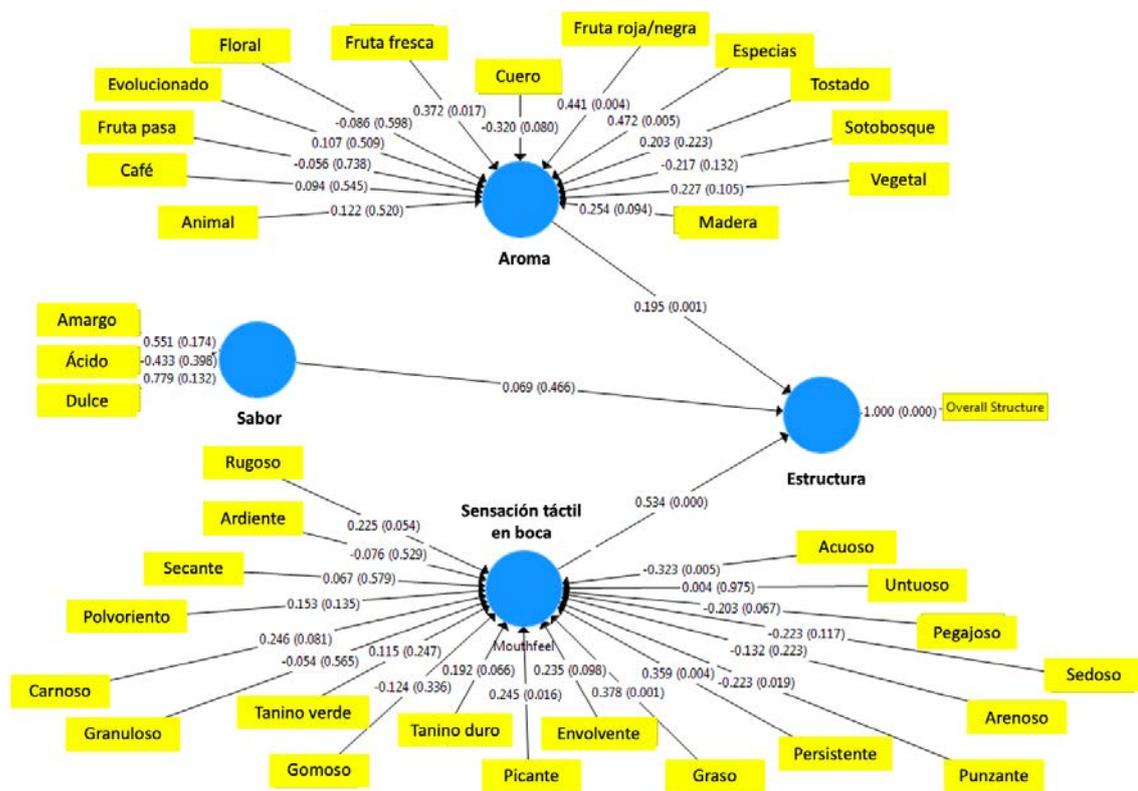


Figura 2.2 Nomograma y resultados PLS-SEM para predecir la evaluación de la estructura de los vinos ultrapremium español.

A la vista de los resultados obtenidos del coeficiente *path*, se puede contrastar las relaciones hipotetizadas entre los constructos. Si el coeficiente *path* entre dos constructos es estadísticamente significativo, se soporta la hipótesis, si no es significativo, no se soporta. En el presente estudio, tenemos las hipótesis sin signo, aplicamos una prueba *bootstrap* de 5000 muestras, y se usó la distribución de *t* Student de dos colas (Hair. et al., 2019, pp. 191–200). En la **tabla 2.5** se muestra un resumen de la valoración de las hipótesis planteadas en el presente estudio. Las hipótesis H1 y H3 fueron soportadas ya que sus niveles de significación se encuentran por debajo del umbral recomendado ($p < 0.05$). Sin embargo, la hipótesis H2 no queda soportada.

Tabla 2.5 Contraste de hipótesis del modelo PLS-SEM.

Hipótesis planteada	Coeficiente <i>path</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	Intervalos de confianza		Soportada
				2.50%	97.50%	
H1: Aroma influye la evaluación global de la estructura.	0.195	0.001	3.301	0.120	0.352	Sí
H2: Sabor influye la evaluación global de la estructura.	0.069	0.466	0.735	-0.172	0.184	No
H3: Sensación táctil en boca influye la evaluación global de la estructura.	0.534	0.000	9.457	0.440	0.664	Sí

En tercer lugar, el último aspecto a considerar en la evaluación del modelo estructural fue el análisis del tamaño de los efectos, lo cual se midió mediante el estadístico f^2 . El mencionado estadístico refleja el cambio que se produce en el valor de R^2 de un constructo endógeno cuando se omite un determinado constructo exógeno; por tanto, este estadístico analiza si cada causa planteada en el modelo tiene (o no) un impacto sustancial

sobre los constructos endógenos. Las directrices generales para la valoración de f^2 sugieren que valores de 0.02, 0.15 y 0.35 representan efectos de tamaños pequeños, medianos o grandes respectivamente (Cohen, 1988; Hair. et al., 2019, p. 245).

En la **tabla 2.6** se muestra la valoración de f^2 de los constructos exógenos. A la vista de los resultados obtenidos se puede afirmar que las sensaciones táctiles en boca tuvieron impactos sustanciales sobre la evaluación de la estructura de los vinos tintos ultrapremium españoles y que, además, el tamaño de su efecto se califique como muy elevado (0.362). Además, los aromas ejercen un efecto mucho menor que las sensaciones táctiles en boca, su tamaño de efecto se califique como mediano (0.049). Sin embargo, los sabores ejercen un efecto por debajo del umbral 0.02, lo que indicaría que los sabores ejercen un efecto irrelevante sobre la evaluación de la estructura de los vinos tintos ultrapremium españoles.

Tabla 2.6 Tamaño del efecto de los constructos exógenos del modelo PLS-SEM

Constructo exógeno	Tamaño de efecto (f^2)	
	Constructo endógeno	
	Calidad	
Aroma	0.049	
Sabor	0.009	
Sensación táctil en boca	0.362	

En conjunto, los resultados del modelo estructural muestran que la mayor parte de la estructura de los vinos del estudio depende de las sensaciones táctiles en boca, los aromas generaron mucho menos influencia y, los sabores no formaron influencias. La sensación de grasa tuvo una mayor influencia en la evaluación de la estructura y la influencia fue positiva. Las sensaciones de persistente, carnoso, picante, rugoso y tanino duro también tuvieron

influencias positivas. Además, el atributo acuoso fue la sensación en boca con mayor influencia negativa en la evaluación de la estructura y las sensaciones de punzante y pegajoso también con influencias negativas.

Respecto a los aromas, el atributo especias mostró una mayor influencia y esta influencia fue positiva. Los aromas de fruta roja/negra, fruta fresca y madera también tuvieron influencias positivas en la evaluación de la estructura. Además, el atributo cuero fue el único aroma con influencia negativa.

Una ventaja del planteamiento de PLS-SEM, nos permite conocer los atributos sensoriales en su conjunto cuánto influye al constructo (evaluación global de la estructura). En la evaluación de la estructura del vino las sensaciones táctiles en su conjunto influyen 0.534 y los aromas en su conjunto 0.195 por lo que la ratio de la influencia de las sensaciones táctiles resultó ser 2.74 veces mayor que la de los aromas.

2.3.3 Validez discriminante entre la evaluación de la estructura y la calidad

La relación entre la evaluación global de la estructura y la evaluación global de la calidad, se centró en dos enfoques. Primero, analizamos la correlación bivariada de las dos evaluaciones. Segundo, comparamos las diferencias existentes entre los atributos sensoriales que influyeron en la evaluación de la estructura sensorial y en la calidad intrínseca. Los resultados del modelo para la calidad del vino se han descrito en el apartado 1.3.2.3 del capítulo 1.

Primero, se calculó el coeficiente de correlación bivariada de Spearman entre las puntuaciones de las dos evaluaciones globales, dado que las variables objeto de estudio no se ajustaban a una distribución normal. El coeficiente de correlación bivariada de Spearman fue + 0.556 ($p = 0.000$), indicando que entre las dos evaluaciones globales tuvieron una correlación estadísticamente significativa y positiva. Segundo, por la comparación de los resultados de PLS (**Figura 2.3**), observamos que el *café* de aroma y *envolvente, polvoriento* y *ardiente* de sensación táctil en boca influyeron en la evaluación de la calidad y no influyeron en la evaluación de la estructura. Los aromas de *fruta fresca* y de *madera*, las sensaciones de *graso, carnosos, picante, rugoso, tanino duro, pegajoso* y *punzante* influyeron en la evaluación de la estructura y no influyeron en la evaluación de la calidad. Sin embargo, los aromas de *fruta roja/negra* y *especias* y la sensación *persistente* tuvieron influencias positivas tanto en la evaluación de la estructura como en la evaluación de la calidad. El aroma de *cuero* y la sensación de *acuoso* tuvieron influencias negativas en ambas evaluaciones.

También, se observó que el modelo de la estructura del vino necesita más atributos sensoriales ya que tanto su capacidad explicada ($R^2_{calidad}=0.631 > R^2_{estructura}=0.448$) como su relevancia predictiva ($Q^2_{calidad} = 0.497 > Q^2_{estructura} = 0.288$) fueron menores que para el modelo de calidad. Es decir, para explicar y predecir la estructura de los vinos del estudio se necesitan más atributos para explicar y predecir menos.

A la vista de los resultados obtenidos, se observó que la evaluación global de la estructura y de la calidad tuvieron correlación positiva, y los atributos claves que influyeron

en las dos evaluaciones globales fueron diferentes. La evaluación global de la estructura necesitó más atributos tanto de aromas como de sensaciones táctiles en boca para predecir menos.

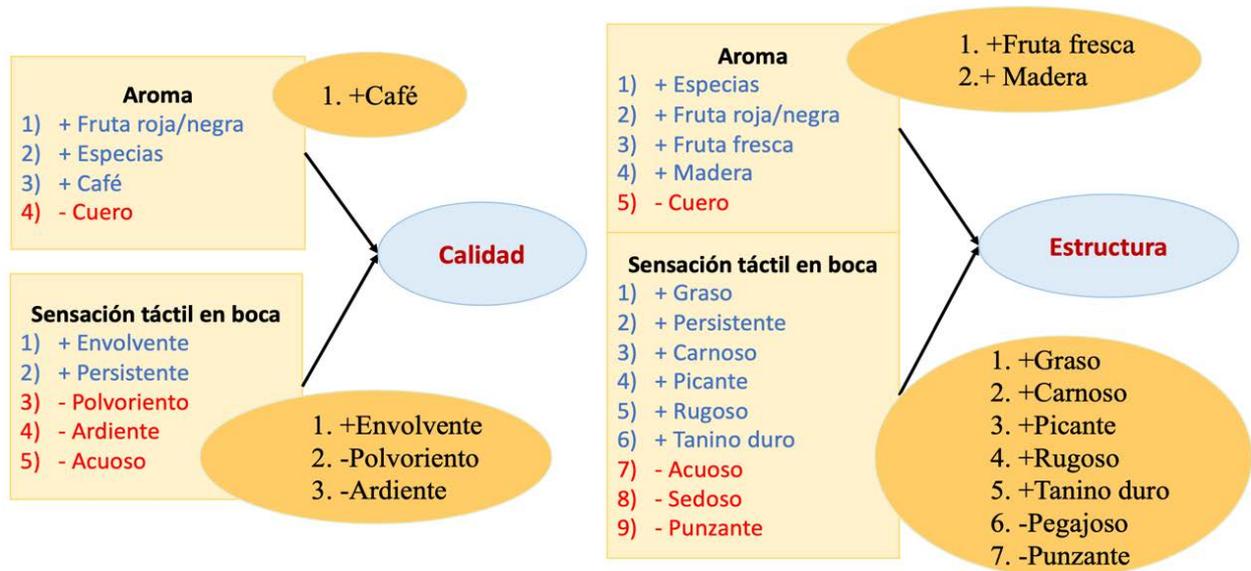


Figura 2.3 Atributos claves de las evaluaciones globales de calidad y de estructura (rectángulos) y las diferencias existentes entre la evaluación de la estructura y de la calidad (elipses) según los atributos sensoriales evaluados.

2.4 DISCUSIÓN

En la degustación de los vinos tintos de calidad se hace referencia a una serie de constituyentes esenciales que determinan su armazón (constitución), su estructura, su textura; y donde las sustancias de sabor dulce, ácido, amargo y salado se neutralizan y equilibran los unos con los otros. Estos vinos son además ricos en principios sápidos y odorantes asociados entre ellas en concentraciones favorables, que apunta a la existencia de una interferencia profunda del olor con el gusto propiamente dicho. Todo ello, sugiere una noción de sinergia de una asociación armoniosa de muchos factores que concurren a

un cierto efecto (Ribéreau-Gayon, 1973). Esta idea de sinergia de distintos factores y de relaciones siguen sin estar del todo resueltas. El término de estructura se emplea con cierta frecuencia por los profesionales del sector (Parr et al 2011) y los críticos de las guías del vino (Guía Peñín, 2017), pero las investigaciones relacionadas no son abundantes (Golia et al., 2017; Guía Peñín, 2017; Parr et al., 2020; Valentin et al., 2016).

En un intento de definición gráfica del vocabulario de vinos tintos relativos al equilibrio, (Vedel, 1972) situó los calificativos gustativos unos frente a otros en un sistema que refleja las magnitudes relativas de sus componentes básicos, así el término estructura, que se encuentra en la base de las coordenadas junto con redondo y fundido, abarca cinco ejes que los relaciona con a) aspereza, sequedad, b) irritante, picante, c) astringencia, tánico d) sólido e) pesado, espeso, suave, lleno (Ribereau-Gayon, 1973). Esta forma de entender la estructura da la base para plantear el estudio de este concepto como un modelo de medida formativo a la que se aplicó la modelización de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) que permite estimar modelos complejos con múltiples constructos, variables indicadoras y rutas estructurales sin imponer supuestos de distribución sobre los datos. Además, se abordó un enfoque causal-predictivo de SEM que enfatiza la predicción en la estimación de modelos estadísticos, cuyas estructuras están diseñadas para proporcionar explicaciones causales. La técnica supera así la dicotomía aparente entre explicación y la predicción (Hair et al., 2019). Cabe destacar que en nuestro conocimiento es la primera vez que se emplea este método de modelización y predicción para estudiar la estructura del vino.

2.4.1 Análisis sensorial descriptivo

La evaluación sensorial de los vinos tintos ultrapremium se realizó con los 35 atributos y mencionados anteriormente. Todos los descriptores fueron utilizados por los panelistas, sin embargo, la intensidad percibida de los atributos fue valorado con intensidades medias de la escala no teniendo ninguno de los descriptores valoraciones superiores a 5,8. Lo que también se observó en vinos premium donde encontraron que los aromas orthonasales mostraron en promedio puntuaciones sensoriales más bajas, pero puntuaciones de mayor calidad que otras categorías inferiores apuntando que es esencial para la armonía (Saézn-Navajas et al. 2012 Australian Journal). Así mismo, en estudios relacionados con la textura observan que ensayos diseñados con texturas de mayor complejidad había tasas de dominancia más bajas de los estímulos (Meillón et. al., 2010). Por otro lado, en el presente estudio, se pueden resaltar 13 de los 35 atributos sensoriales evaluados no tuvieron importancias relativas (peso) ni absoluta (carga) en la contribución de sus correspondientes constructos. En el caso de aroma, los cuatro aromas (*floral, animal, fruta pasa y evolucionado*) no tuvieron importancias relativas ni absolutas en la contribución del constructo aroma. En el caso de sabor, ninguno de los tres sabores evaluados (dulce, ácido y amargor) tuvieron importancias relativas o absolutas en la contribución del constructo sabor. Además, en el caso de sensación táctil en boca, seis percepciones (*tanino verde, polvoriento, granuloso, arenoso, gomoso y ardiente*) no tuvieron importancia relativa ni absoluta en la contribución del constructo sensación táctil en boca. En otras palabras, fueron 37.1% (13 de 35) de los atributos evaluados no tuvieron

ningún tipo de influencia en la evaluación de la estructura de los vinos tintos ultrapremium españoles. (Tang et al., 2017) reportaron una disminución en el número de atributos dominantes en el estímulo de mayor complejidad; sin embargo, identificaron un aumento en el número de atributos que se encuentran debajo de la línea de significación.

2.4.2 Descriptores significativos

El método de modelización formativa mediante PLS-SEM se aplicó a los descriptores sensoriales como indicadores de sus dimensiones de aroma, sabor y percepción táctil a la estructura global. La percepción táctil predomina y contribuyó a la estructura con el 53.4% y el aroma explicó el 19.5% mientras que, la contribución del sabor al modelo de estructura ha resultado no ser estadísticamente significativa. Nueve de los 19 descriptores de sensaciones táctiles, casi la mitad (47.4%) resultaron ser significativos con un $p < 0.05$ para *graso*, *persistente*, *acuoso*, *punzante*, *picante* y con $p < 0.95$ para los atributos *carnoso*, *rugoso*, *pegajoso* y *tanino duro*. Todos contribuyeron positivamente a excepción de *acuoso*, *punzante* y *pegajoso* que contribuyen negativamente a la estructura. Cinco términos de aroma de los 17 (38.5%) han sido estadísticamente significativos: las notas especiadas, frutas rojas/negras y fruta fresca, cuero y madera ($p < 0.95$). Todos tuvieron influencia positiva a excepción de olor a cuero que fue negativa. En este modelo de la estructura global el constructo percepción táctil en boca tiene un efecto grande, el aroma moderado y el sabor prácticamente inexistente.

En el estudio causal que aplica redes neuronales bayesianas realizado con datos químicos y sensoriales obtenidos de una guía de vino y con las puntuaciones globales de vinos tintos mostró que en su modelo contribuyen a la estructura el término afrutado y el floral, y este a su vez recoge el término de especias, lo que concuerda con parte de nuestros resultados en donde las especias, la frutas rojas/negras, la fruta fresca son los atributos de aroma que más contribuyeron al modelo de estructura (Golia et al., 2017). Otro aspecto relevante que puede observarse en este estudio de redes neuronales bayesianas es que la estructura contribuye a la persistencia y a la riqueza aromática. En este caso es la estructura la que influye en esos dos atributos, mientras que en nuestro modelo se plantearon como formativos esto da pie a continuar en la investigación para ir determinando aquellos atributos que son los formativos de la estructura (Golia et al., 2017). Otros autores analizando vinos tintos de gama media-alta obtuvieron que estos se caracterizaban también por tener los atributos afrutado, especiado y madera en vinos, siendo también relevante la estructura (Golia et al., 2017; Valentin et al., 2016).

Finalmente, la dimensión del sabor que evaluó los atributos dulce, ácido y amargo tuvo una contribución nula en la estructura global al no ser ninguno de los atributos significativo. Se determinó la carga factorial y se obtuvo un valor negativo para sabor (-0.099) lo cual significa que algún atributo de sabor va en sentido contrario de los otros, sugiriendo la posibilidad de un efecto o relación de supresión entre los diferentes atributos sensoriales vinculados a sabor. Estudios previos argumentan que el amargor es una de las características importantes en los vinos tintos para consumidores y profesionales (de-la -

fuelle 2017 y Gaweel 1998) y sin embargo este atributo no tiene influencia significativa en la calidad ni en la complejidad percibida en otros vinos (Parr et al. 2020). En este último estudio también evaluaron la acidez y el dulzor que tampoco resultaron ser significativos. De este hecho ya hay precedentes en otras investigaciones en relación con vinos de alta calidad, donde existen reacciones de equilibrio del sabor dulce con el ácido y el amargos que se neutralizan unos a otros, o más bien se equilibran y por tanto las sustancias de sabor dulce, ácido, amargo, salado no sobresalen como tales (Ribéreau-Gayon, J. 1973). Otros estudios sobre el sabor del vino observan supresión o estimulación de los sabores debido a interacciones cruzadas entre ellos (Keast y Breslin, 2002; Green et al. 2010 (Martin et al., 2002; Zamora et al., 2006) lo que puede explicar que en estos vinos ultrapremium, de muy alta calidad, los atributos de sabor estén equilibrados y no fueron significativos en el modelo de estructura.

En nuestro estudio en donde los aromas afrutados tienen relevancia sensorial significativa puede atribuir a algún tipo de interacción cruzada como las que se ha observado en otros trabajos como sabor dulce - aroma de frutas, sabor ácido - aroma cítrico y sabor amargo - animal (Arvisenet et al., 2016; de-la-Fuente-Blanco et al., 2017) (Sáenz-Navajas et al., 2010) y modulen el equilibrio de los sabores.

Recientemente algunos autores revelan que la mayor complejidad de los vinos implica una reducción del número de atributos dominantes, es decir, que la mayoría de los atributos se hayan por debajo de la línea de significación (Tang et al., 2017), o que algunos compuestos aromáticos a pesar de estar por debajo de su umbral de percepción contribuían

en algunos aspectos del aroma (Baldovini & Chaintreau, 2020). En nuestro caso se pueden resaltar que en algunos atributos sensoriales no tuvieron importancias relativas (pesos no significativos) en sus correspondientes constructos pero que detectaron sus importancias absolutas (cargas significativas y superior a 0.4 o 0.5). Ellos son los atributos café y tostado de aroma, atributos untuoso y envolvente de sensación táctil y los sabores ácido y amargo.

2.4.3 Atributos sensorial que inducen las valoraciones de estructura y calidad global

En término de los atributos evaluados en este estudio, los descriptores que más contribuyen a la estructura fueron en boca graso, persistente, acuoso, carnoso, picante, rugoso, punzante, pegajoso, tanino duro junto con el olor a especias, fruta roja/negra, fruta fresca, cuero y madera. El atributo acuoso tiene un peso importante y algo inferior a graso que fue el más valorado, cabe interpretar que el termino graso está relacionado positivamente con la estructura y muestra una relación inversa con el término sensorial acuoso (Gawel et al., 2014) y en menor medida contribuyen negativamente punzante, pegajoso y el olor a cuero que es consistente con otros estudios donde vinos menos valorados tiene aromas y cuero que se pueden relacionar como compuesto de origen microbiano no deseados (Lattey et al., 2010; Wedral et al., 2010).

Es interesante destacar aquí que los atributos que contribuyen a la estructura son distintos en su mayoría a los de calidad. Así, en el modelo de estructura los que más influyen son atributos táctiles de boca siendo graso, carnoso, picante, rugoso y taninos los que más

contribuyen positivamente a diferencia de la calidad que con un solo atributo, envolvente, que además fue el de mayor influencia en la calidad, recogiendo junto con persistencia toda la contribución positiva de las sensaciones táctiles en boca. En los dos modelos el término persistencia fue valorado positivamente pero nuevamente su contribución es casi el doble para la estructura que para la calidad. Cabe destacar también, que el término de tanino duro, descriptor de la astringencia, solo influye en el modelo de estructura global, y cabe resaltar que no está presente en calidad. Esto ha sido observado en otros estudios en donde la calidad los atributos de boca texturales tenían poca influencia significativa sobre la calidad percibida (Parr et al., 2020) y lo resaltan como un hecho inesperado dado que en otros estudios se había observado que son importantes para apreciar el vino tinto (Gawel et al., 2000; Laguna & Sarkar, 2017; Sáenz-Navajas et al., 2017) Sin embargo, si asociaron con la calidad la concentración-en-boca que lo vinculan a cuerpo (Parr et al., 2020). En nuestro caso el término con mayor peso que influye en la calidad es envolvente y está recogido en la rueda de los atributos de boca de (Gawel et al., 2000) en el grupo de términos complejos de la descripción de la astringencia y que hace referencia a una agrupación hedónica de una amalgama de sensaciones de astringencia placenteras, flavor y acidez equilibrada. Esto sería coherente con lo que se espera de los vinos ultrapremium.

Otro aspecto a destacar es el menor número total de atributos significativos para la calidad (9) mientras que en la estructura (14) de los cuales nueve fueron de boca. Sin embargo, el número de atributos de aromas fue similar, cuatro en calidad y cinco en estructura. Se diferenciaron en los atributos fruta fresca y madera que influyeron en la

estructura mientras que en calidad en vez de madera fue significativo el café y tienen en común la fruta roja/negra, especias y el cuero. En la calidad hubo un mayor equilibrio entre los atributos de distinta dimensión, alternándose los atributos de boca con los percibidos orthonasalmente; mientras que en la estructura la mayor influencia se explicó con los atributos de boca y menos por los aromas. En la evaluación de la estructura se focaliza conscientemente en la boca, el aroma está implícito, aunque sea débil pero no inexistente.

También existen diferencias entre el modelo de la estructura y de la calidad en cuanto a los atributos no significativos (cargas significativas o valores superiores a 0.4) de los cuales coinciden tostado (0.400), sotobosque (0.363), untuoso y sedoso pero difieren en los atributos floral (0.358), fruta fresca (0.417), evolucionado (- 0.352), madera (0.346) animal (-0.386), tanino verde, graso y carnoso en el que su carga no resulta significativa tiene valores superiores a 0.4 sabor el dulzor es positivo y negativos acidez y amargor que puede generar un efecto supresor dulce (0.997), acidez (-0.408) de calidad. El amargor está por debajo de 0.4 pero en estructura su carga es positiva mientras que en calidad resulta negativa (- 0.306). En la evaluación de la calidad se genera con la percepción de los aromas y percepciones en boca, se podría explicar que esta mayor carga para dulzor casi mayor en calidad que en estructura pueda estar afectada por la interacción de aromas en el sabor como se reporta en otros trabajos que cuando son congruentes los aromas florales, frutas con un incremento del dulzor, y el amargor negativo por interacción o sinergia con el olor animal (Delwiche, 2004; Labbe et al., 2008).

En el presente estudio para los vinos ultrapremium la percepción táctil en boca es más relevante tanto para la estructura como para la calidad, aunque en otros estudios observaron que los atributos de astringencia, dureza de tanino, entre otros no son importantes para los juicios de calidad de Pinot noir. Cabe resaltar que la diversidad y el número de los atributos entre dos modelos, pone en relieve que la estructura y la calidad son dos conceptos diferentes para los profesionales del vino.

2.4.4 Relación entre los juicios de estructura y calidad y la importancia de la estructura

En el presente estudio tanto la estructura y de la calidad fueron evaluadas globalmente, considerando ambos conceptos como descriptores holísticos (concepción como un todo distinto de la suma de las partes que lo forman), multimodales y que conlleva un procesamiento sensorial para obtener la información. La diferencia en la evaluación de estos dos conceptos fue principalmente que la estructura se evaluó en boca de forma global las percepciones gustativas, mientras que la calidad global fue una valoración conjunta de las percepciones orthonasal y gustativa del vino. La valoración global de la estructura se diferencia de otros estudios en que el término estructura, estructura global son utilizados como un atributo para la comprensión de la calidad, de la complejidad, tipicidad, o de asociación a los mismos (Parr et al., 2020) y no con una dimensión holística que se enfoque en el estudio en si de la estructura lo cual resulta novedoso.

2.4.5 Relación asociado entre la valoración global de la estructura y de la calidad

Mediante el cálculo del coeficiente de correlación bivariada de Spearman entre las evaluaciones globales de la estructura y la calidad, se observó que entre las dos evaluaciones globales tuvieron una correlación estadísticamente significativa y positiva. Este resultado está de acuerdo con estudios previos de la calidad de los vinos tintos (Golia et al., 2017; Parr et al., 2020; Valentin et al., 2016). Autores, (Golia et al., 2017) estudiaron los vinos italianos e indicó que, para los vinos tintos, la estructura tuvo un impacto directo en la evaluación global de la calidad. Autores, (Parr et al., 2020; Valentin et al., 2016) analizaron vinos de Pinot noir de Nueva Zelanda y de Borgoña, observaron una correlación positiva entre la estructura y el aroma afrutado con la evaluación global de la calidad e indicaron que estos atributos fueron las características organolépticas más importantes para predecir la calidad de vinos de Pinot noir.

2.5 CONCLUSIÓN

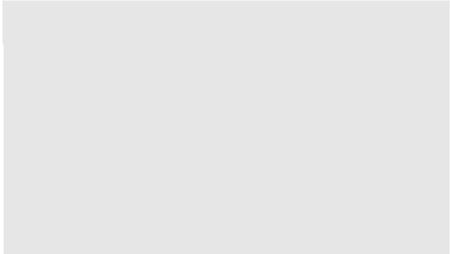
El principal objetivo del presente capítulo eran estudiar los expertos del vino perciben la estructura del vino, determinando qué atributos sensoriales están influyendo en su formación. La primera conclusión es que las sensaciones táctiles en boca fueron los factores más importantes en la evaluación de la estructura del vino. Además, observamos que los aromas también influyeron en la valoración de la estructura, pero tuvieron una influencia menor que las sensaciones táctiles en boca.

Una segunda conclusión es que la estructura de los vinos ultrapremium españoles está formada positivamente por las percepciones de graso, persistente, carnosos, picante, rugoso, tanino duro, especias, fruta roja/negra, fruta fresca y madera. Y está negativamente formada por las percepciones de acuoso, punzante, pegajoso y cuero.

Un tercera conclusión es la evaluación de la estructura tuvo una correlación positiva con la evaluación de la calidad intrínseca, aunque estas dos evaluaciones globales valoran diferente, es decir, evalúan por diferentes características sensoriales.

Finalmente, el presente estudio es importante, ya que hemos desarrollado el conocimiento de un grupo de vinos muy especiales: vinos tintos ultrapremium, y hemos explorado las características organolépticas claves en la valoración de la estructura mediante un modelo causal predictivo. Lo más novedoso es hemos mostrado la relación entre las valoraciones globales de calidad y de estructura.

Capítulo 3



**ESTRUCTURA DEL VINO
COMO VARIABLE MEDIADORA
ENTRE LOS ATRIBUTOS
SENSORIALES Y LA CALIDAD**

3.1 INTRODUCCIÓN

Los dos primeros capítulos de la presente tesis doctoral han tenido como objetivo principal determinar los atributos de calidad que son más relevantes a la hora de explicar y/o de predecir la calidad total y la estructura de los vinos tintos españoles. Para finalizar esta primera parte de la tesis doctoral, el presente capítulo tiene como finalidad determinar el rol que desempeña la estructura dentro del proceso de evaluación del vino por parte de los expertos. Para ello, el presente capítulo se organizará de la siguiente forma: primero, se realizará una introducción al problema objeto de estudio; segundo, para su resolución se planteará un modelo predictivo de mediación por lo que se ha considerado oportuno realizar una introducción sintética al análisis de las relaciones de mediación dado que no conocemos estudios previos que hayan aplicado este planteamiento dentro del análisis sensorial de los vinos; tercero, se procederá a la descripción de los resultados obtenidos así como a la posterior discusión de los mismos con el fin de obtener una serie de conclusiones al presente capítulo. Dado que las conclusiones del estudio apuntan a un doble proceso simultáneo de procesamiento de la información sensorial que recibe el cerebro (mediación parcial complementaria) se ha considerado conveniente dividir la introducción en dos partes a fin de tener un contexto completo del problema analizado: primero, realizar una revisión de la literatura que vincula atributos organolépticos del vino con estructura y con calidad total del vino; segundo, realizar una revisión de las investigaciones relativas al procesamiento de la información sensorial que recibe el cerebro a través del sistema nervioso y sus implicaciones en la evaluación sensorial de los vinos.

3.1.1 Atributos sensoriales, estructura y calidad del vino

La calidad del vino es un concepto multidimensional y complejo que se puede abordar tanto desde la perspectiva del consumidor como desde la visión del sector vitivinícola; desde la perspectiva del consumidor la literatura ha resaltado especialmente tres aspectos: (a) la dificultad de evaluar la calidad del vino por tratarse de un bien de experiencia, en el cual se debe diferenciar entre calidad percibida y calidad objetiva; (b) los consumidores evalúan la calidad del vino por sus gustos y por experiencias individuales (Ballester et al., 2008). (c) existen grandes diferencias en la valoración de la calidad según el grado de implicación del consumidor o involvement (Calvo-Porrá et al., 2021; Lockshin et al., 2010; Quester & Smart, 1996). Por su parte, la visión del sector vitivinícola es diametralmente diferente. En primer lugar, algunos estudios sugieren que la ausencia de defectos es un aspecto crucial de la calidad del vino (Wright, 2001); otros autores indican que, además, de no tener defectos, la calidad del vino es un concepto más profundo y complejo no existiendo un concepto único de calidad, y que se debe adaptar la evaluación de calidad al tipo de vino elaborado en la bodega (Beckett & Atkin, 2002), lo cual plantea el problema de qué tipologías de vino existen y, por tanto, que formas diferentes de evaluar la calidad del vino deben ser desarrolladas (Charters & Pettigrew, 2007).

El influyente enólogo francés (Peynaud, 1987) se centra en el placer y sugiere que es el indicador más relevante de lo bueno que es un vino por lo que sugiere analizar los atributos sensoriales claves que generan dicha sensación; otros autores han planteado que el marco idóneo

de análisis debe ser el análisis de la calidad intrínseca de los vinos mediante análisis sensorial (Hopfer et al., 2015; Hopfer & Heymann, 2014). Este planteamiento permite generar los perfiles sensoriales de los vinos a partir de las características organolépticas de los vinos, siendo frecuentemente realizado el análisis por panelistas expertos, entrenados o consumidores, depende del objetivo de la investigación (Ballester et al., 2008; Gawel & Godden, 2008; Gonzaga et al., 2019; Hopfer & Heymann, 2014; Sáenz-Navajas et al., 2013). Adicionalmente otros autores han profundizado en esta línea de investigación buscando conocer los elementos clave de la composición del vino que son indicadores de su calidad; los elementos más comúnmente analizados han sido la complejidad, el equilibrio, la personalidad, la intensidad del sabor, la pureza varietal y, por supuesto, la estructura (Amerine & Roessler, 1976; Basset, 2000; Broadbent, 1979; Jackson, 1994, 2002; Peynaud, 1987). Este planteamiento es el que se seguirá en el presente capítulo.

Existe mucha literatura que avala el estudio y delimitación de los atributos sensoriales que influyen sobre la evaluación de la calidad de los vinos tintos. Para los vinos españoles, autores (Ferreira et al., 2009) estudiaron la calidad de los vinos tintos premium españoles y mostraron una relación causal entre los aromas con la evaluación de la calidad de los vinos mediante el uso de modelo de regresión de mínimos cuadrados parciales (PLSR) e indicaron que la calidad de los vinos tintos españoles premium está relacionada principalmente con la presencia de odorantes defectuosos o negativos, y en segundo lugar con la presencia de un número relativamente grande

de olores de frutas dulces. A través del mismo método estadístico, autores (Sáenz-Navajas et al., 2011) también observaron relaciones causales entre los aromas con la evaluación de la calidad de los vinos tinto premium españoles de diferentes Denominaciones de Origen y diferentes precios (entre 15 y 20 euros), indicaron que una parte importante de la calidad de estos vinos depende tanto de la acidez como de la astringencia así como en su composición aromática, en particular, los aromas de las familias afrutadas (fruta blanca, exótica e higo), especiadas (vainilla, mentolo/fresco), /quemado/madera y animal, siendo esta última familia aromática el único atributo contribuyendo negativamente a la calidad. Estos datos respaldan el papel relevante que juegan en la evaluación de los atributos de calidad de sabor y sensación en boca junto con el perfil aromático. Asimismo, autores (Sáenz-Navajas et al., 2012) estudiaron vinos tintos españoles de diferentes categorías de precio (premium: 15-25 euros; estándar alto 6-14 euros; estándar bajo 1-5 euros) mostraron que los aromas orthonasales pueden explicar la calidad del vino. El par sensorial 'madera/animal' se confirmó como el más relevante e influyente para la calidad del vino. El papel de los otros términos dependía de la categoría. Los atributos relacionados con la oxidación son particularmente perjudiciales para los vinos más jóvenes. Además, autores (Sáenz-Navajas et al., 2016) analizaron la relación entre descriptores sensoriales y la evaluación de la calidad de vinos tintos españoles de diferentes zonas de elaboración, variedades, añadas y con diferentes periodos de crianza tanto en botella como en barrica mediante regresiones lineales múltiples (MLR) con validación cruzada; los mencionados autores concluyeron que las señales sensoriales intrínsecas que impulsan la calidad global involucran el color (color rojo), el aroma (aroma defectuoso y

tostado) y las propiedades en la boca (astringencia) así como que los estímulos olfativos fueron especialmente importantes en el concepto de calidad global.

Respecto a los estudios que han analizado vinos tintos de otros países, (Lattey et al., 2010) mostraron la relación causal entre los aromas y la evaluación de la calidad de los vinos tintos australianos de la variedad Cabernet Sauvignon y Shiraz, mediante el uso de la regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS1). Indicaron que los vinos más ricos en flavor fueron aquellos con altas puntuaciones de fruta, roble y astringencia y fueron de mayor calidad para los enólogos. Sin embargo, los enólogos calificaron los vinos más bajos de la calidad si tenían un alto contenido de vegetal, café, ahumado, terroso, cuero, reducido, cuadra y tiritita. Estos atributos indicarían que la calidad de estos vinos está influenciada por el aroma y la sensación en boca. Otros autores (Gonzaga et al., 2019) también estudiaron los vinos tintos australianos de la variedad Cabernet Sauvignon, según las frecuencias de los descriptores sensoriales, ciertas características sensoriales parecen ser más importantes al juzgar la calidad de los vinos como características de complejidad y frutos negros para alta calidad y verde para menor calidad. Además, autores (Hopfer et al., 2015) estudiaron las correlaciones entre los perfiles sensoriales, volátiles y elementales de 27 vinos Cabernet Sauvignon de California de diferentes regiones, añadas y categorías de calidad con los indicadores de calidad (i) puntuaciones otorgadas durante un concurso de vinos, (ii) puntajes de agrado de expertos en vinos, (iii) precio minorista de la botella, (iv) cosecha y (v) región vinícola. Observaron una relación asociativa entre los aromas y la evaluación de la calidad de los vinos.

Con la excepción de los puntos otorgados durante un concurso de vinos y las puntuaciones de los expertos en vinos, ninguno de los indicadores de calidad mostró correlaciones significativas entre sí, lo que indica que, de hecho, cubren diferentes aspectos de la calidad del vino. Para los atributos sensoriales del panel de análisis descriptivo, tanto los indicadores de calidad como varios compuestos volátiles mostraron correlaciones significativas, lo que apunta, por un lado, a la importancia de la percepción del sabor del vino para la calidad general del vino según lo juzgan los expertos en vinos y, por otro lado, a la importancia de la fracción volátil en la calidad del vino. Sin embargo, como era de esperar, ningún compuesto o descriptor sensorial único puede describir completamente todos los aspectos de la calidad del vino. Por último, autores (Caissie et al., 2021) estudiaron catorce vinos tintos franceses premium y seis secundarios (estándares), mediante regresiones lineales múltiples (MLR), observaron una relación causal entre los aromas y la evaluación de la calidad de estos vinos. Indicaron que el olor fue el predictor sensorial más importante para el consenso en las decisiones de calidad (junto con los olores del vino); asimismo los atributos sensoriales vinculados a aromas han sido los atributos más relevantes para diferenciar distintos niveles de calidad entre los vinos objeto de estudio. Por consiguiente, se puede concluir que el aroma es un factor sensorial relevante que influyen en la evaluación de la calidad de los vinos tintos.

Además de los aromas, la sensación táctil en boca también es otro factor sensorial muy importante para la evaluación de la calidad del vino tinto; el principal problema asociado a este

conjunto de rasgos sensoriales es su mayor dificultad para ser definido y para ser medido. De los diversos rasgos organolépticos que lo integran destaca, como se verá al realizar la revisión de la literatura, que la astringencia es la característica más analizada.

Para los vinos españoles, autores (Sáenz-Navajas et al., 2016) estudiaron los vinos tintos españoles de diferentes zonas vinícolas, variedades, añadas y con diferentes periodos de crianza tanto en botella como en bodega con atributos sensoriales, mediante regresiones lineales múltiples (MLR); su estudio empírico detectó una relación causal entre la sensación en boca y la calidad: las señales sensoriales intrínsecas que impulsan significativamente la calidad global fueron el color (color rojo), el aroma (aroma defectuoso y tostado) y las propiedades en la boca (astringencia); otras conclusiones relevantes han sido que no se puede medir la calidad intrínseca de un vino exclusivamente en base a sus propiedades en boca, de forma que es insuficiente utilizar como variables predictoras de la calidad los atributos más comúnmente utilizados es decir sabor y astringencia. Por último, como consecuencia de lo anterior, (Sáenz-Navajas et al., 2017) desarrollaron un amplio conjunto de atributos sensoriales que describen las propiedades sensoriales relevantes en boca (ardiente, rugoso, polvoriento, secante, secante en el paladar, secante en el lateral de la lengua, carnoso, granuloso, gomoso, picante, envolvente, graso, punzante, arenoso, sedoso, pegajoso, untuoso, acuoso y persistente), las cuales han validado como adecuadas para discriminar entre vinos y entre fracciones.

Para los vinos de otros países, autores (Lattey et al., 2010) mostraron la relación causal entre los aromas y la evaluación de la calidad de los vinos tintos australianos de la variedad Cabernet Sauvignon y Shiraz, mediante el uso de regresiones lineales múltiples (MLR). Indicaron que los vinos que el enólogo consideró de mayor calidad eran más oscuros en color, y más altos en aromas de fruta roja, menta, pimienta, especias, madera, coco, vainilla, y más intensos en boca las sensaciones de textura superficial, secante, pegajoso, picante y persistencia; por otro lado, la sensación metálica en boca influye negativamente en la valoración de la calidad. Estos resultados indicaron que la calidad del vino está influenciada conjuntamente por el aroma y la sensación en boca. Autores, (Niimi et al., 2018) estudiaron los vinos australianos de Cabernet Sauvignon y de Chardonnay y mostraron que una relación asociativa entre la sensación en boca y la calidad. Los vinos intensamente astringentes se consideran de mayor calidad, ya que los expertos consideran esta característica como un indicador de estabilidad prolongada y longevidad de la sensación en boca con el tiempo, por lo tanto, con un gran potencial para envejecer y obtener resultados de excelencia. Además, (Araujo et al., 2021) también observaron una relación positiva entre la sensación en boca y la calidad; en concreto, para los vinos Pinot noir de Nueva Zelanda, los atributos en boca de suavidad, volumen, cuerpo y viscosidad generaron juicios de alta calidad, mientras que el tanino duro generó juicios de baja calidad.

Por otro lado, (Rinaldi et al., 2021) detectaron importantes diferencias entre consumidores y evaluadores capacitados al evaluar las calidades de diversos vinos tintos, las cuales fueron más

acentuadas para los vinos de precio más elevado (por encima de 20 euros la botella). Esta ausencia de consenso se centraba principalmente en los siguientes aspectos: (a) los consumidores no tenían pleno conocimiento de la astringencia, (b) el uso de la madera provocó percepciones contrastadas: positivas para los evaluadores capacitados pero negativas para los consumidores; (c) la sensación envolvente fue el atributo más intensamente asociado con calidad por parte de los consumidores.

Existe escasa literatura que analizan la incidencia de los atributos sensoriales sobre la estructura de los vinos tintos. Autores, (Peynaud & Blouin, 2002) definieron la estructura del vino como una representación física de la conformación del vino, su evaluación es el conjunto de las sensaciones de volumen gustativo, de forma (esférico, redondo, liso etc.), de consistencia (se refiere a vinos con cuerpo o sin cuerpo) y de equilibrio. Además, en un intento de definición gráfica del vocabulario de vinos tintos relativos al equilibrio, (Peynaud & Blouin, 2002, p. 159; Vedel, 1972) contrapusieron los calificativos gustativos unos frente a otros en un sistema que refleja las magnitudes relativas de sus componentes básicos, así el atributo estructura, que se encuentra en la base de las coordenadas junto con redondo y fundido, abarca cinco ejes que los relaciona con a) aspereza, sequedad, b) irritante, picante, c) astringencia, tánico d) sólido e) pesado, espeso, suave, lleno. Por tanto, se puede concluir que la estructura del vino es una característica sensorial que proviene de múltiples atributos, que es un concepto diferente de aromas, sabor y sensación en boca, que deriva de la interrelación entre todos los diferentes atributos sensoriales de un vino y que antecede a la evaluación de la calidad intrínseca del vino. Sin embargo, los previos

estudios no suelen utilizar la estructura como un concepto general, sino que lo utilizaron como un descriptor en el mismo nivel con otros descriptores que pueden generar esta sensación (Araujo et al., 2021; Caissie et al., 2021; Valentin et al., 2016). En el presente capítulo, se ha planteado una visión global e integradora de los estudios previos de forma que:

- a) los atributos sensoriales relativos a aromas y a sensación en boca podrían influir tanto sobre la estructura como sobre la evaluación de calidad intrínseca del vino.
- b) simultáneamente, la estructura del vino también puede afectar a la valoración global de calidad intrínseca del vino.
- c) se analizará el proceso mental de evaluación del vino a fin de determinar la posible existencia de un efecto de mediación de la estructura entre las valoraciones de los rasgos organolépticos del vino (aroma y sensación en boca) y la valoración global de calidad intrínseca otorgada a los vinos tintos objeto de estudio.

Es importante estudiar la estructura del vino, porque varios estudios demostraron que la estructura tiene un impacto relevante sobre la evaluación de la calidad del vino. (Valentin et al., 2016) mostraron una relación causal positiva o directa entre la estructura sensorial y la calidad del vino. Este trabajo estudió la predicción de la calidad mediante el juicio químico-sensorial de vinos elaborados en Borgoña y en Nueva Zelanda con uvas de la variedad Pinot Noir de la cosecha 2012; la principal conclusión a la que llegaron los autores citados es que los atributos en boca que dan lugar a un equilibrio general y la estructura del vino eran los principales antecedentes de la calidad

percibida, junto con los atributos vinculados con la fruta varietal (por ejemplo, frutos rojos, frutos maduros). (Golia et al., 2017) analizó vinos tintos italianos mediante la técnica de redes bayesianas (BN) y modelos de ecuaciones estructurales basados en covarianzas (CB-SEM); este estudio detectó que los aromas afrutados y florales tienen un efecto positivo sobre la valoración de la estructura de los vinos analizados; asimismo, esta investigación ha concluido que existe una relación causal directa de la estructura sensorial (sabor y sensación en boca) sobre la calidad del vino. (Parr et al., 2020) aplicaron un análisis factorial de componentes principales (PCA) para analizar la relación entre atributos sensoriales de los vinos analizados (vinos tintos elaborados en Nueva Zelanda a partir de uvas Pinot Noir); sus resultados demostraron que los atributos sensoriales que más han impulsado la valoración de calidad de los vinos son dos tipos de variables: descriptores de tipicidad varietal (como la estructura global y los aromas frutales) y descriptores vinculados a la complejidad del vino (como armonía y equilibrio).

A la vista de la literatura citada, se puede concluir que la estructura del vino es un atributo sensorial importante de cara a analizar la evaluación de la calidad y que, asimismo, existen diversos atributos sensoriales que inciden sobre ella. En otras palabras, la estructura actúa como variable que media las relaciones que existen entre los atributos sensoriales y la valoración global de calidad del vino.

La *figura 3.1* refleja el planteamiento que será objeto de estudio en el presente capítulo tercero de la tesis doctoral. Como se puede observar en el citado gráfico, se plantea teóricamente

que podría existir una doble vía de influencia de los atributos sensoriales sobre la calidad: el efecto directo (recogido en las flechas con origen en aromas y sensación en boca cuyo destino es calidad) y un efecto indirecto sobre la estructura y, a través o mediante este elemento del vino, sobre la calidad. Este planteamiento tiene al menos dos ventajas; de un lado, permite analizar la interrelación conjunta entre todos los conceptos propuestos, lo cual podría afectar tanto a los atributos sensoriales que son significativos como también a la magnitud de su influencia; de otro lado, permite desglosar que parte de dicha influencia es un efecto directo y que parte es un efecto indirecto, es decir la importancia de la mediación de la estructura.

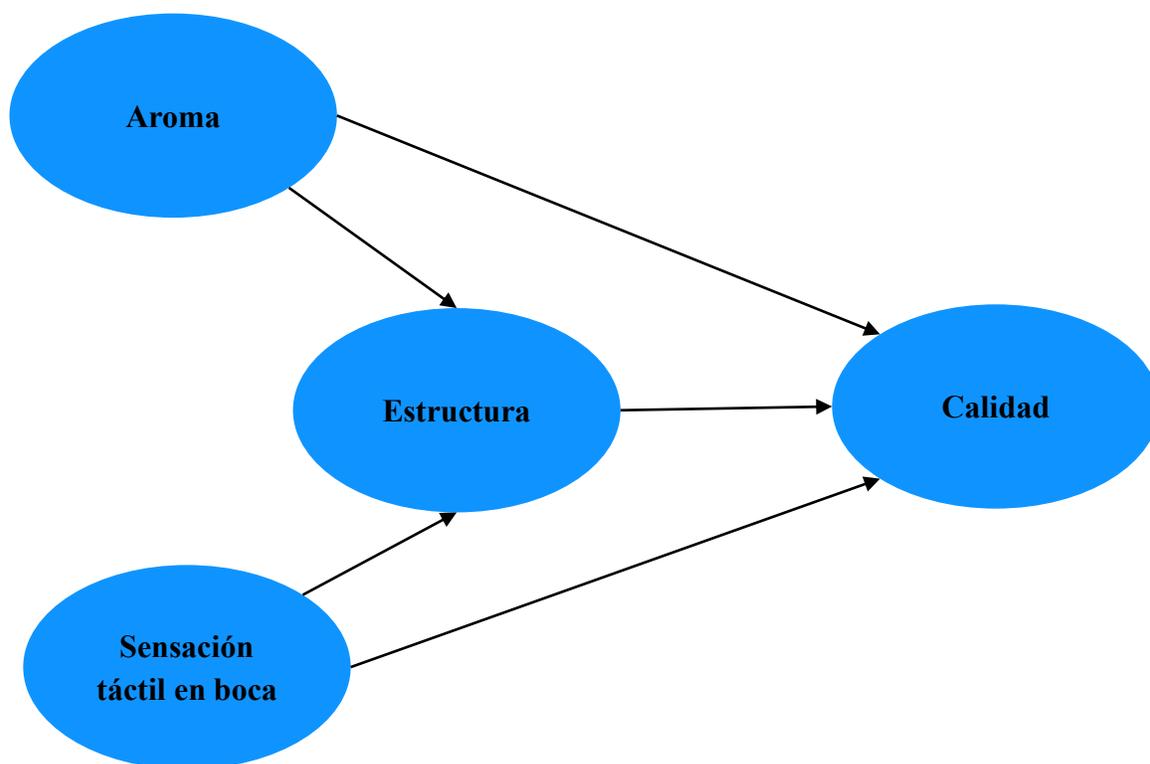


Figura 3.1 Modelo teórico (de mediación) de la investigación

En definitiva, este capítulo se propone una visión global y conjunta de todo lo anterior, lo cual implica desarrollar un modelo causal más complejo, en el cual se planteará la posible existencia de un efecto de mediación de la estructura del vino entre sus atributos sensoriales y la calidad total.

3.1.2 La evaluación sensorial en el cerebro humano

Un aspecto relevante en el análisis sensorial es la necesidad de diferenciar entre la información sensorial detectada por los diferentes órganos de nuestro cuerpo implicados y el uso que realiza el cerebro de dicha información, lo que en psicología cognitiva se denomina percepción. A continuación, se realizará una breve introducción a esta temática a fin de aplicar posteriormente dichos conceptos a la percepción de los vinos.

El organismo sigue un proceso mental en el que se desarrollan diversas fases o etapas sucesivas a fin de captar y analizar la influencia que procede del exterior del cuerpo humano, tal como refleja la *figura 3.2*.

El proceso mental comienza a través de la detección de los estímulos sensoriales por parte de los diversos receptores sensoriales que tiene el organismo. Al captar los estímulos sensoriales, los receptores sensoriales envían esta información a través del sistema nervioso con un destino final: el cerebro. Se denomina sensación al procesamiento cerebral primario que realiza el sistema nervioso a partir de los estímulos sensoriales detectados. En este sentido, hay que tener en cuenta al menos dos características de los receptores sensoriales (Myers, 2006):

a) existencia de un umbral absoluto, es decir, de una intensidad mínima de un estímulo para que dicho estímulo sea detectado por el correspondiente receptor sensorial. Habitualmente, existe un único umbral absoluto, pero en algunos casos también existe un umbral absoluto máximo, por encima del cual tampoco sería detectado (por ejemplo, los sonidos que es capaz de captar el oído humano).

b) la existencia de umbrales diferenciales. Se denomina umbral diferencial o diferencia mínima perceptible a la diferencia más pequeña en intensidad para que se pueda percibir una diferencia entre dos estímulos al menos el 50% de las veces. Ernst Weber formuló la ley que lleva su nombre: independientemente de la magnitud, dos estímulos deben diferir en una proporción del estímulo para que su diferencia sea perceptible.

En definitiva, la sensación es el procesamiento primario que realiza el sistema nervioso a partir de la información procedente de nuestros sentidos.

Una vez recibida la información en el cerebro, este órgano organiza (decodifica) la información recibida, focaliza el interés hacia la información que considera más relevante (disonancia cognitiva) y la interpreta a partir de unos principios generales y de conformidad con su experiencia previa y con su visión del objeto analizado. Surge así la percepción, que se define como el proceso de organización e interpretación de la información sensorial que permite reconocer el sentido de los objetos y los acontecimientos (Ferrer & Dalmau, 2004); tal como afirman estos autores, La representación mental del mundo se consigue a través de la sensación; pero sin la capacidad para seleccionar, organizar e interpretar nuestras sensaciones, ésta no sería posible. Este segundo proceso lo denominamos percepción.

Según (Coon, 1998) hay componentes importantes para lograr la percepción como proceso psicológico: la parte sensorial, pues se abstrae información del medio; un proceso de estructuración e interpretación de la realidad donde la información es organizada y se asocian conceptos, y un proceso afectivo, en donde la forma en que se interpretará el objeto tendrá que ver con la experiencia previa, las relaciones del sujeto con el mundo y su forma de ser, estructurando la persona su campo perceptivo de acuerdo con unos principios generales y conformidad con su propia experiencia.

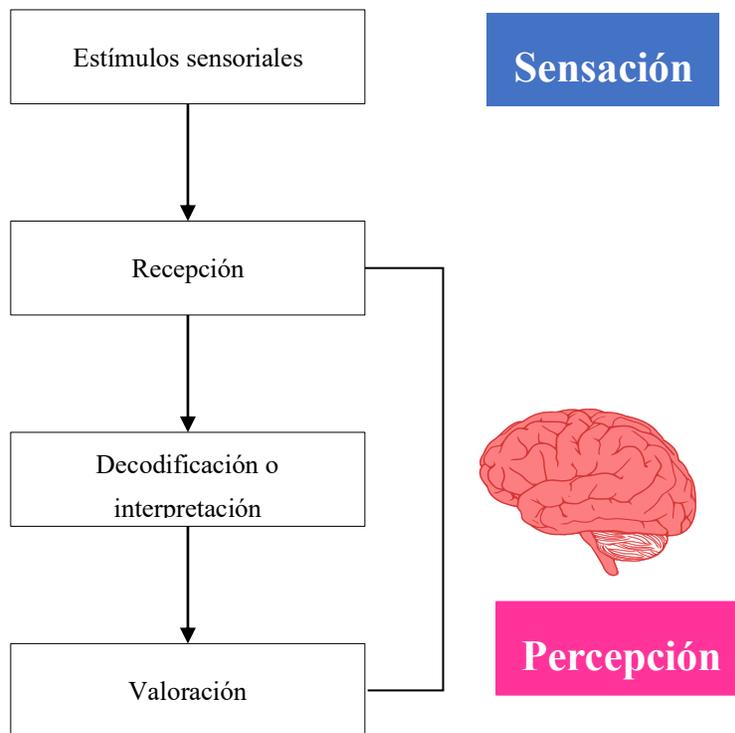


Figura 3.2 Proceso mental que genera la percepción (Adaptado de Myers, 2006)

Las habilidades mentales y su relación con la estructura cerebral han sido ampliamente estudiadas por la psicología cognitiva, formulando los denominados modelos de organización cerebral. Aunque existen diferentes planteamientos (modelo de Jackson, modelo de MacLean y modelo de Wernicke-Geschwind), el planteamiento dominante en la literatura es el denominado modelo de sistemas funcionales complejos propuesto por (Luria, 1974). Este autor planteó que la percepción, como toda actividad cerebral, es el resultado de un sistema funcional complejo que se caracteriza por ser holístico y dinámico, postulando que no radica exclusivamente en un área específica del cerebro. En este sentido, Luria propone que el cerebro comprende tres unidades funcionales que trabajan en conjunto:

- 1) la primera unidad funcional tiene como finalidad regular tono, vigilia y estados mentales.

Esta unidad funcional es la base indispensable para el curso normal de los procesos mentales humanos dado que éstos requieren estar despiertos, y se corresponde con el denominado sistema reticular ascendente y descendente.

- 2) la segunda unidad funcional tiene que ver con el procesamiento cerebral de la información que se capta a nivel periférico por los mecanismos sensoriales de la visión, audición, gusto, tacto y olfato. La organización de los estímulos captados permitirá al individuo generar un aprendizaje y una adecuada interacción con el medio.

Cada uno de los sentidos tiene su propia ruta de procesamiento cerebral (Silva-Barragán & Ramos-Galarza, 2020). Así, en cuanto al procesamiento de los aromas, el epitelio olfatorio

será la primera estructura que receptorá este tipo de estímulo, posteriormente pasará a la placa cribiforme para proyectar la información a través de las vías olfatorias y continuará el proceso olfativo a los bulbos olfatorios en la base del encéfalo. Los axones de esta vía olfatoria accederán al cerebro de manera directa hasta la amígdala y a la corteza piriforme y entorrinal del sistema límbico. De este nivel la información se proyectará a zonas cerebrales similares al gusto y al hipotálamo.

A nivel gustativo, en las papilas ubicadas en la superficie de la lengua se captan los diferentes estímulos de sabores y sensaciones táctiles en boca, los cuales generan potenciales de acción en axones aferentes que llevan la información mediante los pares craneales facial, glossofaríngeo y vago al bulbo raquídeo, de donde se proyectará a la amígdala, hipotálamo y al núcleo postreromedial ventral del tálamo, para de ahí, proyectarse a la corteza somatosensitiva.

- 3) la tercera unidad funcional afecta a la programación y verificación de la actividad mental y comportamental; mientras en las dos unidades anteriores el trabajo del lóbulo frontal –la estructura más desarrollada del sistema nervioso- no es relevante en esta unidad tiene un rol fundamental. La tercera unidad funcional se activa (arousal) y es la función dominante cuando el proceso de percepción se torna más complejo y su correcta evaluación tiene mayores consecuencias para el individuo.

La literatura diferencia dos rutas de percepción (Ferrer & Dalmau, 2004):

- a) la ruta periférica de la percepción, dominada por la segunda unidad antes descrita. En este caso el proceso mental genera un menor gasto de energía procesando la información de forma más rápida y utilizando solamente una parte de la información, los atributos considerados más relevantes. Es un proceso más impulsivo en el que las percepciones, valoraciones y, en su caso, decisiones sobre la conducta se adoptan de forma menos reflexiva.

- b) la ruta central de la percepción se da cuando el proceso de percepción está liderado por la tercera unidad. En este caso el organismo tiene un mayor gasto de energía por lo que el sistema nervioso trata de no utilizarlo si no es estrictamente necesario. En definitiva, este proceso supone un mayor esfuerzo mental y un proceso más racional que el organismo utiliza de forma selectiva, cuando se enfrenta a situaciones de mayor relevancia para el individuo.

Comprender la percepción humana ha sido un reto tradicional de la psicología cognitiva debido a la intrincada naturaleza de los órganos sensoriales, la mente, y la amplia diversidad de estímulos que representan el entorno de cada individuo. Sin embargo, los recientes avances científico han aportado herramientas y técnicas para acceder a señales fisiológicas del cerebro y diferentes partes del cuerpo, tales como la psicofisiología o la resonancia magnética funcional están empezando a acceder al funcionamiento de la mente humana permitiendo analizar los procesos de toma de decisiones que evaluar la calidad de un vino y decidir si nos gusta (o no),

destacando las aportaciones en relación a los aromas (Ristic et al., 2019), al sabor (Pazart et al., 2014; Shepherd, 2006) , a la sensación en boca (Niimi et al., 2017) y al proceso de percepción mental y su relación con el análisis sensorial (Frost et al., 2015; Krishna, 2012; Parr, 2019; Small et al., 2013).

La *figura 3.3* recoge el proceso mental de percepción aplicado al vino, suponiendo una adaptación del proceso general de percepción en un contexto específico (Pedroza & Herrell, 2022). De acuerdo con el mencionado gráfico, una vez que un panelista/catador está en contacto con el vino, la secuencia descrita con carácter general en la figura 3.1 comienza con los estímulos sensoriales (vista, olfato, gusto), los cuales son decodificados por áreas específicas del cerebro. La primera parte del proceso implica la activación de los sentidos, que operan usando neuronas sensoriales y sensores cerebrales primarios radicadas en diferentes zonas de la mente (como el córtex visual o la corteza olfativa primaria) encargadas de detectar la presencia de colores, aromas y atributos de sabor (Shepherd, 2015; van der Laan et al., 2011). A continuación, la señalización creada por estas áreas primarias comienza a fluir hacia áreas cerebrales secundarias y de orden superior que gestionan tanto la memoria como las emociones y los procesos cognitivos racionales (Shepherd, 2006; Small et al., 2013). La evolución desde el estímulo a la percepción consciente en nuestro cerebro representa la primera mitad del proceso de toma de decisiones. Al final de la fase de activación, las señales sensoriales se integran en un único concepto que refleja la valoración global del vino, en definitiva, una evaluación de su calidad (Pedroza & Herrell, 2022; Shepherd,

2006). En esta etapa son las áreas cerebrales de orden superior, como la corteza orbitofrontal, las permiten a los seres humanos fusionar emociones; todos estos insumos se combinarán y ponderarán para producir respuestas tales como, por ejemplo, realizar una determinada valoración del vino, seguir consumiendo el vino o rechazar un vino por un defecto desagradable (Kringelbach et al., 2012; Shepherd, 2006). Este concepto se conoce como toma de decisiones basada en valores (Deco et al., 2013; Shepherd, 2015).

El resto del capítulo se organizará de la siguiente forma. En primer lugar, se procederá a desarrollar teóricamente el concepto de efecto de mediación a fin de entender la forma propuesta de abordar el problema de investigación. En segundo lugar, el apartado materiales y métodos describirá sintéticamente el trabajo de campo realizado. En tercer lugar, se procederá a describir los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación y se realizará la pertinente discusión de dichos resultados.

3.1.3 Tipos de relaciones entre variables: Las relaciones de mediación

3.1.3.1 Tipología de relaciones entre variables

En la literatura sobre epistemología se advierte que identificar relaciones de tipo causa-consecuencia entre dos o más variables, en lo sucesivo relaciones causales, o bien relaciones de naturaleza predictiva es una tarea difícil. En primer lugar, se requiere que se cumplan necesariamente las tres condiciones siguientes (Churchill, 1991; Luque, 2017; Malhotra, 2008):

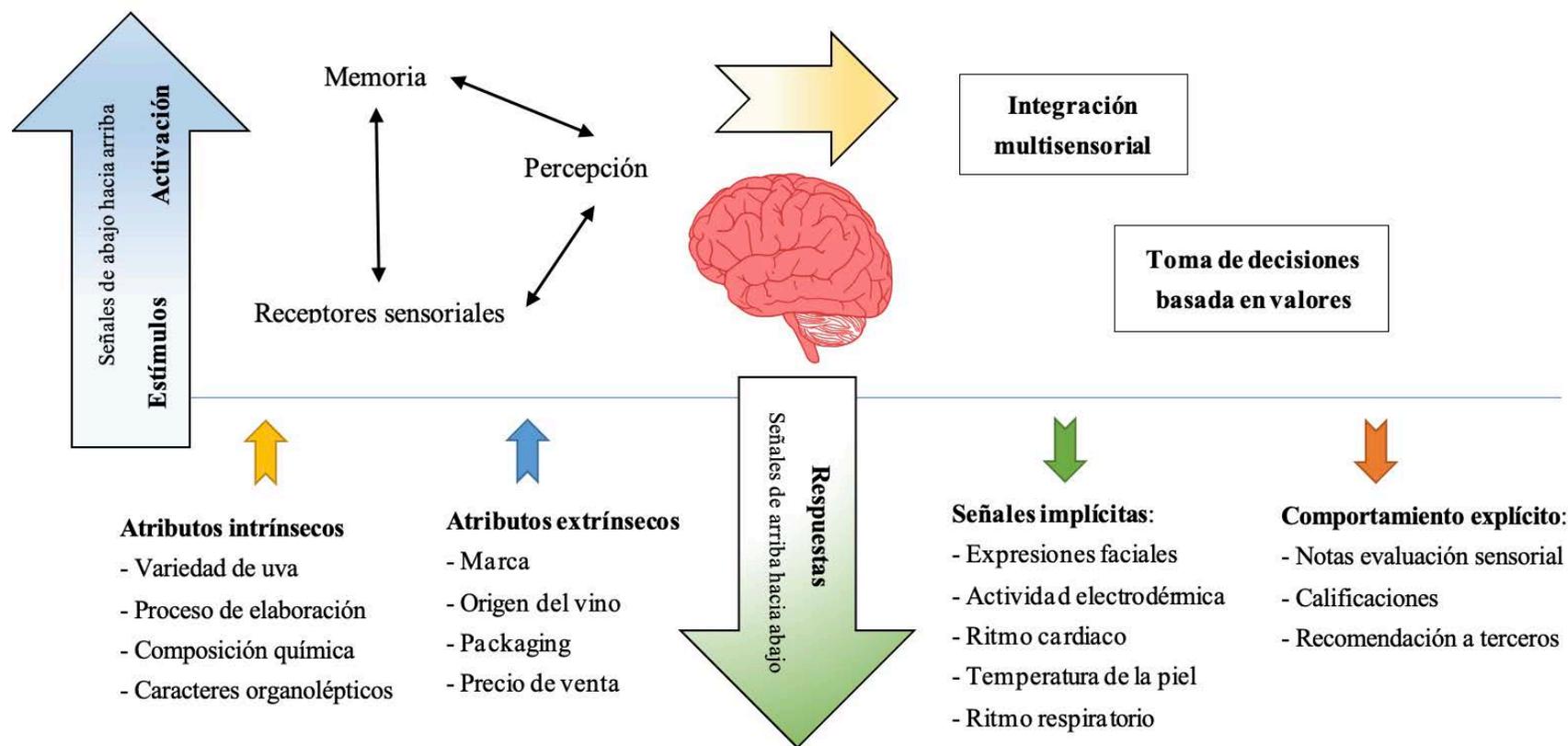


Figura 3.3 Proceso de percepción mental del vino y tipología de respuestas evocadas (Adaptado de Pedroza & Herrell, 2022)

- Variación conjunta: las variables deben estar asociadas, de manera que al cambiar las variables causa o la variable predictora también lo haga la variable efecto o la variable predicha. No obstante, se debe matizar que es un requisito necesario, pero no suficiente, dado que dos variables pueden variar conjuntamente y no existir una relación causal o predictiva entre ambas.
- Orden temporal en el que ocurren las variables: la variable causa o la variable predictora debe preceder en el tiempo a la variable efecto o a la variable predicha; en otras palabras, por su propia naturaleza el efecto o el fenómeno predicho debe ocurrir temporalmente después que la causa o indicador predictor. No obstante, este orden temporal no siempre es fácil de comprobar, porque se pueden producir efectos retardados o de retroalimentación entre las variables objeto de estudio.
- Ausencia de otros factores causales posibles: el valor una variable que se investiga debería ser la única explicación causal posible. Se deben eliminar otras influencias o reducirlas a niveles insignificantes.

Habitualmente, la literatura se refiere a estas tres condiciones básicas como asociación, dirección y aislamiento, citándolas en el mismo orden en que han sido expuestas (Ato & Vallejo, 2007, p. 31; Cohen et al., 2003, pp. 454–455).

La *figura 3.4* es un compendio de las formas más frecuentes que pueden tomar las relaciones entre variables (Luque, 2017), las cuales se explicarán brevemente a continuación.

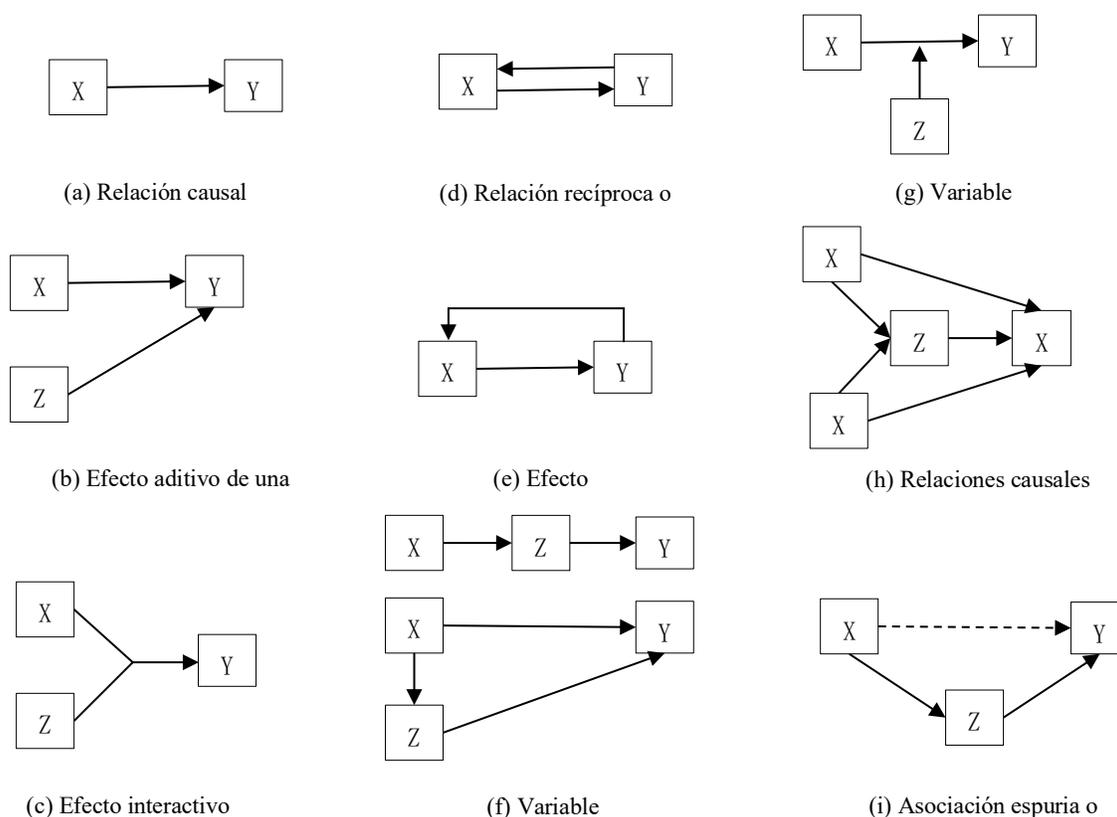


Figura 3.4 Tipos de relaciones causales (Fuente: Adaptado de Luque, 2017)

- a) Relación causa efecto clásica: los cambios en Y son consecuencia de X, sin que existan terceras variables que influyan en dicha relación.
- b) Efecto aditivo de una tercera variable: una tercera variable Z puede tener un efecto que se añada al de la variable causa X. Una entidad financiera mejorará su cuota de mercado (Y) si ofrece mejores tipos de interés (X) y aumenta el número de sucursales para estar más cerca de sus clientes (Z).
- c) Efecto interactivo de una tercera variable: cuando la suma de los efectos de las variables X y Z es diferente a la suma de sus efectos por separado, el cual puede ser mayor o menor.

Por ejemplo, realizar una promoción concreta (X) en una feria de muestras (Z) puede tener mayores resultados sobre las ventas (Y) que los obtenidos por la suma de cada una de esas actividades por separado.

- d) Relación recíproca o reversible: cuando X influye sobre Y y viceversa, por lo que no es fácil conocer cuál de las dos variables ejerce antes su influencia.
- e) Relación con efecto de retroalimentación: cuando X influye sobre Y, lo que tiene como consecuencia que Y a su vez tenga influencia sobre X; se produce un ciclo.
- f) Variable mediadora (Hair et al., 2017): entre la causa X y el efecto Y se interpone una tercera variable Z, a pesar de que exista una relación real entre ellas. Se dice entonces que X tiene un efecto indirecto sobre Y.
- g) Variable moderadora (Hair et al., 2017): existe una tercera variable Z que puede afectar directamente la relación existente entre la causa X y el efecto Y. Cuando esto ocurre, la variable moderadora Z cambia la intensidad o incluso la dirección entre X e Y.
- h) Relaciones causales complejas: pueden aparecer entramados de relaciones causales más complejas que involucran un mayor número de variables y relaciones entre las mismas. Estos entramados suponen una mejor captación de una realidad, pero al mismo tiempo aumenta la complejidad de su manejo.

- i) Asociación ficticia o espuria: los cambios en Y no son como consecuencia de X, sino por la existencia de una tercera variable Z que influye sobre ambas. Este tipo de relaciones son un problema para el investigador dado que implica dar como veraces relaciones de dependencia o de predicción que realmente son falsas y, por consiguiente, dan lugar a conclusiones erróneas en los trabajos de investigación. Ello se debe a que en estas situaciones existe otra variable (no analizada) que incide tanto sobre la aparente variable causal o predictora como también sobre la variable dependiente o predicha.

3.1.3.2 La relación de mediación

La mediación se da cuando una tercera variable o concepto, llamada habitualmente variable mediadora, interviene entre otros dos conceptos relacionados. En concreto, la mediación supone que un cambio en la variable independiente causal o predictora (variable exógena) provoca un cambio en la variable mediadora, la cual a su vez genera un cambio en el concepto dependiente o predicho (variable endógena); en definitiva, lo que viene a significar es que la variable exógena incide, total o parcialmente, sobre la variable endógena a través de la variable mediadora.

Si no se introduce ninguna tercera variable en la relación $X \rightarrow Y$, su efecto causal se obtiene estimando el coeficiente c , tal como refleja el diagrama (A) de la **figura 4.2**. En ocasiones, el efecto causal de X sobre Y puede ser mediado por alguna variable (o proceso) Z si ésta se inserta entre X e Y originando la cadena causal $X \rightarrow Z \rightarrow Y$. El modelo resultante se denomina modelo de mediación simple, donde Z juega el papel de variable mediadora. Los diagramas *path* que

corresponden a los modelos (B) y (C) de la **figura 2** representan esta situación. El efecto causal $X \rightarrow Y$ es ahora el coeficiente c' y los efectos causales $X \rightarrow Z$ y $Z \rightarrow Y$ son respectivamente los coeficientes a y b .

La generalización de este modelo con dos o más mediadores simultáneos conduce al modelo de mediación múltiple. Dos de las diferentes formas que puede adoptar este modelo se representan en el diagrama (D) de la **figura 3.5**, el de la izquierda utilizando mediadores intermedios, y el de la derecha mediadores simultáneos específicos, donde $Z1$ y $Z2$ son sendas variables mediadoras.

El modelo mediacional simple de los diagramas (B) y (C) de la **figura 3.5** implica por tanto la estimación de las ecuaciones de regresión:

$$Y = o_1 + cX + e_1 \quad (1)$$

$$Z = o_2 + aX + e_2 \quad (2)$$

$$Y = o_3 + c'X + bZ + e_3 \quad (3)$$

donde o_1 , o_2 y o_3 son los respectivos puntos de origen o intercepción mientras que e_1 , e_2 y e_3 representan los residuos no explicados de las tres ecuaciones (término de error). Todo el análisis se concentra en la interpretación de los coeficientes de regresión a , b , c y c' de las ecuaciones (1) a (3). El coeficiente c de la Ec. (1) se llama efecto total o efecto no mediado mientras que c' de la Ec. (3) se llama efecto directo porque no es mediado por ninguna otra variable del modelo. La relación causal mediada la forman los coeficientes a de la Ec. (2) y b de la Ec. (3), y su producto

($a*b$) se denomina efecto indirecto o efecto mediado, que es igual a la diferencia entre el efecto total y el efecto directo ($c - c'$). El análisis mediacional implica que el efecto total (c) se descompone en un efecto directo (c') más un efecto indirecto ($a*b$) cuyas magnitudes dependen del grado en que X afecta a Z (coeficiente a) y Z afecta a Y controlando X (coeficiente b).

$$c = c' + a * b \quad (4)$$

Este efecto aditivo se da exclusivamente en aquellas metodologías estadísticas en las cuales se supone que las relaciones entre las variables son de carácter lineal, tal como ocurre en la regresión simple o en la metodología de modelos de ecuaciones estructurales basados en la varianza (en lo sucesivo PLS-SEM).

En definitiva, un efecto de mediación simple completo o total se da cuando la totalidad del efecto de la variable independiente X sobre Y se da en su integridad a través de la variable mediadora Z. Este tipo de relación es menos frecuente en los estudios empíricos que las relaciones de mediación parcial, en las cuales una parte del efecto de X sobre Y se da de forma directa mientras que el resto el efecto se realiza de forma indirecta a través de la variable mediadora Z. Por tanto, cuando existe una mediación parcial se puede conocer no sólo el efecto total de la variable antecedente X sobre la variable Y sino que, además, se puede cuantificar y desglosar dicho efecto estimando que parte corresponde al efecto directo y que parte se debe al efecto indirecto; este hecho permite también al investigador conocer hasta qué punto es relevante la relación de mediación analizada.

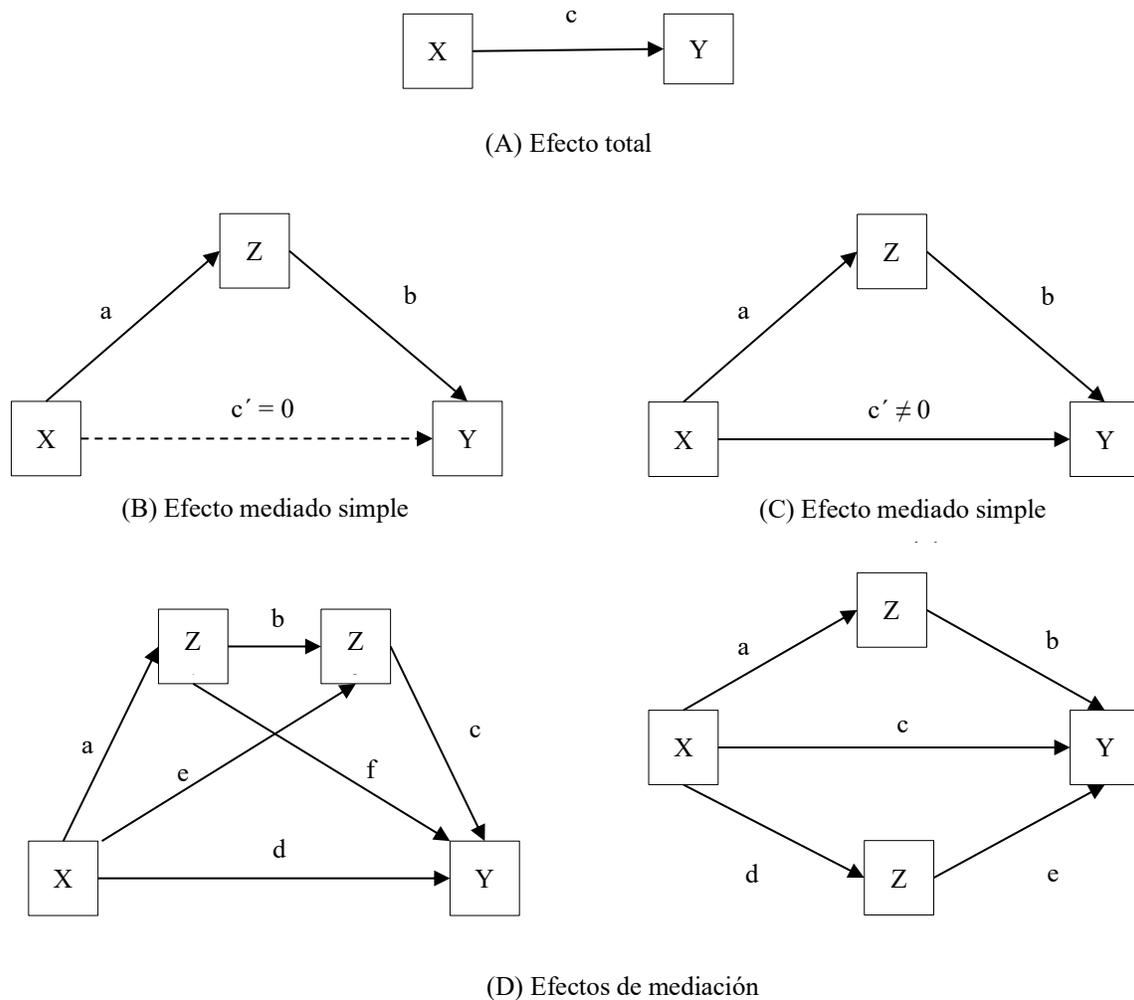


Figura 3.5 Taxonomía de efectos de mediación (Fuente: Ato y Vallejo, 2007)

MacKinnon *et al.* (2002) distinguen cuatro métodos para probar un efecto de mediación: (a) el procedimiento de las etapas causales, (b) la prueba de la diferencia estadísticamente significativa $c-c'$, (c) el test del efecto indirecto $a*b$, y (d) el procedimiento de remuestreo o *bootstrapping*. Sin entrar en grandes detalles metodológicos, que superan los objetivos de la presente investigación, los autores citados concluyen que los tres primeros procedimientos mencionados adolecen de baja potencia estadística y de altas tasas de error tipo I, y además no

articulan ninguna opción que permita probar la existencia de supresión estadística. Además, diversos estudios (Iacobucci, 2008; Iacobucci et al., 2007; Mackinnon et al., 2004) han demostrado la superioridad del procedimiento de remuestreo para probar y estimar la existencia de relaciones de mediación, especialmente en situaciones de tener un amplio número de indicadores, por la mayor potencia estadística y por su muy bajo nivel de error tipo I. Este planteamiento está incluido en los software estadísticos PLS-SEM más avanzados, como son Adanco y Smart-PLS.

Recientemente, la literatura sobre metodologías de investigación han refinado el análisis de los tipos de mediación existentes y han desarrollado una serie de pautas para su estudio (Nitzl et al., 2016; Zhao et al., 2010). Los citados trabajos diferencian dos situaciones en las que no existe relación de mediación:

- a) **Sin mediación y sólo con efecto directo:** esta situación se da cuando el efecto directo de X sobre Y es estadísticamente significativo pero el efecto indirecto no lo es.
- b) **Sin mediación y sin efecto directo:** en este caso ni el efecto directo ni el efecto indirecto son estadísticamente significativos.

Asimismo, en los mencionados trabajos se distinguen tres tipos de mediación:

- I. **Mediación complementaria:** en esta situación tanto el efecto directo como el efecto indirecto de X sobre Y son estadísticamente significativos y apuntan en la misma dirección, es decir, tienen el mismo signo.

- II. **Mediación competitiva**, que se da cuando ambos efectos son estadísticamente significativos, pero de signos opuestos, es decir, apuntan en direcciones contrarias.
- III. **Mediación sólo indirecta**: en esta situación el efecto indirecto es estadísticamente significativo, pero no lo es el efecto directo.

En definitiva, la mediación sólo indirecta es lo que inicialmente se ha denominado mediación total mientras que las mediaciones complementaria y competitiva son las dos formas en que se manifiesta la mediación parcial.

En el primer capítulo de la presente tesis doctoral se han analizado los atributos sensoriales de aroma, sabor y sensación táctil en boca que son relevantes para predecir la calidad intrínseca de un vino tinto ultrapremium elaborado en España. De forma similar, el segundo capítulo ha estudiado cuales son los atributos sensoriales clave para predecir la estructura de un vino tinto ultrapremium producido en nuestro país. En el presente capítulo, exploraremos la posible interrelación existente entre los resultados de ambos modelos, ya descritos en los dos capítulos precedentes, analizando hasta qué punto la estructura actúa como variable mediadora entre los atributos sensoriales mencionados y la valoración global de calidad intrínseca de los vinos tintos ultrapremium objeto de estudio.

3.2 MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología seguida para la evaluación sensorial de la calidad se encuentra descrita en el apartado 1.2.3 del capítulo 1. A modo de resumen la evaluación sensorial de la calidad global

fue valorada en los siete tipos de vinos tintos ultrapremium del estudio por un panel de 27 expertos del sector enológico, utilizando el método sensorial de RATA con una escala Likert de 0 a 10 puntos (0 = nivel mínimo de calidad a 10 = grado máximo de calidad). La valoración global de la calidad se realizó en copas negras normalizadas y los participantes no fueron informados de la naturaleza de los vinos del estudio. Asimismo, se detectó que los jueces realizaban adecuadamente su tarea de evaluación ya que sus valoraciones de los vinos replicados han sido similares y, simultáneamente, han realizado evaluaciones diferenciadas de aquellos vinos que correspondían a diferentes bodegas. El lector interesado puede consultar de forma detallada en el epígrafe mencionado toda la información relativa a la selección de vinos, recogida de información sobre los mismos y evaluación de la fiabilidad y validez de las valoraciones realizadas por el panel de jueces expertos.

Adicionalmente, a fin de facilitar al lector la comprensión del marco de estudio, en la *tabla 3.1* se han resumidos los principales rasgos descriptivos de los siete tipos de vinos analizados.

Es aconsejable el uso de la metodología PLS-SEM por los siguientes motivos (Roldán & Sánchez Franco, 2012): (1) el principal objetivo del presente estudio es tanto explicar cómo predecir la variable endógena calidad del vino; (2) la complejidad del modelo teórico propuesto, que incluye una relación de mediación; (3) la existencia de variables latentes definidas a través de indicadores de naturaleza formativa; (4) el tamaño muestral no es elevado (inferior a 300).

Tabla 3.1. Siete tipos de vinos tintos ultrapremium españoles

Vino	Origen	Añada	Alcohol % (v/v)	Variedad	Mes en barrica	Tipo de barrica
994	Ribera del Duero	2009	14.50	Tempranillo	≥12	francés
945	Somontano	2009	14.00	Cabernet Sauvignon, Merlot y otras	18	francés
733	Rioja	2012	14.00	100% Tempranillo	15-18	francés
821	Ribera del Duero	2010	14.00	90% Tempranillo 10% Cabernet Sauvignon	24	francés/americano
217	Rioja	2012	14.00	100% Tempranillo	15	francés
124	Jumillas	2015	14.00	100% Garnacha	12	fudres
208	Rioja	2005	13.50	90% Tempranillo, 10% Graciano	48	americano

En cuanto al esquema de análisis, éste difiere del habitual dado que se trata de probar si existe una relación de mediación de la estructura entre los atributos sensoriales de aroma y de sensación táctil en boca y la calidad intrínseca del vino. Dichos pasos han sido sintetizados en la *figura 3.6*.

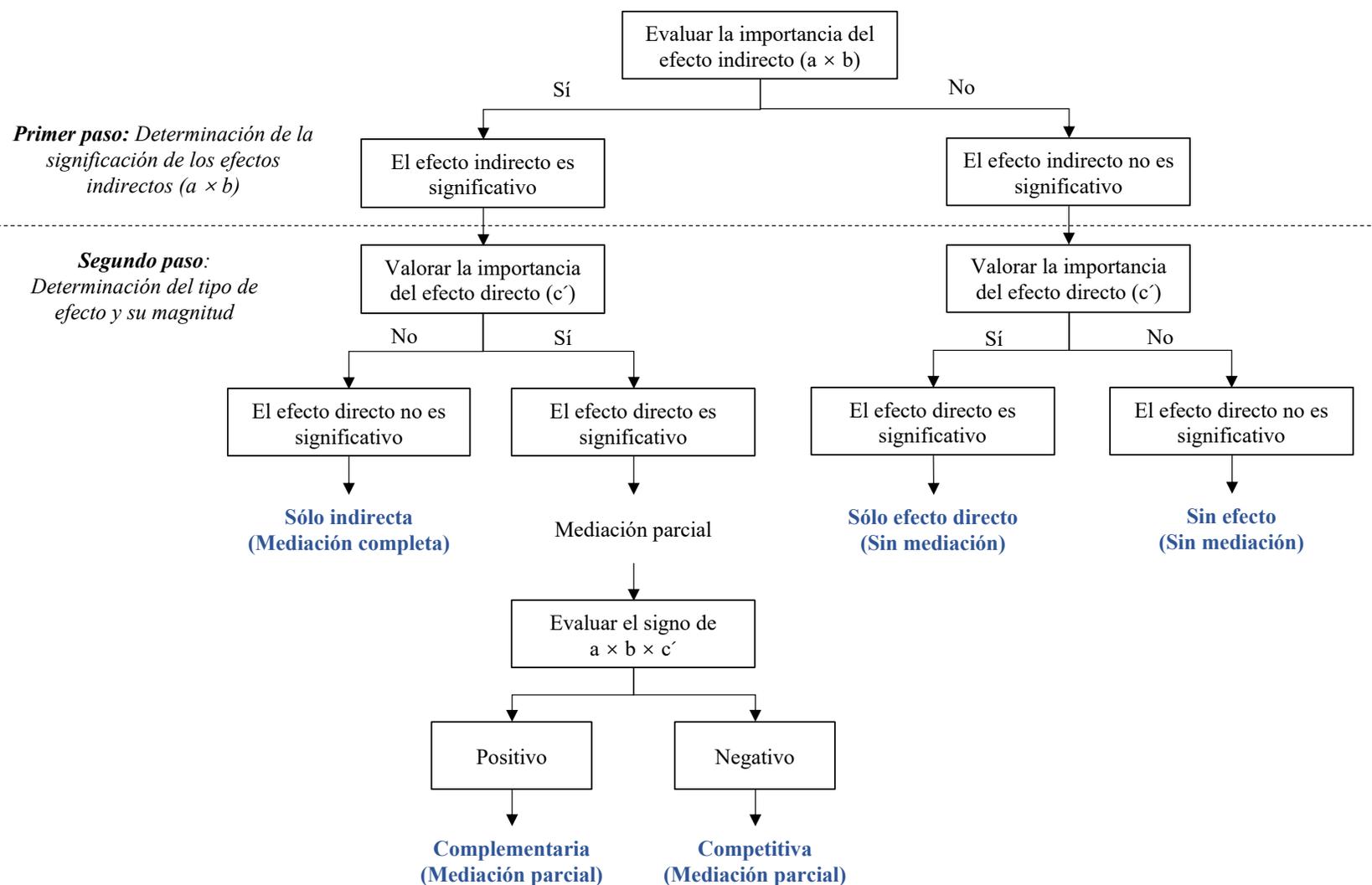


Figura 3.6 Procedimiento a seguir para el análisis de mediación (Fuente: Hair. et al., 2019, p. 278)

3.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO EMPÍRICO

La exposición de los resultados estadísticos ha sido estructurada de la siguiente forma. Primero, se ha verificado que no existe sesgo de la varianza común, aplicando el test de Harman. Segundo, se ha comprobado que el modelo tiene un grado de potencia estadística suficiente para que los resultados puedan ser generalizados. Tercero, se ha examinado el modelo de medida a fin de verificar que los ítems utilizados cumplen los requisitos exigidos de fiabilidad y validez estadística, por lo que son indicadores adecuados de las variables latentes analizadas. Cuarto y último, se han analizado los varios modelos estructurales a fin de verificar si existe mediación (o no) de la variable estructura y, en caso de existir, analizar el tipo de mediación que existiese.

3.3.1 Sesgo de la varianza común

Antes de analizar los resultados del estudio, especialmente cuando se van a plantear relaciones causa-efecto, es obligado verificar que el conjunto de datos analizados no está afectado por el sesgo de la varianza común; en caso de darse, este sesgo implica que las estimaciones de las relaciones entre las variables independientes explicativas y las consecuencias o variables dependientes estarían sobreestimadas (Podsakoff et al., 2003).

Para verificar la posible existencia del mencionado sesgo se ha utilizado el test de Harman (Harman, 1967). Primero, se ha aplicado un análisis factorial exploratorio, que es adecuado siempre que el número de observaciones sea mayor de 100 (Hair et al., 2010). Segundo, se ha

optado por el método de factorización de ejes principales porque (Beauducel, 2001; de Winter & Dodou, 2012):

- a) el método de máxima verosimilitud no es adecuado en este caso dado que requiere un tamaño muestral superior a 500 observaciones y que se cumpla el supuesto de distribución normal multivariable, supuestos que no se dan en el presente estudio
- b) el método de factorización de ejes principales es idóneo cuando el número de observaciones es más reducido y sobre todo cuando las variables analizadas no se ajustan a una distribución normal multivariable.

Al aplicar el análisis factorial exploratorio mediante el método de factorización de ejes principales se ha aplicado el test de factor único de Harman: la proporción de varianza recogida por un único factor que resuma la totalidad de variables recogidas en el modelo causal propuesto supone un 15.942% del total. En definitiva, los resultados están lejos del valor crítico del 50% y, por tanto, podemos concluir que el estudio no está afectado por el sesgo de la varianza común.

3.3.2 Potencia estadística del modelo

De las numerosas críticas a las Pruebas de Significación de la Hipótesis Nula, la más destacable es que los investigadores al utilizarlas no suelen tener en cuenta la potencia estadística en la planificación de sus investigaciones (Bakker & Wicherts, 2011; Cohen, 1992; Sedlmeier & Gigerenzer, 1989). Los investigadores son conscientes de la necesidad de controlar la probabilidad

de cometer Error de Tipo I (α), habitualmente fijada en 0,05, pero parecen menos conscientes de la necesidad de controlar la probabilidad de cometer Error de Tipo II (β), es decir, aceptar la hipótesis nula cuando es falsa. La potencia ($1 - \beta$) de una prueba estadística es la probabilidad complementaria a la probabilidad de cometer Error de Tipo II. La potencia de una prueba depende del nivel de significación o probabilidad de cometer Error de tipo I (α), del tamaño del efecto y del tamaño de la muestra. Aunque es posible realizar distintos análisis sobre la potencia, (Wilkinson, 1999) recomiendan realizar estudios a priori, con objeto de determinar el tamaño de muestra necesario para, fijado un nivel de significación (α), obtener una potencia determinada para detectar un tamaño de efecto predefinido. Desde los trabajos de (Cohen, 1988, 1992) se suele requerir por convención una potencia mínima de 0,80, dado que habitualmente es más grave señalar que existe un efecto cuando no lo hay (Error de Tipo I) que señalar que no existe efecto cuando si lo hay (Error de Tipo II). Por tanto, los análisis de potencia a priori, son fundamentales. El software libre G*Power (Faul et al., 2007) es de inestimable ayuda para este tipo de análisis (Cumming, 2013). Para estimar la potencia estadística asociada al modelo teórico propuesto (**Figura 3.1**) se debe tener en cuenta que existen trece atributos sensoriales vinculados al aroma, diecinueve atributos relacionados con la sensación táctil en boca, así como cinco relaciones directas entre las cuatro variables latentes; por ello, el resultado final es que para el tamaño muestral del presente estudio se ha obtenido una potencia de 0.95076, ampliamente superior al valor exigido de 0.80. Por tanto, se puede concluir que el modelo propuesto tiene elevada potencia estadística.

3.3.3 Resultados del modelo estadístico

3.3.3.1 Modelo de medida

De acuerdo con la teoría de la información, el primer aspecto que debe ser verificado es que los indicadores utilizados cumplen los requisitos relativos a fiabilidad, validez convergente y validez discriminante (lo que en la terminología de la técnica PLS-SEM se denomina análisis del modelo de medida). Siguiendo la secuencia de análisis anteriormente expuesta en el capítulo primero del presente trabajo de investigación, se comentarán a continuación de forma sintética los resultados obtenidos.

En primer lugar, se ha verificado que los jueces ejercían adecuadamente su labor de evaluación mediante ANOVAs por dos vías (véase la **tabla 3.2**); primero, han detectado diferencias estadísticamente significativas para todos los atributos sensoriales analizados, tal como reflejan las dos columnas de la parte izquierda de la citada tabla; segundo, verificando que el vino que ha sido catado dos veces, sin que los expertos que participaron en el panel lo supieran, fue valorado de forma similar en ambos casos, tal como recogen las dos columnas de la parte derecha de la **tabla 3.2**.

En segundo lugar, y ya dentro del análisis mediante la metodología PLS-SEM se han realizado diversos análisis adicionales, condicionados por el hecho de que todas las variables latentes son de naturaleza formativa. Los resultados han sido recopilados en la **tabla 3.3**.

Tabla 3.2. La capacidad discriminadora de los profesionales del vino entre siete vinos utilizando datos de intensidad RATA de atributos y similitud entre datos de réplica.

Atributo	Entre diferentes vinos (n=7)		Entre repeticiones (n = 2)	
	F	p-valor	F	p-valor
Aroma				
Fruta roja/negra	141.000	0.000	0.027	0.869
Floral	159.575	0.000	0.088	0.768
Fruta fresca	40.385	0.001	0.082	0.776
Madera	35.564	0.001	1.001	0.322
Especias	69.511	0.000	0.000	1.000
Café	22.400	0.003	1.056	0.309
Tostado	18.843	0.005	0.276	0.602
Animal	38.516	0.001	0.017	0.896
Cuero	30.140	0.002	0.222	0.639
Sotobosque	69.871	0.000	0.003	0.955
Vegetal	32.400	0.001	0.019	0.891
Fruta pasa	32.121	0.001	1.281	0.263
Evolucionado	22.531	0.003	0.176	0.677
Sensación táctil en boca				
Tanino verde	49.931	0.000	2.203	0.144
Tanino duro	225.000	0.000	0.176	0.677
Secante	107.556	0.000	0.737	0.395
Pegajoso	39.093	0.001	0.512	0.477
Polvoriento	14.439	0.009	0.050	0.824
Granuloso	50.000	0.000	0.189	0.666
Arenoso	18.784	0.005	1.126	0.294
Rugoso	32.111	0.001	0.604	0.440
Untuoso	60.500	0.000	1.427	0.238
Graso	45.732	0.001	1.360	0.249
Carnoso	56.067	0.000	0.278	0.600
Evolvente	145.555	0.000	0.002	0.963
Sedoso	14.087	0.009	0.031	0.860
Gomoso	14.091	0.009	0.018	0.893
Acuoso	32.500	0.001	0.283	0.597
Ardiente	31.579	0.001	0.283	0.597
Picante	48.119	0.000	0.004	0.953
Punzante	98.276	0.000	0.055	0.815
Persistente	406.588	0.000	0.210	0.649
Evaluación global				
Estructura	257.250	0.000	0.298	0.587
Calidad	52.193	0.000	0.515	0.476

Tabla 3.3. Indicadores de fiabilidad y validez de las variables latentes analizadas.

Atributo	VIF	TOL	Peso	Estadístico <i>t</i>	<i>p</i> -valor
Aroma					
Fruta roja/negra	1.686	0.593	0.487	5.204	0.000
Floral	1.424	0.702	0.045	0.454	0.648
Fruta fresca	1.789	0.559	0.155	1.361	0.165
Madera	1.768	0.566	0.110	1.007	0.317
Especias	1.504	0.665	0.344	3.355	0.001
Café	1.789	0.559	0.320	2.888	0.004
Tostado	2.013	0.497	0.075	0.642	0.519
Animal	2.025	0.494	0.032	0.273	0.784
Cuero	2.223	0.450	-0.371	3.016	0.003
Sotobosque	1.354	0.739	0.002	0.018	0.986
Vegetal	1.115	0.897	-0.028	0.344	0.735
Fruta pasa	1.554	0.644	-0.027	0.268	0.788
Evolucionado	1.705	0.587	-0.134	1.346	0.175
Sensación táctil en boca					
Tanino verde	1.330	0.752	-0.065	0.818	0.428
Tanino duro	1.582	0.632	0.128	1.239	0.208
Secante	1.766	0.566	-0.041	0.413	0.676
Pegajoso	1.972	0.507	-0.052	0.585	0.558
Polvoriento	1.719	0.582	-0.210	2.216	0.030
Granuloso	1.402	0.713	-0.003	0.034	0.973
Arenoso	1.536	0.651	0.010	0.103	0.916
Rugoso	1.409	0.710	0.021	0.221	0.824
Untuoso	2.883	0.347	0.117	0.931	0.344
Graso	2.104	0.475	0.141	1.351	0.165
Carnoso	2.677	0.374	-0.031	0.247	0.803
Evolvente	2.986	0.335	0.649	4.920	0.000
Sedoso	2.759	0.362	0.080	0.695	0.498
Gomoso	1.687	0.593	-0.147	1.592	0.106
Acuoso	1.299	0.770	-0.164	2.046	0.038
Ardiente	1.409	0.710	-0.180	1.899	0.053
Picante	1.801	0.555	0.031	0.333	0.737
Punzante	1.653	0.605	-0.090	1.124	0.257
Persistente	1.957	0.511	0.213	1.809	0.070

Notas: VIF: factor de inflación de la varianza (< 5); TOL: tolerancia (> 0.2). Los valores críticos utilizados para test de dos colas son 1.65 (nivel de significación = 10 %), 1.96 (nivel de significación = 5 %) y 2.57 (nivel de significación = 1 %).

El factor de inflación de la varianza (VIF en la terminología inglesa) ha sido siempre inferior al valor máximo admisible de 5. Asimismo, los índices de tolerancia son siempre superiores al mínimo exigido de 0.20. Por último, la mayor parte de los pesos relativos a los atributos sensoriales de aroma y sensación táctil en boca o son estadísticamente significativos o tienen un valor superior a 0.40. En algunos casos en que no se cumplían ninguno de los dos criterios antes citados, se ha optado por mantener los atributos sensoriales en el análisis realizado ya que, por razones de validez facial o de contenido, es más adecuado no condicionar por criterios exclusivamente estadísticos el planteamiento conceptual implícito en cada variable latente (Hair et al., 2019).

En tercer y último lugar, al ser todos los constructos de naturaleza formativa, también debe ser verificado que existe validez discriminante entre dichos constructos, para lo cual se ha verificado que no existe multicolinealidad entre cada par de variables latentes. De acuerdo con la **tabla 3.4**, este requisito también se cumple puesto que el factor de inflación de la varianza siempre es inferior a 5 y los índices de tolerancia superan el umbral crítico mínimo de 0.20.

En definitiva, los resultados expuestos relativos al modelo de medida nos permiten confirmar que: (1) no existe multicolinealidad entre los atributos sensoriales, (2) los atributos sensoriales cuantifican y miden su correspondiente variable latente de forma consistente y estable, y (3) los indicadores utilizados miden realmente los conceptos que se han tratado de medir, y lo

hacen con un grado de error lo suficientemente pequeño para que el análisis de resultados refleje verazmente la realidad analizada. Por consiguiente, los indicadores utilizados son fiables y válidos.

Tabla 3.4 Multicolinealidad entre constructos.

	VIF	TOL
Aroma	1.573	0.636
Sensación táctil en boca	1.573	0.636

Notas: VIF: factor de inflación de la varianza (< 5); TOL: tolerancia (> 0.2).

3.3.3.2. Modelo estructural.

¿Cómo se puede comprobar empíricamente que la relación de mediación planteada es real, o en otras palabras, estadísticamente significativa? Para ello, se debe seguir el procedimiento desarrollado por (Baron & Kenny, 1986), cuyos pasos (consultar la **figura 3.6**) son los siguientes:

- 1) la/s variable/s exógena/s o independiente/s (aroma y sensación táctil en boca) debe/n afectar significativamente a la variable endógena o dependiente (calidad del vino).
- 2) la/s variable/s exógena/s o independiente/s debe/n afectar significativamente a la variable mediadora (estructura).
- 3) la variable mediadora debe afectar significativamente a la variable dependiente cuando se controla por la/s variable/s independiente/s.

- 4) si el efecto de la variable independiente sobre la variable endógena deja de ser significativo cuando se controla por la variable mediadora nos hallamos ante una situación de mediación completa; si no fuese así, estaríamos ante un caso de mediación parcial.

El primer paso descrito implica que se debe correr el modelo teórico propuesto excluyendo la variable mediadora. Los siguientes pasos suponen analizar el modelo teórico completo, es decir, incluyendo el efecto de mediación. Además, este modelo completo se puede tener que ajustar en el caso de estar ante una mediación parcial.

La *figura 3.7* recoge el primer modelo empírico analizado, es decir, la relación directa de los atributos sensoriales correspondientes a aroma y a sensación táctil en boca sobre la calidad de los vinos ultrapremium analizados. A este modelo nos referiremos en las tablas posteriores como **Modelo 1**. Debe resaltarse que este modelo excluye la relación de mediación por lo que los coeficientes reflejan el efecto total (estadísticamente significativo) de los correspondientes atributos sensoriales sobre la calidad del vino. De acuerdo con la primera etapa de análisis propuesta por (Baron & Kenny, 1986) tanto el aroma como la sensación táctil en boca tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la calidad del vino (coeficientes 0.377 y 0.512 respectivamente). Adicionalmente, los atributos de aroma estadísticamente significativos son cuatro: fruta roja y negra, cuero, especiado y café. Asimismo, los atributos de sensación táctil en boca que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la calidad han sido cinco, de los

cuales dos lo hacen en sentido positivo (envolvente y persistente) mientras que los tres restantes lo hacen en sentido negativo (polvoriento, ardiente y acuoso). Finalmente, se ha obtenido que la influencia es mayor para los atributos sensoriales relativos a la sensación táctil en boca que aquellos relacionados con aroma. No obstante, el aspecto más importante a subrayar es que se ha comprobado que el efecto directo es significativo es ausencia de la mediación.

La *figura 3.8* recoge el nomograma con los resultados del **Modelo 2**, es decir, el modelo que sí incluye la relación de mediación de la estructura entre los atributos sensoriales de aroma y de sensación táctil en boca y, por último, la calidad del vino. En principio, este segundo modelo nos permitirá analizar sucesivamente las tres restantes etapas del proceso de análisis de mediación desarrollado por (Baron & Kenny, 1986).

La segunda fase consiste en verificar que las variables independientes aroma y sensación táctil en boca influyen significativamente sobre la variable mediadora estructura. Se puede afirmar que esta circunstancia ocurre porque los coeficientes respectivos 0.158 (aroma) y 0.503 (mouthfeel) son estadísticamente significativos, tal como se observa en la citada *figura 3.8*.

El tercer estadio del análisis radica en verificar que la variable mediadora estructura ejerce un efecto estadísticamente significativo sobre la variable endógena calidad. El coeficiente resulta ser estadísticamente significativo y positivo (0.172) por lo que también se cumple este tercer aspecto a analizar.

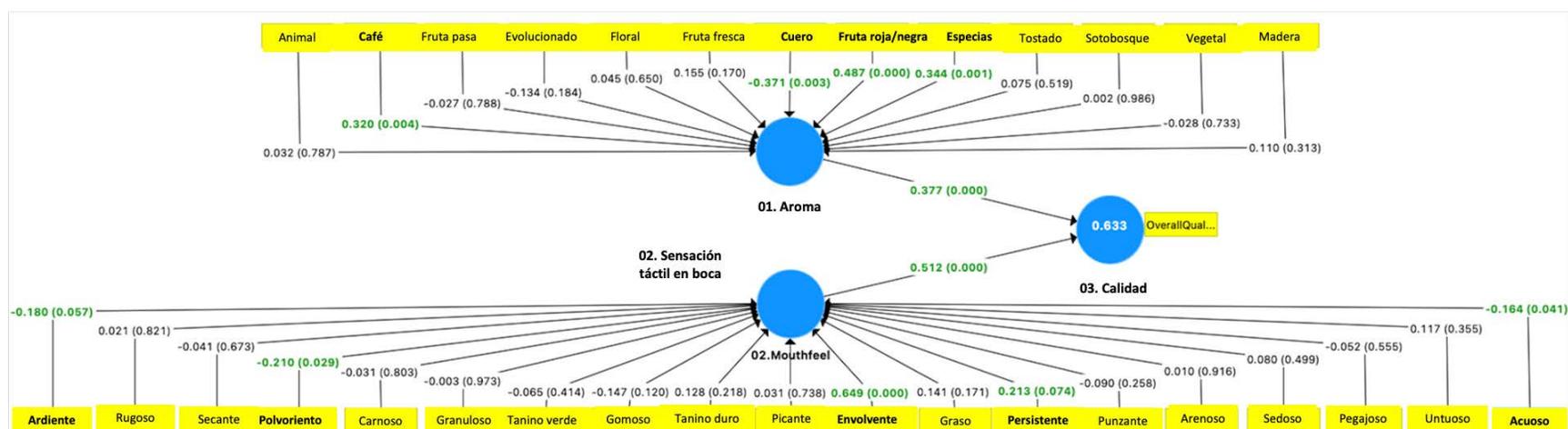


Figura 3.7 Nomograma del Modelo 1

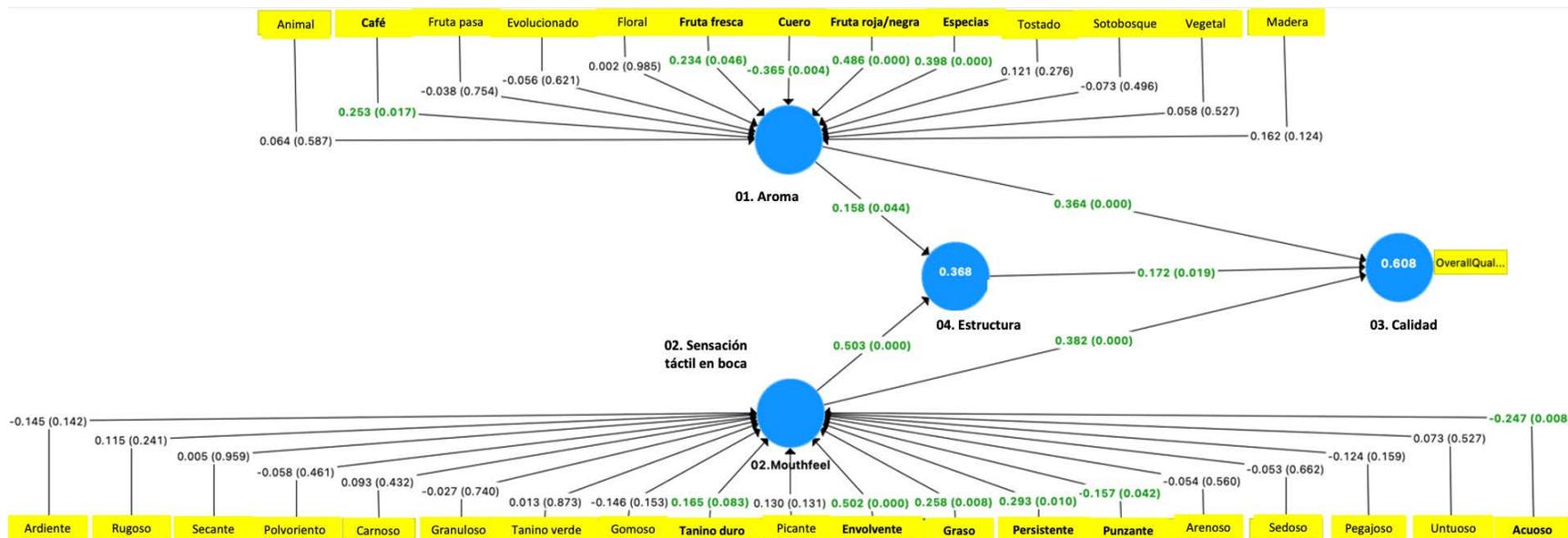


Figura 3.8 Nomograma del Modelo 2

La cuarta fase del estudio consiste en verificar si la inclusión de la variable mediadora afecta a la significación de los efectos directos e indirectos de aromas y sensación táctil en boca sobre la calidad del vino. El efecto directo es fácil de comprobar: tanto el aroma (0.364) como la sensación táctil en boca (0.382) tienen un efecto significativo y positivo sobre la calidad del vino (*Figura 3.8*).

Sin embargo, la estimación de la significación de los efectos indirectos de aroma y de sensación táctil en boca sobre la calidad a través de la estructura no es sencilla. Tradicionalmente se ha aplicado para ello el test de (Sobel, 1982), que no es aconsejable por tres motivos: (a) exige que las variables se ajusten a una distribución normal, lo cual no es el caso; (b) exige coeficientes no estandarizados, mientras que la metodología SEM-PLS utiliza coeficientes estandarizados; (c) es poco potente para muestras de tamaño reducido. Por ello es más aconsejable seguir el procedimiento sugerido por (Preacher & Hayes, 2004, 2008) que consiste en:

- Realizar *bootstrapping* para la estimación de los dos coeficientes, trabajando con 5000 submuestras y realizando el test estadístico para dos colas (2.5 % a cada lado).
- Calcular el producto de ambos coeficientes en cada una de las 5000 submuestras.
- Estimar el error estándar de la estimación (que coincide con la desviación típica en el *bootstrapping*).
- La significatividad resultará de dividir el producto de las estimaciones originales de los coeficientes por el error estándar obtenido por *bootstrapping*.

Table 3.5 Resumen del análisis de mediación.

Efecto total sobre la Calidad (Modelo 1)			Efecto directo sobre la Calidad (Modelo 2)			Efecto indirecto sobre la Calidad (Modelo 2)				
	<i>Path</i>	<i>t</i>		<i>Path</i>	<i>t</i>	Punto estimado	<i>t</i>	Bootstrap 97.5% IC		
								Bajo	Alto	
Aroma (c1)	0.377***	6.662	Aroma (c1')	0.364***	5.478	Aroma: a1b (vía Estructura)	0.027ns	1.643	-0.004	0.059
Mouthfeel (c2)	0.512***	8.813	Mouthfeel (c2')	0.382***	4.987	Mouthfeel: a2b (vía Estructura)	0.087**	2.233	-0.013	0.143
			(Modelo 3)			(Modelo 3)				
			Aroma (c1')	0.392***	6.692	-	-	-	-	-
			Mouthfeel (c2')	0.365***	4.934	Mouthfeel (a2b: vía Estructura)	0.110**	2.521	0.007	0.177

Notas: Intervalos de confianza (IC) del 97.5 % mediante el método de bootstrap percentil (basado en n=5000 submuestras). *** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.10; ns: no significativo (basado en t (4999), test de dos colas. t (0.01, 4999) = 2.57; t (0.05, 4999) = 1.96; t (0.10, 4999) = 1.65. Mouthfeel: sensación táctil en boca.

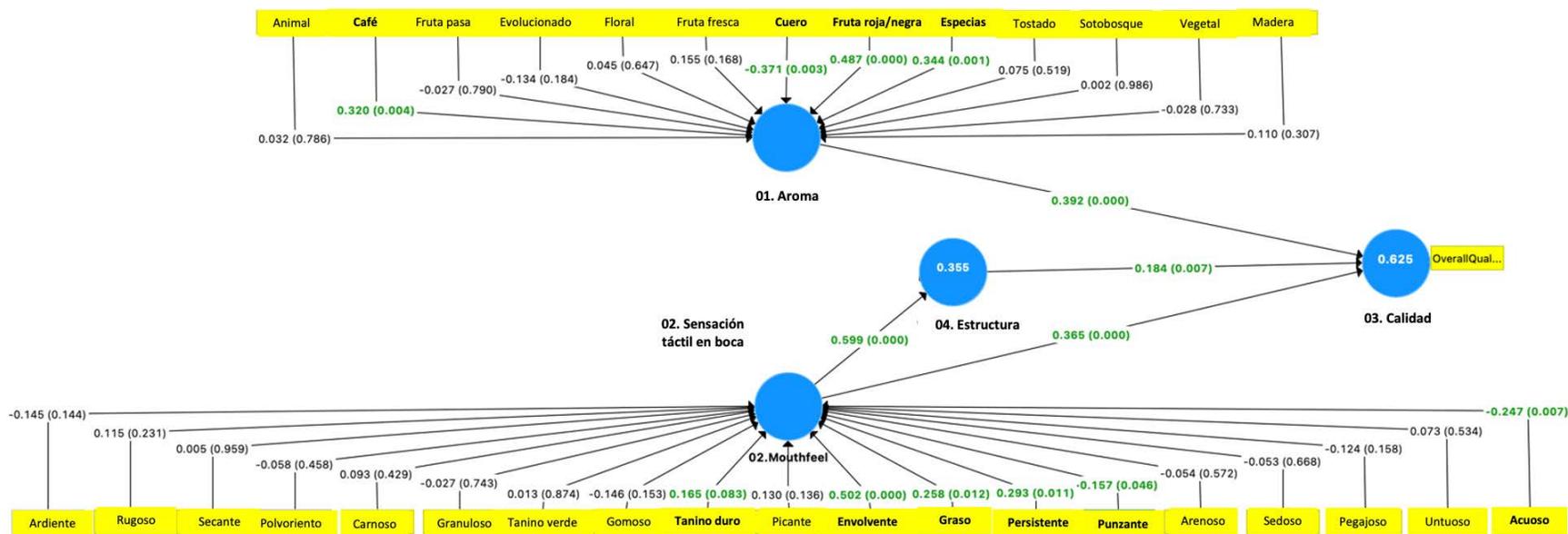


Figura 3.9 Nomograma del Modelo 3

Esta información ha sido recogida en la **tabla 3.5**. Los datos relativos al modelo 2 nos permiten afirmar que la estructura no ejerce una relación de mediación entre el aroma y la calidad del vino; esto se debe a que el efecto directo del aroma sobre la calidad sí resulta ser estadísticamente significativo pero el efecto indirecto a través de la estructura no lo es (0.027). En oposición a este resultado se puede observar que la sensación táctil en boca ejerce un efecto directo positivo y estadísticamente significativo sobre la calidad y que, simultáneamente, ejerce otro efecto indirecto, también positivo y también estadísticamente significativo, a través de la estructura sobre la calidad del vino.

El resultado obtenido ha hecho necesario incluir un nuevo modelo (que denominaremos en adelante **Modelo 3**) que refleje los resultados del modelo 2. En definitiva, se trata de formular un modelo en el que el aroma sólo influye de forma directa sobre la calidad mientras que la sensación táctil en boca lo hace tanto de forma directa como de forma indirecta a través de la variable mediadora estructura. Los resultados de este modelo 3 están reflejados en la **figura 3.9**.

El análisis de la **figura 3.9** permite observar que todos los efectos directos resultan ser positivos y estadísticamente significativos. Adicionalmente, el efecto de la sensación táctil en boca sobre la estructura también ha resultado ser positivos y estadísticamente significativo (0.599) y un hecho similar ocurre con la relación entre estructura y calidad (0.184). Además, tal como reflejan los datos de la **tabla 3.5** relativos al Modelo 3, el efecto indirecto de los atributos sensoriales

relativos a la sensación táctil en boca también ha resultado ser positivo y, más relevante para los objetivos de investigación del presente capítulo, estadísticamente significativo.

La **figura 3.10** resume los resultados del modelo final resultante. Para mayor comprensión de los resultados sólo se han incluido aquellos atributos sensoriales que hayan resultado ser estadísticamente significativos.

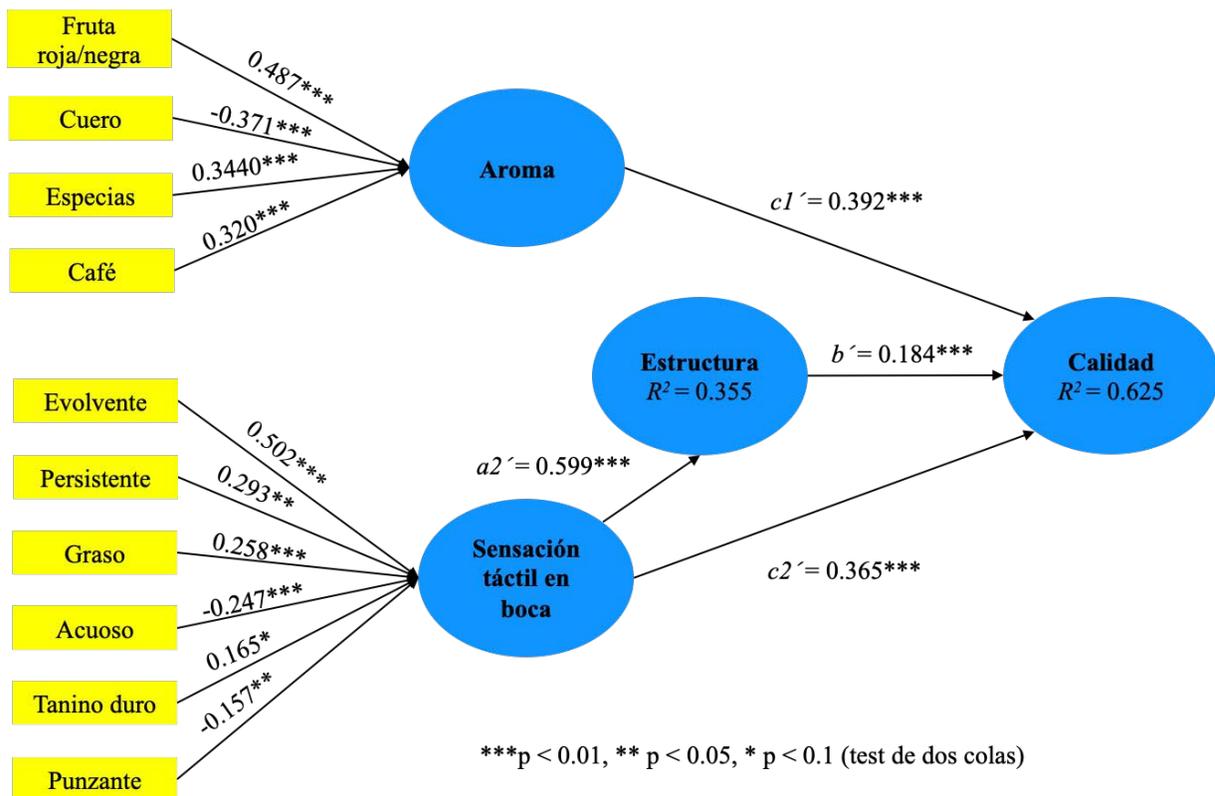


Figura 3.10. Nomograma final resumido (Modelo 3)

La **tabla 3.6** recoge los efectos directos de cada constructo de naturaleza sensorial sobre las variables endógenas estructura y calidad, desglosando la información para cada uno de los tres modelos analizados. Quizás lo más interesante de la citada Tabla sea comparar los resultados obtenidos en los modelos 1 y 3. La inclusión de la relación de mediación ha dado lugar a un ajuste de la influencia de cada estímulo sensorial, de forma que en el Modelo 3 el aroma ve incrementada levemente su importancia relativa, mientras que la sensación táctil en boca ve reducida ligeramente su peso dentro de la evaluación de calidad de los siete tipos de vinos ultrapremium analizados.

A fin de comparar las semejanzas y diferencias derivadas de la exclusión o inclusión de la relación de mediación se ha elaborado la **tabla 3.7**. La citada Tabla incluye en su parte izquierda los coeficientes *path* resultantes del Modelo 1, en el cual la relación de mediación no ha sido tenida en cuenta para el análisis estadístico realizado. Por ello, el valor de cada coeficiente refleja la importancia relativa que, en promedio, han dado los panelistas expertos al evaluar los siete tipos de vinos analizados; tal como se observa en la **tabla 3.7**, y también en la **figura 3.10**, la sensación táctil en boca tiene en conjunto un mayor peso relativo (coeficiente *path* 0.512 que supone el 57.593%¹ del efecto total de los atributos sensoriales analizados sobre la calidad intrínseca

¹ Dado que las relaciones causales en PLS-SEM son lineales, la importancia relativa de una variable latente se estima como la proporción que supone su coeficiente *path* respecto a la suma de todos los coeficientes *path*. Así, dividiendo 0.512 entre la suma de los coeficientes *path* de aroma -0.377- y de mouthfeel -0.512- se obtiene el porcentaje citado en el texto.

evaluada). Al descender al nivel de los indicadores, el efecto total se calcula multiplicando el peso relativo de cada atributo sensorial dentro de su correspondiente variable latente por el coeficiente *path* de dicha variable latente². De forma resumida, se puede afirmar que los atributos sensoriales relevantes que elevan la calidad del vino son fruta roja y negra, especias, café (aroma), persistente y envolvente (sensación táctil en boca), siendo este último rasgo sensorial el que más peso relativo tiene en la formación de las valoraciones de calidad.

Al examinar la parte derecha de la **tabla 3.7** se puede observar como la relación de mediación analizada genera algunas diferencias en los resultados del Modelo 3. Un primer resultado es que no existe una relación de mediación de la estructura entre los atributos sensoriales de aroma y la calidad del vino; por este motivo el efecto total coincide con el efecto directo; de acuerdo con las ideas teóricas previamente desarrolladas y recogidas en **la figura 3.6**, el aroma sólo ejerce un efecto directo (sin mediación). Sin embargo, se ha detectado que existe una relación de mediación de la estructura entre los atributos sensoriales de sensación táctil en boca y calidad del vino, la cual tiene las siguientes características

² Por ejemplo, el atributo envolvente tiene un efecto total de 0.332 sobre la calidad como resultado de multiplicar su peso 0.649 por el coeficiente *path* de la variable latente de la que forma parte, en este caso la sensación táctil en boca (que es 0.512).

- a) La mediación es de carácter parcial porque coexisten simultáneamente una relación directa de los atributos sensoriales sobre la calidad y una relación mediada de éstos hacia la estructura y, posteriormente, de ésta hacia la calidad intrínseca del vino.
- b) El efecto indirecto es el resultado de multiplicar la influencia directa de cada atributo o variable latente por los coeficientes *path* asociados a las relaciones de mediación interpuestas entre una determinada variable latente y la variable endógena final, en este caso la calidad. Por ello, se ha podido cuantificar la mediación parcial anterior, que supone que el 23.2% de la influencia total de la sensación táctil en boca sobre la calidad del vino se realiza de forma indirecta a través de la variable mediadora estructura.
- c) De acuerdo con el marco teórico sobre relaciones de mediación realizado al principio del presente capítulo (*Figura 3.6*), se trata de una mediación parcial complementaria porque coinciden los signos de las relaciones directas y mediadas, tal como se puede observar en la *figura 3.10*.
- d) La existencia de relación de mediación hace que el peso relativo total de la sensación táctil en boca sobre la calidad sea del 54.787%, levemente inferior al estimado en el Modelo 1, lo cual significa que en el Modelo 1 habría una pequeña sobreestimación de la importancia relativa de la sensación táctil en boca sobre la calidad.
- e) Respecto a los atributos sensoriales relevantes, es importante subrayar que la existencia de una mediación parcial complementaria de la estructura entre la sensación táctil en boca y la calidad del vino saca a la luz la existencia de algunas relaciones espurias que podrían llevar al investigador a realizar conclusiones falsas. De un lado, los atributos polvoriento y ardiente son aparentemente atributos sensoriales relevantes (como muestran los resultados del Modelo 1) pero en realidad no ejercen un efecto significativo sobre la calidad (como ponen de manifiesto los

datos del Modelo 3). De otro lado, hay tres atributos que sí ejercen un efecto significativo que se pone de manifiesto en el Modelo 3 pero que no sería detectado cuando sólo se analiza el Modelo 1; estos tres atributos son tanino duro, punzante y graso. Por consiguiente, se puede concluir que la mediación de la estructura afecta sobre todo a los atributos sensoriales de sensación táctil en boca que son relevantes, siendo muy pequeña su incidencia sobre la importancia relativa de la sensación táctil en boca dentro de la evaluación de calidad de los siete tipos de vinos.

Para completar el análisis del modelo estructural se deben revisar los indicadores globales del mismo para verificar el ajuste estadístico global del mismo. Los resultados han sido recogidos en la **tabla 3.8**.

La medida más comúnmente utilizada para valorar globalmente el modelo estructural es el coeficiente de determinación de cada variable endógena (estadístico R^2), que representa los efectos combinados de las variables exógenas sobre cada una de las variables latentes endógenas. Dado que se estima como el cuadrado de la correlación de los valores reales y de los valores predichos, en las metodologías PLS-SEM representa una medida de poder predictivo en la muestra (Hair. et al., 2019, p. 243; Rigdon, 2012; Sarstedt et al., 2014). El requisito mínimo exigido es que simultáneamente todos los coeficientes de determinación presentes en el modelo estructural deben ser mayores que 0.10 (Falk & Miller, 1992). Adicionalmente, se utiliza como regla práctica habitual que los valores de 0.75, 0.50 y 0.25 actúen como umbrales para considerar que los efectos se puedan considerar como importantes, moderados o débiles (Hair et al., 2011; Hair. et al., 2019, p. 243). Los valores obtenidos en el presente estudio son 0.355 para la variable Estructura y de

0.625 para Calidad). De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que las variables exógenas no sólo cumplen los requisitos mínimos expuestos, sino que ejercen una influencia entre moderada e importante sobre la calidad del vino y de intensidad media sobre la estructura.

La valoración global del modelo estructural debe ser completada mediante el estadístico Q^2 de Stone-Geisser, que es un indicador del poder predictivo del modelo fuera de la muestra o relevancia predictiva (en el contexto de la presente investigación, este estadístico cuantifica la capacidad predictiva del modelo en relación a cualquier otro vino tinto ultrapremium elaborado en España). Cuando un modelo PLS-SEM muestra relevancia predictiva significa que predice con precisión los datos no utilizados en la estimación del modelo (Hair et al., 2019). Como regla práctica Hair, Risher, Sarstedt y Ringle (2019) han propuesto que valores del estadístico Q^2 superiores a cero, 0.25 y 0.50 muestran respectivamente situaciones de baja, media y elevada relevancia predictiva. Tal como se puede observar en la **tabla 3.8**, los valores obtenidos son 0.291 para la variable Estructura y de 0.535 para la Calidad del vino, por lo que sus valores se pueden calificar de medio y de elevado respectivamente.

Table 3.6 Resultados del modelo estructural: efectos sobre constructos endógenos

	Modelo 1 (Efecto total)	Modelo 2	Modelo 3
Aroma -> Calidad	(c1) 0.377*** (6.662) [0.269; 0.488]	(c1') 0.364*** (5.478) [0.239; 0.502]	(c1') 0.392*** (6.692) [0.295; 0.526]
Sensación táctil en boca -> Calidad	(c2) 0.512*** (8.813) [0.416; 0.645]	(c2') 0.382*** (4.987) [0.266; 0.565]	(c2') 0.365*** (4.934) [0.247; 0.533]
Aroma -> Estructura	-	(a1) 0.158** (2.095) [0.016; 0.312]	-
Sensación táctil en boca -> Estructura	-	(a2) 0.503*** (7.140) [0.381; 0.660]	(a2') 0.599*** (11.512) [0.520; 0.721]
Estructura -> Calidad	-	(b) 0.172** (2.413) [-0.023; 0.261]	(b') 0.184*** (2.783) [0.011; 0.274]

Notas: Estadísticos t en paréntesis. Intervalos de confianza del 97.5 % mediante el método percentil *bootstrap* en corchetes (basado en n=5000 submuestras).

*** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.10; ns: no significativo (basado en t (4999), test de dos colas. t (0.01, 4999) = 2.57; t (0.05, 4999) = 1.96; t (0.10, 4999) = 1.65.

Table 3.7 Comparación de los efectos de los atributos sensoriales sobre la evaluación de la calidad: el modelo de efecto total y el modelo de mediación parcial.

	Modelo 1 (efecto total)		Modelo 3 (con relación de mediación)			
	Peso	Efecto total	Peso	Efecto directo	Efecto indirecto	Efecto total
Aroma -> Calidad		0.377*** (42.4%)		0.392***	-	0.392 (45.2%)
Fruta roja/negra	0.487***	0.184 (32.0%)	0.487***	0.191	-	0.191 (32.0%)
Cuero	-0.371***	-0.140 (24.4%)	-0.371***	-0.145	-	-0.145 (24.3%)
Espicias	0.344***	0.130 (22.6%)	0.344***	0.135	-	0.135 (22.7%)
Café	0.320***	0.121 (21.0%)	0.320***	0.125	-	0.125 (21.0%)
Mouthfeel -> Calidad		0.512*** (57.6%)		0.365*** [76.8%]	0.110** [23.2%]	0.475 (54.8%)
Evolvente	0.649***	0.332 (45.8%)	0.502***	0.183	0.055	0.238 (30.9%)
Persistente	0.213*	0.109 (15.0%)	0.293***	0.107	0.032	0.139 (18.1%)
Polvoriento	-0.210**	-0.108 (14.9%)	ns	-	-	-
Ardiente	-0.180*	-0.092 (12.7%)	ns	-	-	-
Acuoso	-0.164**	-0.084 (11.6%)	-0.247***	-0.090	-0.027	-0.117 (15.2%)
Graso	ns	-	0.258***	0.094	0.028	0.123 (16.0%)
Tanino duro	ns	-	0.165*	0.060	0.018	0.078 (10.1%)
Punzante	ns	-	-0.157**	-0.057	-0.017	-0.075 (9.7%)

Notas: *** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.10; ns: no significativo. El porcentaje en corchetes es la contribución del efecto directo o indirecto sobre el efecto total. El porcentaje en paréntesis es la influencia de cada atributo sensorial en la evaluación de la calidad. El porcentaje en paréntesis verdes se refiere al porcentaje de aroma o sensación en boca sobre el impacto total (aroma + sensación táctil en boca). Mouthfeel: sensación táctil en boca.

Table 3.8 Evaluación de modelo estructural: coeficiente de determinación, tamaño del efecto de cada constructo exógeno y relevancia predictiva del modelo.

	Modelo 1		
	R ²	f ²	Q ² Stone-Geisser
Calidad	0.633***	-	0.521
Aroma -> Calidad	-	0.248***	-
Sensación táctil en boca -> Calidad	-	0.459***	-
Modelo 2			
	R ²	f ²	Q ² Stone-Geisser
Calidad	0.608***	-	0.535
Aroma -> Calidad	-	0.211**	-
Sensación táctil en boca -> Calidad	-	0.190*	-
Estructura -> Calidad	-	0.048 ^{ns}	-
Estructura	0.368***	-	0.291
Aroma -> Estructura	-	0.025 ^{ns}	-
Sensación táctil en boca -> Estructura	-	0.256**	-
Modelo 3			
	R ²	f ²	Q ² Stone-Geisser
Calidad	0.625***	-	0.546
Aroma -> Calidad	-	0.268***	-
Sensación táctil en boca -> Calidad	-	0.183**	-
Estructura -> Calidad	-	0.058 ^{ns}	-
Estructura	0.355***	-	0.276
Aroma -> Estructura	-	-	-
Sensación táctil en boca -> Estructura	-	0.560***	-

Notas: R²: coeficiente de determinación; f²: tamaño del efecto de cada constructo exógeno en el R² del constructo endógeno; Q²Stone-Geisser: relevancia predictiva; * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01; ^{ns}: no significativo (basado en t (4999), test de dos colas).

El último aspecto a considerar en el análisis del modelo estructural es el análisis del tamaño de los efectos, lo cual se mide mediante el estadístico f². El mencionado estadístico refleja el cambio que se produce en el valor de R² de una variable latente endógena cuando se omite un determinado constructo exógeno; por tanto, este estadístico analiza si cada causa planteada en el

modelo tiene (o no) un impacto sustancial sobre los constructos endógenos. Las directrices generales para la valoración de f^2 sugieren que valores de 0.02, 0.15 y 0.35 representan efectos tamaños pequeños, medianos o grandes respectivamente (Cohen, 1988; Hair et al., 2019). A la vista de los resultados mostrados en la **tabla 3.8**, se puede afirmar que: (a) tanto el aroma como la sensación táctil en boca tienen una incidencia media sobre la calidad del vino; (b) la sensación táctil en boca tiene un tamaño de efecto muy grande -0.560- respecto a la estructura lo cual pone de manifiesto que el mouthfeel es un antecedente muy relevante de la estructura de los vinos; (b) la estructura influye sobre la calidad de los vinos pero el tamaño de su efecto es pequeño, tal como refleja el valor del estadístico f^2 (0.058).

3.4 DISCUSIÓN

La evaluación del vino descansa tanto en mecanismos sensoriales como cognitivos (Ashton, 2017; Parr, 2002). Los mecanismos sensoriales tienen una base fisiológica y pertenecen no solo a gusto y olfato, sino también a los sentidos de la vista y el tacto. Por el contrario, los mecanismos cognitivos están basados en la experiencia, incluido el conocimiento relacionado con el vino, la memoria, las expectativas y el contexto en el que se produce la evaluación. Los mecanismos sensoriales implican procesos de "abajo hacia arriba", que reflejan la influencia de los receptores sensoriales y que se traducen en un mayor peso de la ruta periférica de procesamiento de la información (descrita en el epígrafe segundo del presente capítulo) a la hora de evaluar la información procedente de los diferentes órganos sensoriales. Por el contrario, los

mecanismos cognitivos implican procesos "de arriba hacia abajo", que reflejan conocimientos, expectativas, creencias, deseos y motivaciones de las personas; de ahí que en los mecanismos cognitivos desempeñe un rol fundamental la denominada ruta central de procesamiento de la información, que ha sido ya explicada al principio del presente capítulo

3.4.1. Mecanismos sensoriales y evaluación de la calidad de los vinos

La investigación sobre la evaluación de la calidad del vino ha desarrollado constantemente, pero muchos estudios se han centrado en cómo las características sensoriales afectan directamente la evaluación de la calidad general del vino; sin embargo, el presente estudio tiene como finalidad explorar si, además, existe una influencia indirecta de los atributos sensoriales a través de la estructura del vino que pudiera coexistir o bien sustituir a la citada influencia directa. Al mismo tiempo, a través del nuevo modelo de predicción de la calidad del vino, podemos comprender mejor cómo las características sensoriales afectan la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles.

Después de confirmar la relación entre los constructos de aroma, sensación en boca y evaluación de la calidad (Modelo 3), podemos observar el impacto de cada característica sensorial en la evaluación de la calidad (*Tabla 3.6*). Organizamos la influencia de cada característica sensorial en la evaluación de la calidad en el Modelo 3 en una ecuación, de manera que podamos observar de manera más intuitiva la magnitud del impacto de cada característica sensorial en la calidad y su signo:

Calidad = 0.238 Envolverte + 0.191 Fruta roja/negra – 0.145 Cuero + 0.139 Persistente + 0.135 Especias + 0.125 Café + 0.123 Graso – 0.117 Acuoso + 0.078 Tanino duro -0.075 Punzante

Se observó que en los diez atributos sensoriales que tienen influencias estadísticamente significativas en la evaluación de la calidad de los vinos, seis atributos son sensaciones táctiles en boca y cuatro son características aromáticas.

En cuanto a las sensaciones táctiles en boca, el atributo envolvente tiene un mayor impacto positivo en la evaluación de la calidad, seguido los atributos persistente, graso y tanino duro. La influencia de la sensación envolvente en boca sobre la evaluación de la calidad del vino ha quedado acreditada como el atributo capaz de describir la astringencia de un vino ideal de alta calidad (Vidal et al., 2018), al igual que la sensación tanino duro. En el presente estudio, la sensación tanino duro presenta una pequeña influencia positiva en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium. Habitualmente, en las investigaciones sobre la calidad de los vinos comerciales, la astringencia tiene un impacto negativo en la valoración de la calidad (Dias Araujo et al., 2021; Sáenz-Navajas et al., 2016), o no tiene un impacto significativo (Hopfer et al., 2015; Niimi et al., 2018), debido a que la sensación en boca de los vinos comerciales debe ser la más equilibrada antes de su comercialización. Sin embargo, los resultados del presente estudio difieren de los antes citados porque se encuentra un efecto leve, pero de sentido contrario al mencionado en otras investigaciones previas. Esto puede deberse a que para los expertos del vino los caldos analizados tienen un nivel idóneo de astringencia. Además de las dos características de sensación en boca que

describen la astringencia, la sensación grasa también es un atributo que afecta significativamente a la calidad de los vinos del presente estudio. Autores, (Sáenz-Navajas et al., 2016) también observaron que la sensación grasa se asoció positivamente con los vinos tintos españoles de mejores valoraciones de la calidad. La sensación persistente, que se utiliza para describir la duración de la sensación general en boca, también afecta significativamente la evaluación de la calidad del vino en este estudio. Este resultado es consistente con (Lattey et al., 2010) y (Gonzaga et al., 2019), lo que indica que una mayor duración en boca tiene un efecto positivo en la evaluación de la calidad del vino.

Además de las cuatro sensaciones táctiles en la boca citadas que tienen impactos positivos en la evaluación de la calidad, el presente estudio también detectó dos atributos de la sensación táctiles en boca tienen impactos negativos en la evaluación de la calidad, que son: acuoso y punzante. (Gawel et al., 2000) definieron el atributo acuoso como un no-astringente atributo para describir un vino que tiene poco cuerpo, viscosidad y flavor. Y la sensación punzante también es un no-astringente atributo, que se define como una irritación gruesa tipificada por la exposición al ácido acético. En combinación con nuestros resultados, podemos saber que la baja intensidad de la sensación en boca y la sensación agresiva tendrán un impacto negativo en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium.

Respecto a los aromas, la fruta roja/negra es el aroma que tiene un mayor impacto positivo en la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles, seguido de los aromas de especias y el café, además, el aroma de cuero el único aroma que tiene impacto negativo.

La importancia del aroma de frutas rojas/negras en la evaluación de la calidad del vino tinto ha sido probada en algunos estudios previos (Hopfer et al., 2015; Hopfer & Heymann, 2014; Lattey et al., 2010), y los resultados son consistentes con el presente estudio. El resultado de que el aroma especias obtenido en este estudio tiene un efecto positivo en la evaluación de la calidad del vino también es similar a los previos estudios (Lattey et al., 2010; Sáenz-Navajas et al., 2012). La importancia del aroma del café en la evaluación de la calidad de los vinos tintos envejecidos no hay unanimidad en la literatura. Autores, (Gonzaga et al., 2019) demostraron que el aroma café se asoció positivamente con vinos de alta calidad, por el contrario, autores (Lattey et al., 2010) mostraron que el aroma café influía negativamente. Además, la influencia del aroma cuero en la evaluación de la calidad de los vinos de crianza tampoco hay unanimidad en la literatura. (Sáenz-Navajas et al., 2016) demostraron que el aroma cuero está asociado a vinos tintos envejecidos de baja calidad y los estudios de (Lattey et al., 2010) y (Hopfer & Heymann, 2014) indicaron que el aroma cuero tenía una influencia negativa en la evaluación de la calidad del vino. Sin embargo, otro estudio de (Gonzaga et al., 2019) demostró que el aroma cuero se asocia con vinos de alta calidad, al igual que ocurre en la presente investigación.

La evaluación del vino implica la evaluación de sus rasgos organolépticos, en concreto combinando olores y sensaciones en boca; aunque los respectivos estímulos sensoriales son sistemas fisiológicos distintos sus roles en la evaluación del vino no pueden analizarse sólo de forma independiente o aislada (Firestein, 2001). Por lo tanto, “los enólogos saben muy bien que las pequeñas diferencias en aroma o sabor puede significar la diferencia entre un ganador de medalla de oro en un concurso y un vino de mesa de calidad aceptable” (Swiegers et al., 2005, p. 109). Un rasgo específico de los vinos ultrapremium es que tratan de desarrollar no sólo elevados niveles de calidad intrínseca sino también tener una personalidad única y diferenciada que mantengan a lo largo de sucesivas añadas. Por ello, es mucho más difícil describir y/o evaluar sensorialmente estos vinos y la literatura consultada aconseja utilizar paneles de expertos para detectar estas diferencias al menos por tres motivos (Ashton, 2017): (1) son más sensibles a detectar un número mucho mayor de rasgos sensoriales, (2) reconocen con más precisión los estímulos sensoriales que reciben, (3) son más precisos para traducir sus sensaciones y percepciones en términos sensoriales directamente vinculados a dichos estímulos.

El hecho de que estos vinos sean más complejos tiene como consecuencia que en el Modelo 3 obtengamos un elevado número de atributos sensoriales significativos, que además combinan características vinculadas a aromas y caracteres relacionados con la sensación táctil en boca. Ello se puede deber a que los sentidos en general no son independientes unos de otros, sino que “trabajan juntos” para influir en nuestra percepción de los objetos en el entorno en que se realiza

la percepción sensorial (Golia et al., 2017; Parr et al., 2020; Pedroza & Herrell, 2022). Por ejemplo, en una investigación de (Ivanova et al., 2022) sobre el cuerpo en cervezas y vinos se ha detectado que la apariencia visual está correlacionada con ser una bebida con mayor cuerpo. Asimismo, también existen antecedentes de que los aromas interactúan con el amargor percibido (sabor), aunque no sobre la sensación táctil en boca, resultado que se ha detectado tanto para cervezas (Oladokun et al., 2016) como para vino tinto (Sáenz-Navajas et al., 2020).

3.4.2. Mecanismos cognitivos y evaluación de la calidad de los vinos

Además de los mecanismos sensoriales, también la evaluación de la calidad de los vinos está sujeta a mecanismos cognitivos: las señales sensoriales resultantes del contacto de un vino con el catador son transformadas por procesos cognitivos que generan una representación mental única para cada panelista. (Shanteau, 1987) diferencia entre expertos sensoriales y expertos cognitivos; los primeros se basan en “habilidades sensoriales altamente desarrolladas para percibir diferencias que no son evidentes para otros”, mientras que los expertos cognitivos se basan en conocimiento superior y habilidad para “pensar a través de los problemas para descubrir relaciones no encontrado por otros”; en opinión del citado autor, los expertos deberían ser idealmente expertos tanto sensoriales como cognitivos.

La primera aportación del presente estudio radica en que ha detectado una conducta dual y secuencial en la interpretación de los estímulos sensoriales por parte del cerebro. En una primera fase, la evaluación del aroma del vino permite a los expertos formarse una idea aproximada de

forma global acerca de la calidad intrínseca del vino, en base a un número limitado de atributos que reflejan tanto sus virtudes (fruta roja y negra, café, envolvente, especiado) como sus aspectos a mejorar (cuero); en otras palabras, el cerebro simplifica la información que recibe y se queda con aquellos atributos que considera relevantes, lo cual refleja que en esta fase predomina la ruta periférica de evaluación de la información. En una segunda fase, posterior en el tiempo (de acuerdo a la secuencia de la cata realizada) el análisis de la sensación táctil en boca complementa la información anterior, y también se realiza a través de la ruta periférica, replicando el proceso anterior; sólo tienen en cuenta algunos atributos sensoriales positivos (graso, persistente, taninos duros) y negativos (acuoso, punzante) para realizar una valoración sobre la calidad del vino. Lo más importante, y quizá lo más sorprendente, es que esta evaluación a través de la ruta periférica, donde el proceso mental es más sencillo (pocos atributos sensoriales significativos) y menos reflexivo, es la más importante, y en esta investigación para las siete categorías de vinos analizadas se cuantifica en total en un 87.3% de ponderación sobre la puntuación final, que se reparte de forma similar entre aroma (45.2%) y sensación táctil en boca (42.1%), tal como refleja la *figura 3.11*.

Pero el Modelo 3 pone de manifiesto el carácter dual del procesamiento de la información por parte de los panelistas porque también hay una relación de mediación complementaria de la estructura, que se ciñe exclusivamente a las sensaciones táctiles en boca. Ello supone que la información relativa a este grupo de estímulos sensoriales son también analizados de nuevo por el

cerebro para realizar una valoración de la estructura del vino, la cual a su vez también desempeña un papel significativo en la valoración final de calidad, pero su cuantificación nos permite afirmar que la ruta central de información es la que procesa esta información, y que dicha información tiene menor peso (12.7%) en la valoración final de calidad realizada por los expertos que han formado parte del panel.

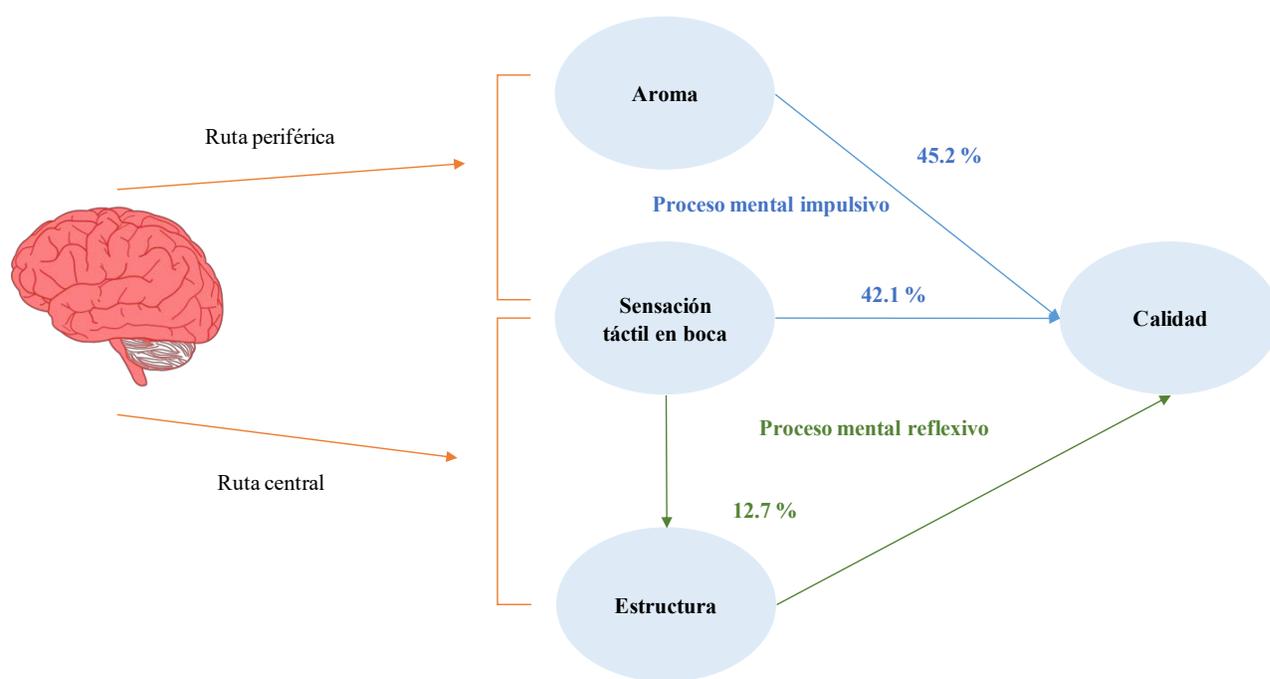


Figura 3.11. Proceso mental de evaluación (Modelo 3)

Una primera explicación del fenómeno puede ser que el mayor conocimiento acerca de los vinos y la memoria sensorial superior que tienen los expertos les permite categorizar vinos y sus

componentes a un nivel “más profundo” y con un menor grado de información, infiriendo correctamente la calidad intrínseca de los vinos (Ashton, 2012).

Una segunda posible causa serían las expectativas de los catadores, las cuales se han demostrado ejercer una fuerte influencia en la interpretación de las experiencias pasadas, incluidas las percepciones y los recuerdos de dichas experiencias (Ashton, 2017; Klaaren et al., 1994). Creemos que en este caso este motivo ha de ser rechazado dado que los panelistas no sabían el tipo de vinos que iban a evaluar, por lo que el carácter ultrapremium de los vinos no habría incidido sobre la formación de sus expectativas sobre las muestras a catar.

Una tercera causa potencial del fenómeno descrito sería el contexto en que se ha realizado la cata (Calvo-Porrall et al., 2018, 2021), que en el presente estudio ha sido en una sala de cata. (Sauvageot, 1999, p. 69) sugirió que “existe una tendencia a pensar que los vinos presentados a catar en una bodega o en una sala de cata son necesariamente de buena calidad, incluso si son parte de una serie de análisis”. Por consiguiente, si existe un juicio implícito relativo a la calidad de los vinos, aunque no se haya sugerido así a los panelistas por parte de los autores del estudio, de forma no consciente los panelistas pueden simplificar su proceso de evaluación, lo cual podría ser un motivo adicional a que haya una preponderancia de la ruta periférica sobre la ruta central al evaluar estos vinos.

3.5 CONCLUSIONES

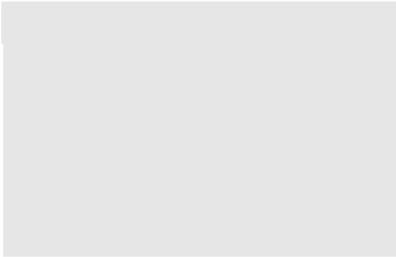
El principal objetivo del presente capítulo era analizar si la estructura del vino ejercía un efecto de mediación entre los atributos sensoriales de aroma y de sensaciones táctiles en boca y la valoración global de calidad de las siete categorías de vinos tintos ultrapremium españoles analizados. La conclusión del estudio es que sí existe dicha relación de mediación pero que sólo se ha detectado con carácter parcial en relación a las sensaciones táctiles en boca; además, se ha podido cuantificar dicha mediación lo cual ha permitido caracterizarla como mediación parcial y complementaria.

Una segunda conclusión del estudio es que los atributos de aromas son procesados por el cerebro de forma distinta a los atributos relativos a sensaciones táctiles en boca. Mientras que en los segundos se combina una relación o efecto directo con un efecto indirecto mediado por la estructura, en el caso de los estímulos sensoriales relativos a aroma, éstos exclusivamente son procesados para realizar una valoración de la calidad sin que ejerzan ningún tipo de influencia sobre la evaluación de la estructura.

Una tercera y última conclusión es la preminencia de la ruta periférica sobre la ruta central a la hora de procesar la información procedente de los estímulos sensoriales por parte de los expertos. Esta conducta implica una simplificación del proceso de evaluación, que tiene un carácter menos reflexivo de lo esperado, dado que la evaluación de los vinos se focaliza en un reducido

número de atributos sensoriales, a partir de los cuales los panelistas se han formado una valoración mental de la calidad de los vinos objeto de estudio.

Capítulo 4



**ATRIBUTOS QUÍMICOS
QUE INFLUYEN EN LA
CALIDAD SENSORIAL DEL
VINO ULTRAPREMIUM**

4.1 INTRODUCCIÓN

La calidad es un concepto clave en el proceso de elaboración del vino y en la posterior comercialización de los vinos. La calidad del vino es difícil de definir, ya que es una construcción multidimensional, que carece de una definición uniforme y generalmente aceptada. (Charters & Pettigrew, 2007; Veale & Quester, 2009) consideraron que la calidad del vino es un concepto multifacético que involucra tanto factores intrínsecos (vino en sí y sus características organolépticas) como extrínsecos (no son físicamente parte del vino, como el diseño de la etiqueta o la región de origen, etc.) y la forma en que estos factores se interpretan depende del nivel de experiencia. La comprensión de la calidad ayuda a los enólogos a mejorar los procesos de la elaboración del vino y económicamente permite aumentar la probabilidad de éxito comercial en el mercado.

La evaluación de la calidad del vino se basa en análisis sensoriales y químicos y las características organolépticas (aroma, sabor y sensación táctil en la boca) de un vino están determinados por su composición química. La composición volátil influye en la percepción sensorial aromática. Ferreira et al. (2009) concluyeron que la calidad de los vinos tintos premium españoles estaba relacionada con su composición aromática, principalmente por la ausencia de odorantes defectuosos o negativos y también por la presencia de un número relativamente grande de odorantes de frutas dulces. La composición no volátil influye en el sabor y la sensación táctil en boca. (Sáenz-Navajas et al., 2010) hallaron que la calidad de los vinos tintos premium españoles estaba relacionada con los componentes no volátiles como azúcares reductores y contenido de alcohol, así como algunos compuestos fenólicos:

proantocianidinas ligadas a polisacáridos, ácido *trans*-cutárico, y ácido *trans*-caftárico, quercetín-3-*O*-glucurónido y dímero de malvidina-catequina mientras que los vinos de menor calidad tenían una mayor concentración del ácido *trans*-cafeico.

Autores, como Sáenz-Navajas et al. (2015) y Sherman et al. (2020) realizaron la predicción de la evaluación de la calidad de los vinos tintos basándose de forma conjunta en la composición volátil y no volátil. Sáenz-Navajas et al. (2015) analizaron los vinos tintos españoles y franceses y encontraron diferencias en la evaluación de la calidad del vino entre expertos y consumidores, observaron que los vinos con concentraciones más altas de eugenol, E y Z-whiskylactonas y 4-etilfenol (discutidos en términos de efecto matriz) son percibidos de mayor calidad por los consumidores, mientras que los alcoholes de fusel y compuestos relacionados con la astringencia como la proantocianidina, el ácido *cis*-aconítico, ciertos flavonoles y derivados de los ácidos hidroxicinámicos están vinculados a muestras de menor calidad. Por el contrario, los expertos percibieron que los vinos con niveles más bajos de whiskylactonas y fenoles volátiles, mientras que los niveles más altos de norisoprenoides eran de mayor calidad. En otro estudio, analizaron los vinos de Pinot noir de diferentes países y relevaron que los componentes no volátiles predijeron las evaluaciones de la calidad de los vinos mejor que los componentes volátiles, es decir, los componentes no volátiles del vino contribuyen a la percepción de la calidad en mayor medida que los componentes volátiles (Sherman et al., 2020).

Diversos autores (Frost et al., 2017; Gonzalo-Diago et al., 2014; Hufnagel & Hofmann, 2008a, 2008b; Kennedy et al., 2006; Pavez et al., 2022; Sáenz-Navajas, Campo,

et al., 2012) afirmaron que los compuestos fenólicos no volátiles fueron contribuyentes importantes en las percepciones en boca y en la evaluación global de la calidad. Los compuestos polifenólicos no flavonoides (ácidos fenólicos, estilbenos) y flavonoides (flavanoles, flavonoles y antocianos) son los componentes no volátiles más importantes en los vinos tintos. Los compuestos del vino más citados en relación al sabor y sensaciones percibidas en boca se refieren a los compuestos fenólicos y contribuyen principalmente al amargor y la astringencia (Hufnagel & Hofmann, 2008a, 2008b; Noble, 1998; Robichaud & Noble, 1990; Rossi & Singleton, 1966; Scharbert et al., 2004; Scharbert & Hofmann, 2005). Estos compuestos son muy diversos, desde moléculas sencillas a complejas, y proceden de las uvas, las barricas y también de reacciones durante el proceso de vinificación y envejecimiento y han sido revisados por múltiples autores (Canon et al., 2022; Monagas et al., 2007). Las principales familias de los compuestos fenólicos en el vino son los ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos, los estilbenos y los flavonoides siendo los más representativos los antocianos, los flavanoles, flavonoles procedentes de las uvas y las ligninas y elagitaninos del roble. En la familia de los flavanoles la catequina, epicatequina, epicatequingalato y epigalocatequingalato pueden estar como monómeros o bien formar oligómeros y polímeros dando lugar a las proantocianidinas o taninos condensados.

Los ácidos fenólicos contribuyen a la astringencia del vino tinto (Hufnagel & Hofmann, 2008a, 2008b). El ácido gálico, que es un compuesto de la familia de los ácidos fenólicos más importante en los vinos tintos, destaca por ser el precursor de todos los taninos hidrolizables (Waterhouse et al., 2016, p. 113). Autores, como (Ritchey &

Waterhouse, 1999; Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012), observaron que el ácido gálico fue el ácido fenólico con mayor contenido en los vinos tintos ultrapremium estadounidense y en los vinos tintos envejecidos españoles. Por lo que respecta a las relaciones entre los ácidos fenólicos y la evaluación de la calidad del vino, los estudios sugirieron que los ácidos fenólicos (vainílico y siríngico y su derivado el éster etílico del ácido siríngico) y en mayor medida el ácido *cis*-aconítico contribuyeron a la percepción de la astringencia (Sáenz-Navajas et al., 2010) y observaron que el ácido *cis*-aconítico estuvo negativamente correlacionado con la evaluación de la calidad por consumidores (Sáenz-Navajas et al., 2015).

El resveratrol es uno de los estilbenos que se encuentran en la piel de las uvas y los vinos tintos, pero en muy bajas concentraciones (Fernández-Mar et al., 2012). Por lo que respecta a su importancia sensorial en el vino, (Gaudette & Pickering, 2011) concluyeron que no lo tuvo gran influencia en la calidad de los vinos tintos.

Los flavanoles juegan un papel muy importante en la evaluación de la calidad de los vinos tintos porque primero pueden reaccionar entre sí, polimerizar y formar proantocianidinas o taninos condensados (Monagas et al., 2007), y segundo, debido a su capacidad para precipitar proteínas, provocando la pérdida de lubricación en el interior de la cavidad bucal, lo que conduce a la percepción de sensación en boca de astringencia (Soares et al., 2017). Un estudio reciente también enfatiza que el contenido de taninos es el parámetro más importante que influye en la astringencia y la percepción sequedad en boca (Pavez et al., 2022). Otro estudio (Quijada-Morín et al., 2012) mostró que la percepción

astringencia se vio más afectada por la composición de la subunidad que por la concentración total o el grado de polimerización de las proantocianidinas del vino. Este estudio demostró que mayores proporciones de subunidades de epicatequina en posiciones de extensión y subunidades de galocatequina en posiciones terminales aumentan la astringencia. Por el contrario, la cantidad de epigalocatequina tanto en la extensión como en la posición terminal se correlacionó negativamente con la astringencia percibida.

Los flavonoles tienen un papel importante en la percepción sensorial. En particular, los flavonoles glicosidados generan una sensación aterciopelada y una astringencia sedosa con concentraciones umbrales bajas (Hufnagel 2008a, 2008b) mientras existía una relación entre las agliconas de flavonol presentes en el vino con el amargor y que la astringencia se puede predecir muy bien a partir de la composición fenólica (Preys et al., 2006). También (Gonzalo-Diago et al., 2014) informó que los flavonoles como kaempferol y quercetín-3-*O*-rutinósido son compuestos relacionados con el sabor amargo. (L. Vidal et al., 2018) también observó que los flavonoles son los compuestos fenólicos individuales con la mayor contribución a la astringencia. Además, (Ferrer-Gallego et al., 2016) informó que la adición del flavonol (quercetín-3-*O*-glucósido) a los vinos produce un aumento de la astringencia y el amargor.

Los antocianos son claves en la composición del vino tinto, además del color, aportan sabor y sensación táctil en boca. Del estudio de (Gonzalo-Diago et al., 2014) se pudo considerar la importancia de la contribución de los antocianos al sabor amargo y la astringencia, especialmente por los piranoantocianos y antocianos acilados. Los trabajos de

(Paissoni et al., 2018, 2020; Sáenz-Navajas et al., 2017) también ratificaron que los antocianos pudieron influir en la percepción de la astringencia y sus subcualidades. Recientemente (Araujo et al., 2021) analizaron las relaciones entre las características sensoriales y los compuestos químicos no volátiles en los vinos de Pinot noir de Nueva Zelanda y asociaron los antocianos monoméricos con las sensaciones táctiles positivas (sedoso y suave) en la evaluación de la calidad de estos vinos.

Fundamentado lo anterior, observamos que existe una brecha de investigación en los estudios que tratan de explicar y predecir la calidad del vino por un lado falta un estudio que analice de forma conjunta las relaciones entre los compuestos que determinan las sensaciones táctiles en boca y la evaluación global de la calidad del vino, y que de forma simultáneamente determine la importancia de cada compuesto en su correspondiente familia química en la evaluación de la calidad; y por otro, a pesar de ser los vinos ultrapremium los de mayor de calidad, no son los más estudiados, existiendo una literatura muy escasa para esta categoría de vinos. En el presente estudio consideramos los vinos ultrapremium son aquellos que se caracterizan por su 1) gran complejidad sensorial y 2) mayor calidad global, tanto la calidad intrínseca como la extrínseca, además estos vinos tienen 3) alto precio en el mercado, alcanzando niveles fuera del rango de aceptación de los precios habituales para la mayor parte de los consumidores habituales del vinos y, 4) su volumen de producción es muy reducido, incluso en algunos años no se comercializan por no llegar a los niveles de autoexigencia de la propia bodega (Wagner et al., 2007).

Teniendo en cuenta estas carencias, en el presente capítulo se trata de contestar las siguientes preguntas, i) ¿qué familia de compuestos químicos predice mejor la calidad de los vinos ultrapremium españoles? ii) ¿qué compuestos o parámetros químicos son los más importantes para cada familia? iii) ¿Cuáles son los compuestos químicos importantes en la predicción de la calidad? Con esta contextualización, los objetivos específicos de este capítulo han sido los siguientes 1) caracterizar perfil de compuestos no volátiles en los vinos tintos ultrapremium españoles; 2) explicar y predecir la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles en base a los compuestos no volátiles.

4.2 MATERIAL Y MÉTODOS

4.2.1. Vinos

Las muestras empleadas corresponden a los siete vinos tintos ultrapremium seleccionados en el apartado 1.2.3.1 y listados en la tabla 1.1 del capítulo 1).

4.2.2. Reactivos

Los kits de reactivos y patrones para las determinaciones del ácido acético, ácido málico, ácido láctico y polifenoles totales fueron suministrados por Tecnología Difusión Ibérica (TDI), SL (Barcelona, España). El ácido acético, hidróxido de sodio, cloruro de sodio, etanol absoluto y ácido sulfúrico (95 a 98%) todos ellos de calidad analítica, los disolventes de ácido fórmico y acetona de calidad HPLC y el acetonitrilo y metanol de calidad HPLC-MS fueron adquiridos de Scharlab (Barcelona, España); el ácido trifluoroacético de Fluka (Buchs, Suiza); la albúmina de suero bovino (fracción V) y el ácido

L-tartárico de Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo, EEUU); el metabisulfito de potasio y ácido tánico de Panreac Química (Barcelona, España). Las resinas TSKgel® TOYOPEARL® HW-50F de Tosoh Bioscience LLC (King of Prussia, PA, EEUU). El agua ultrapura se obtuvo de un sistema de purificación Milli-Q (Millipore, Molsheim, Francia). Los patrones cromatográficos de ácido *cis*-aconítico, ácido *trans*-aconítico, ácido gálico, ácido protocatéuico, ácido homoprotocatéuico, ácido cafeico, ácido siríngico, ácido *p*-cumárico, éster etílico de ácido protocatéuico, (-) galocatequina, (-)-epicatequina, (-)-epicatequín-3-galato, (-)-epigalocatequín-3-galato, miricetina, quercetina, kaempferol y resveratrol se obtuvieron de Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo, EEUU). Las procianidinas (A1, B1, B2, B3, C1) de Biopurify Phytochemicals Ltd. (Chengdun, China) fueron suministrados por Cymit Química S.L. (Barcelona, España); la (-)-epigalocatequina, (+)-catequina, (-)-galocatequín-3-galato, (+)-catequín-3-galato, procianidina A2, quercetín-3-*O*-rutinósido, quercetín-3-*O*-galactósido, quercetín-3-*O*-glucurónido, quercetín-3-*O*-glucósido, kaempferol-3-*O*-glucósido, siringetín-3-*O*-glucósido, isorhamnetín-3-*O*-glucósido, siringetín-3-*O*-galactósido, isorhamnetina, malvidín-3-*O*-glucósido, éster etílico de ácido cafeico y éster etílico de ácido ferúlico se obtuvieron de Extrasynthèse (Genay, Francia) y el ácido vainílico de Fluka (Buchs, Suiza).

4.2.3. Análisis de parámetros enológicos convencionales

Los parámetros pH, grado alcohólico, acidez total y azúcares reductores se determinaron por espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (IRFT) con el analizador Bacchus 3 Multipec (TDI, Barcelona) calibrado con los métodos oficiales del

Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). Los análisis de ácido málico, ácido láctico, ácido acético se determinaron mediante métodos enzimáticos y los polifenoles totales con el método colorimétrico (Folin-Ciocalteu) en el analizador automático multiparamétrico Miura One (TDI SL, Barcelona, España). El índice de polifenoles totales (IPT) se estimó como la absorbancia a 280 nm (Ribéreau-Gayon, 1970), en un espectrofotómetro Lambda 25 UV/Vis (PerkinElmer Inc., Waltham, MA, EEUU). Todas las determinaciones se llevaron a cabo por duplicado. Los vinos se conservaron a 4 °C hasta su análisis.

4.2.4. Análisis de la composición polifenólica

4.2.4.1. Proantocianidinas precipitables con proteínas

Este método permite evaluar la astringencia en los vinos tintos y se basa en la capacidad que tiene los taninos de precipitar con proteína (PAs). Se emplearon distintas disoluciones de la ovoalbúmina como agente precipitante y del ácido tánico como patrón tal y como fue descrito por (Llaudy et al., 2004). Las absorbancias se midieron en un espectrofotómetro UV-1800 (Shimadzu Cooperation, Kioto, Japón) a una $\lambda = 280$ nm en cubeta de cuarzo con un camino óptico de 10 mm. Todos los experimentos se llevaron a cabo a temperatura ambiente y por duplicado.

4.2.4.2. Proantocianidinas unidas a polisacáridos

La determinación de las proantocianidinas unidas a polisacáridos (PAs) se realizó mediante la determinación del índice de etanol que emplea la propiedad del etanol de

precipitar las proteínas y los polisacáridos, dando una indicación del porcentaje de taninos en estado coloidal (Glories, 1984). Se preparó una dilución vino/etanol (1:9), se homogeneizó y dejó reposar durante 24 horas, pasado este tiempo, se centrifugó a 3077 xg y se diluyó el sobrenadante en agua destilada (1:10). La absorbancia se midió a 280 nm en una cubeta de cuarzo de 10 mm de paso óptico (Abs 2). A su vez, se determinó la absorbancia a 280 nm del vino original, diluido 1:100 con agua destilada, en una cubeta de cuarzo de 10 mm de paso óptico (Abs 1). Todos los experimentos se llevaron a cabo a temperatura ambiente y por duplicado.

El índice de etanol (PAs) fue calculado para cada vino aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de etanol} = [(\text{Abs 1} - \text{Abs 2}) / \text{Abs 1}] \times 100$$

4.2.4.3. Antocianos

Los antocianos del vino se analizaron por Cromatografía Líquida de Ultra Alta Presión (UHPLC) utilizando un cromatógrafo Shimadzu (Kioto, Japón) de la serie Nexera 30AD, equipado con un inyector automático, un horno de columna y un detector de fotodiodos (DAD) y acoplado a un espectrómetro de masas de triple cuadrupolo/trampa de iones ABSciex 3200 QTRAP®, con fuente de ionización a presión atmosférica (ESI y APCI) (AB Sciex Pte. Ltd., Singapur). Las condiciones cromatográficas de análisis aplicadas se adoptaron del método descrito por (González-Hernández et al., 2014). El software Lab

Solution, versión 5.51 fue utilizado para la adquisición y el análisis de datos (Shimadzu Corporation, Kioto, Japón).

El análisis se realizó directamente en los vinos previamente filtrados por una membrana de Nylon de 0.22 μm . El volumen de inyección fue de 7.5 μL . La columna empleada Acquity UPLC BEH C₁₈, (100 x 2.1 mm d.i.) con un tamaño de partícula 1.7 μm (Waters, Milford, MA, USA), se mantuvo termostatzada a 40 °C durante todo el análisis. La separación fue realizada con un flujo constante de 0.45 mL/min, con los eluyentes de fase A (agua/ácido fórmico v/v, 95:5) y de fase B (acetonitrilo/ácido fórmico v/v, 95:5) con el siguiente gradiente de 0-3 min 95-85 % A, 3-12.5 min 85-55 % A, 12.5-13 min 55-100 % A, posteriormente la columna se lavó y equilibró con las condiciones iniciales durante 2 minutos. Las muestras fueron analizadas por duplicado.

La identificación de los compuestos antociánicos se realizó en modo de ionización positiva empleando un rango de masas entre m/z 50 - 3000 (potencial capilar 4.5 kV, gas nebulizador 2.0 bares, temperatura de secado del gas 190 °C y flujo 7.0 L/min). Los antocianos fueron identificados atendiendo a los espectros (UV-Vis y MS), mediante la comparación de los tiempos de retención y los datos MS (masa exacta y distribución isotópica) de los compuestos detectados con los compuestos del vino o similares descritos en la literatura (Alcalde-Eon et al., 2006; Blanco-Vega et al., 2014; González-Hernández et al., 2014; Pati et al., 2009). La cuantificación se realizó con el área de pico del espectro obtenido a 520 nm usando el patrón de malvidín-3-*O*-glucósido (*Anexo V*). La recta de calibrado, con doce concentraciones diferentes entre 0.05 y 125 mg/L, presentó un

coeficiente de correlación (r) del rango lineal de calibración superior a 0.99. El límite de detección (LOD) y el límite de cuantificación (LOQ) se calcularon en base a la curva de regresión lineal obtenida mediante el área de pico del patrón malvidín-3-*O*-glucósido. obtenidos por UHPLC, fueron 0.65 (LOD) y 1.98 (LOQ). LOD y LOQ se calcularon usando $3.3 S/m$ y $10 S/m$ respectivamente siendo S la desviación estándar del intercepto y m la pendiente de la regresión lineal.

4.2.4.4. Fraccionamiento de los polifenoles del vino por GPC

El fraccionamiento de la composición fenólica se realizó por cromatografía preparativa de permeación en gel (GPC). El empaquetamiento de la columna Vantage L (120 mm x 12 mm i.d.) de Millipore (Bedford, MA, EEUU) se realizó con el gel TSK Toyopearl HW-50F suspendido en agua y a presión atmosférica. La elución de los compuestos se realizó conectando la salida de la columna Vantage L al cromatógrafo de HPLC preparativa Gilson (Gilson Incorporated, Middleton, WI, EEUU) que consta de bomba peristáltica (322) a un detector de absorción ultravioleta UV/Vis-156. Dispone de una bandeja robotizada de inyección/colección de fracciones Gilson GX271 y un sistema de inyección dotado de una válvula Rheodyne® con un bucle de 2 ml (IDEX Health & Science, LLC, WA, EEUU). El software empleado fue el Trilution LC (Gilson). Dos mililitros de la muestra de vino fueron fraccionados según el método descrito por (Sáenz-Navajas et al., 2010) con algunas modificaciones. Los eluyentes empleados fueron A de 0 - 21.3 min. etanol/agua/ácido trifluoroacético (55:45:0.05, v/v/v) y B de 21.3 - 34.6 B con acetona/agua (60:40, v/v). Se realizó una fase de lavado y reacondicionamiento de la

columna con eluyente A durante 2 min. El tiempo de recolección de F1 fue con el eluyente A de 2.6 - 21.2 min y de F2 con el B de 25.7- 34.6 min.

La primera fracción F1 se eluyó con etanol/agua/ácido trifluoroacético (55:45:0.05, v/v/v) y se recolectó entre el minuto 2.5 al 21.25 y la segunda fracción (F2) se eluyó con acetona/agua (60:40, v/v). El flujo de elución empleado fue de 2 mL/min. El etanol y la acetona fueron evaporadas bajo presión en un rotavapor previo a la liofilización (CoolSafe, ScanVac, LaboGene™ Allerød, Dinamarca). La F1 liofilizada, que contiene los compuestos fenólicos de bajo peso molecular (ácidos y derivados, flavanoles y flavonoles), se reconstituyó a su volumen inicial (2 mL) con ácido fórmico/agua (5:95, v/v) antes del análisis. La F2, con los compuestos fenólicos de alto peso molecular, se reconstituyó con 2 mL de metanol para el análisis de las proantocianidinas totales. Las fracciones reconstituidas fueron conservadas a -20 °C. Todos los vinos fueron previamente filtrados mediante membranas de 0.45 µm y fraccionados por duplicado.

4.2.4.5. Compuestos fenólicos de bajo peso molecular

El análisis de compuestos fenólicos de bajo peso molecular se realizó con la fracción 1 obtenida del fraccionamiento por cromatografía preparativa de permeación en gel (GPC). Las F1 de los vinos se analizaron en un UHPLC-DAD-ESI/APCI-MS/MS (Shimadzu, Kioto, Japón), ya descrito en el apartado anterior 4.2.4.3, siguiendo el método descrito por (González-Hernández et al., 2014) y modificado por (Sáenz-Navajas et al., 2015). La adquisición de cromatogramas en DAD se hizo a 280 nm para los flavanoles,

315 nm para los ácidos fenólicos y resveratrol, y 365 nm para los flavonoles. Los espectros de masas se obtuvieron con el mismo detector de masas que para los antocianos, pero esta vez trabajando con la fuente de ionización de electroespray (ESI) operando en modo de ionización negativa usando un rango de masas entre m/z 120 - 1500 (potencial capilar 3.5 kV, gas nebulizador 3.0 bar, temperatura de secado del gas 180 °C y un flujo 9.0 L/min) para la identificación y cuantificación. La separación se realizó en una columna de fase reversa Acquity UPLC BEH C₁₈, de 100 × 2.1 mm d.i., 1.7 μm de tamaño de partícula, (Waters, Milford, MA, USA), colocada en un compartimento termostatzado a 40 °C durante todo el análisis. La cromatografía se realizó en modo gradiente a un flujo de 0.45 mL/min empleando como eluyente A agua/ácido fórmico (99.9:0.1, v/v) y B acetonitrilo/ácido fórmico, (99.9:0.1, v/v). El gradiente empleado fue: 0 - 4 min, 99 - 92% A; 4-11 min, 92 - 70% A; 11 - 13.5 min, 70 - 0% A; 13.5 - 14.5 min, 0 - 99% A. Al final de la secuencia, la columna fue lavada y equilibrada a condiciones iniciales durante 2 min.

Los compuestos se identificaron por patrones comerciales mediante la comparación de sus tiempos de retención (tR), espectro de masas y patrón de fragmentación MS/MS con respecto a muestras de vino descritas en la bibliografía (González-Hernández et al., 2014; Sáenz-Navajas et al., 2010, Gómez-Juaristi et al., 2019) (*Anexo VI*). La cuantificación se realizó a partir de las curvas de calibración de los patrones externos comercialmente disponibles y utilizando el área de pico para cada compuesto. Las curvas de calibración se obtuvieron mediante los patrones comerciales de diferentes concentraciones, el rango de calibración y la linealidad de cada compuesto se describe en el *Anexo X*. Los ácidos

cis/trans *p*-cumárico fueron cuantificados con la curva de calibración del ácido *p*-cumárico.

Los ácidos *cis/trans* cafeico fueron cuantificados con la curva de calibración del ácido cafeico. Las determinaciones se realizaron por duplicado.

4.2.4.6. Proantocianidinas totales (TPAs)

Las proantocianidinas totales se determinaron con el método de la vainillina (Sun et al., 1998), en la fracción 2 (F2) obtenida por GPC. La vainillina (3-metoxi-4-hidroxibenzaldehído) en medio ácido reacciona con el flavanol formando un cromóforo de color rojo que es medido a 500 nm. La muestra F2 se disolvió en 7.5 mL de metanol. El volumen de la reacción se fijó en 6 mL; se mezclaron en un vial 1 mL de la muestra con 2.5 mL de vainillina en metanol al 1% (w/v) y 2.5 mL de ácido sulfúrico/metanol (10:90, v/v). La reacción tuvo lugar a 30 °C durante 15 minutos, tiempo necesario para alcanzar el valor máximo de absorbancia a 500 nm. Paralelamente, se realizó un blanco para cada muestra, con el fin de eliminar la absorbancia de pigmentos residuales presentes en F2. El blanco fue preparado de la misma forma que la muestra, pero adicionando metanol en lugar de vainillina. La cuantificación de las proantocianidinas se realizó utilizando la recta de calibrado preparada con diferentes concentraciones de catequina en el rango de 0.2 a 3.0 g/L. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

4.2.5. Evaluación de la calidad de los vinos

La metodología seguida para la evaluación sensorial de la calidad se encuentra descrita en el apartado 1.2.3 del capítulo 1. A modo de resumen la evaluación sensorial de

la calidad global fue valorada en los siete vinos tintos ultrapremium del estudio por un panel de 27 expertos del sector enológico, utilizando el método sensorial de RATA con una escala Likert de 0 a 10 puntos (0 = ausencia de calidad a 10 = máximo de calidad). La valoración global de la calidad se realizó en copas negras normalizadas y los participantes no fueron informados de la naturaleza de los vinos del estudio.

4.2.6 *Análisis de los datos*

4.2.6.1 *ANOVA*

Las diferencias significativas entre compuestos químicos en función de las distintas muestras (7 vinos) se determinaron mediante un análisis de la varianza (ANOVA) a un factor. Las diferencias significativas se comprobaron mediante el test HSD (*Honestly-significant-difference*) de Tukey para un umbral de error del 5% ($p < 0.05$) mediante el paquete estadístico IBM SPSS *Statistics* para Windows, Versión 26.0. (IBM Corp, Armonk, NY).

4.2.6.2 *Modelo causal mediante PLS-SEM*

Para analizar de forma conjunta y simultánea todas las relaciones entre los compuestos fenólicos no volátiles y la evaluación de la calidad de los vinos se utilizó la metodología de ecuaciones estructurales basados en varianza (PLS-SEM) dado que es una metodología multivariante especialmente adecuada para estimar modelos que incluyen variables complejas y abstractas, no directamente observables y para estimar modelos que plantean simultáneamente múltiples relaciones causales entre varias variables

independientes y variables dependientes (Hair et al., 2017; Hair et al., 2019). En el presente estudio, las principales razones que justificaron la aplicación de la técnica de PLS fueron las siguientes (Henseler et al., 2016): 1) el objetivo último es predecir la variable dependiente: calidad; 2) la capacidad de SEM-PLS para analizar modelos causales que incluyeron indicadores formativos y también para analizar modelos complejos de componentes jerárquicos que incluyen variables latentes de orden superior; 3) no es necesario que los datos sigan una determinada distribución estadística. Este estudio se utilizó el software SmartPLS V.3.3.3 para realizar análisis de PLS (Ringle et al., 2015).

4.3 RESULTADOS

4.3.1. *Caracterización química de los vinos ultrapremium*

4.3.1.1. *Parámetros enológicos convencionales*

Los resultados de los parámetros enológicos convencionales de los siete vinos ultrapremium se muestran en la **tabla 4.2**. Según los resultados de ANOVA con la prueba post hoc de Tukey, observamos que todos los parámetros convencionales pudieron diferenciar los vinos del estudio excepto el ácido málico. Entre ellos, el contenido en polifenoles totales, alcohol y ácido láctico fueron los parámetros que más distinguen a los vinos, y los parámetros de azúcares reductores y índice de polifenoles totales (IPT) diferenciaron menos.

El contenido en alcohol de los vinos varió entre 13.52 - 15.19 % (v/v), se puede ver que estos vinos fueron ricos en alcohol, en especial el vino 994. Los valores de pH se

encuentran en el rango de 3.50 - 3.92 y los valores de acidez total se situaron entre 3.89 - 5.68 g/L. Las concentraciones de ácido acético oscilaron entre 0.33 - 0.74 g/L y en estos vinos, el ácido málico se transformó totalmente a ácido láctico. Las concentraciones de ácido láctico en los vinos del estudio fueron muy diferentes, el rango varió entre 0.82 - 3.08 g/L. Dos vinos de la denominación de origen de Ribera del Duero (vino 994 y vino 821) tuvieron altos contenidos en ácido láctico y otros dos vinos, uno de la denominación de origen de Somontano (vino 945), otro de la denominación de origen de Jumilla (vino 124) tuvieron bajos contenidos en ácido láctico. Los contenidos en azúcares reductores fueron dentro de la categoría de vinos tintos secos, estuvieron en un rango desde 1.73 - 2.68 g/L. Es importante destacar que los vinos del estudio tuvieron altos niveles en el contenido total de polifenoles (IPT), situándose el rango entre 71.50 - 107.31 AU. En especial el vino 945, su IPT alcanzó 107 AU, y luego los valores de IPT de los vinos 994, 733, 821 también se excedieron 90 AU. El valor IPT más bajo de los vinos también estuvo por encima de 70 AU.

4.3.1.2. Proantocianidinas

Los resultados de las proantocianidinas precipitables con proteína (PPAs), proantocianidinas unidas a polisacáridos (PAs) y proantocianidinas totales (TPAs) se muestran en la **Tabla 4.3**. Según los resultados del ANOVA con la prueba post hoc de Tukey, observamos que los tres parámetros pudieron diferenciar los vinos del estudio, en especial los porcentajes de proantocianidinas unidas a polisacáridos pudieron diferenciar entre todos los vinos del estudio.

Tabla 4.2. Análisis enológicos convencionales de los siete vinos tintos ultrapremium y valores mínimo (Min), máximo (Max) y medio del conjunto de los vinos.

	V994	V945	V733	V821	V217	V124	V208	Min- Max	Media	F (p)
EOH	15.19 ^f (0.01)	14.75 ^c (0.00)	14.37 ^d (0.01)	13.99 ^b (0.00)	14.24 ^c (0.00)	14.19 ^c (0.03)	13.52 ^a (0.01)	13.52- 15.19	14.32 [0.53]	3187.93 (0.00)
pH	3.65 ^{bc} (0.03)	3.65 ^{bc} (0.01)	3.92 ^d (0.02)	3.59 ^{ab} (0.06)	3.71 ^c (0.00)	3.73 ^c (0.00)	3.50 ^a (0.00)	3.50- 3.92	3.68 [0.13]	50.63 (0.00)
AT	5.68 ^c (0.06)	4.73 ^b (0.01)	3.89 ^a (0.06)	5.05 ^c (0.08)	3.96 ^a (0.01)	3.89 ^a (0.01)	5.25 ^d (0.03)	3.89- 5.68	4.63 [0.73]	481.69 (0.00)
AA	0.74 ^c (0.01)	0.45 ^b (0.01)	0.54 ^c (0.03)	0.46 ^b (0.01)	0.34 ^a (0.01)	0.33 ^a (0.01)	0.64 ^d (0.00)	0.33- 0.74	0.50 [0.15]	276.64 (0.00)
AM	0.00 ^a (0.00)	0.03 ^a (0.01)	0.00 ^a (0.00)	0.05 ^a (0.01)	0.00 ^a (0.00)	0.00 ^a (0.00)	0.03 ^a (0.01)	0.00- 0.05	0.01 [0.02]	0.90 (0.54)
AL	3.08 ^f (0.01)	0.93 ^a (0.00)	1.93 ^c (0.06)	2.70 ^c (0.07)	1.51 ^b (0.01)	0.82 ^a (0.04)	2.26 ^d (0.01)	0.82- 3.08	1.89 [0.86]	913.72 (0.00)
AR	2.05 ^{ab} (0.28)	2.86 ^c (0.01)	2.86 ^c (0.06)	2.12 ^{ab} (0.08)	2.24 ^b (0.10)	2.26 ^b (0.06)	1.73 ^a (0.12)	1.73- 2.86	2.30 [0.42]	21.67 (0.00)
IPT	98.39 ^b (8.79)	107.31 ^c (6.35)	95.71 ^b (2.95)	93.34 ^b (5.18)	81.05 ^{ab} (3.32)	71.50 ^a (0.01)	71.58 ^a (2.30)	71.50- 107.31	88.41 [13.89]	15.98 (0.00)
PT	2925.55 ^f (6.15)	3179.05 ^g (32.03)	2779.30 ^c (1.13)	2514.30 ^d (8.06)	2286.00 ^c (21.64)	2058.70 ^b (5.09)	1812.50 ^a (18.53)	1812.50- 3179.05	2507.91 [488.74]	1699.68 (0.00)

Notas: EOH = grado alcohólico (v/v %); AT = acidez total (expresado en g/L de ácido tartárico); AA = ácido acético (g/L); AM = ácido málico (g/L); AL = ácido láctico (g/L); AR = azúcares reductores (g/L); PT = polifenoles totales (Folin-Ciocalteu) (mg/L). Los valores entre paréntesis () son desviaciones estándar de los duplicados del análisis. Los valores entre paréntesis [] son desviaciones estándar de la media de los siete vinos. Los valores entre paréntesis () en la columna encabezada por F valor son *p*-valores. ^{a, b, c, d, e, f, g}: medias de una misma fila con letras superíndice distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 4.3. Contenido de proantocianidinas precipitables con proteínas (PPAs), proantocianidinas unidas a polisacáridos (PAs) y proantocianidinas totales (TPAs) de los siete vinos ultrapremium y valores mínimo (Min), máximo (Max) y medio del conjunto de los vinos.

	V994	V945	V733	V821	V217	V124	V208	Min- Max	Media	F (p)
PPAs	1.39 ^c (0.01)	1.65 ^c (0.00)	1.48 ^d (0.00)	1.37 ^c (0.00)	0.86 ^b (0.01)	0.47 ^a (0.04)	0.82 ^b (0.01)	0.47- 1.65	1.15 [0.43]	1680.26 (0.00)
PAs	45.06 ^c (0.00)	28.3 ^a (0.13)	33.16 ^b (0.03)	50.21 ^f (0.10)	42.45 ^d (0.97)	39.58 ^c (0.14)	55.08 ^g (0.28)	28.30- 55.08	41.98 [9.31]	1127.70 (0.00)
TPAs	0.78 ^c (0.01)	0.91 ^c (0.05)	1.51 ^c (0.01)	0.52 ^b (0.01)	1.08 ^d (0.07)	1.11 ^d (0.04)	0.06 ^a (0.00)	0.06- 1.51	0.85 [0.47]	296.01 (0.00)

Notas: PPAs: expresado en g/L de ácido tánico; PAs: expresado en el porcentaje de taninos unidos a polisacáridos (%); TPAs: expresado en g/L de catequina. Los valores entre paréntesis () son desviaciones estándar de los duplicados del análisis. Los valores entre paréntesis [] son desviaciones estándar de la media de los siete vinos. Los valores entre paréntesis () en la columna encabezada por F valor son *p*-valores. ^{a, b, c, d, e, f, g}: medias de una misma fila con letras superíndice distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

El contenido en PPAs oscilaron entre los 0.47 g/L para el vino 124 y los 1.65 g/L para el vino 945, el valor medio fue 1.15 g/L. Los porcentajes de PAs se situaron entre los 28.30 % para el vino 945 y los 55.08 % para el vino 208, el valor medio fue 41.98 %.

Las proantocianidinas totales (TPAs) se determinaron por método de la vainillina en la fracción 2 (F2) obtenida por GPC. En los siete vinos ultrapremium del estudio, las concentraciones de TPAs variaron entre los 0.06 g/L para el vino 208 y los 1.51 g/L para el vino 733, el valor medio fue 0.85 g/L. El vino 208 que tuvo un valor de TPAs mucho más bajo que otros seis vinos, este vino fue el vino con mayor tiempo en envejecimiento en barrica (48 meses).

4.3.1.3. Antocianos

En los vinos fueron identificados y cuantificados 19 antocianos mediante UHPLC-DAD-ESI/APCI-MS/MS, las concentraciones se muestran en la **Tabla 4.4** y los datos para la identificación y cuantificación de los antocianos se recogen en la **Anexo IV**. Estos compuestos fueron agrupados en tres familias según su estructura química: antocianos no acilados (5), piranoantocianos (6), antocianos acilados (8). Los resultados de la aplicación de ANOVA y de la prueba post hoc de Tukey a los datos, muestran que entre los vinos del estudio existen diferencias en la concentración de antocianos, tal y como era de esperar debido a que los vinos fueron elaborados con distintas variedades de uva, diferentes denominaciones de origen, procesos de elaboración y añada. Un 74% de los antocianos analizados pudieron diferenciar al menos entre cuatro vinos del estudio.

En los vinos ultrapremium, el antociano no acilado más abundante fue la malvidín-3-*O*-glucósido seguido de delfinidín-3-*O*-glucósido y petunidín-3-*O*-glucósido. El malvidín-3-*O*-glucósido osciló entre los 3.68 mg/L para el vino 945 y los 67.13 mg/L para el vino 124, el valor medio fue 26.26 mg/L. El delfinidín-3-*O*-glucósido oscilaron entre los 2.02 mg/L para el vino 945 y los 20.20 mg/L para el vino 217, el valor medio fue 8.53 mg/L. El contenido en petunidín-3-*O*-glucósido varió entre los 1.63 mg/L para el vino 945 y los 15.40 mg/L para el vino 217.

Tabla 4.4. Concentraciones de los antocianos analizados por UHPLC-DAD-MS/MS, mínima (Min), máxima (Max) y media de los siete vinos del estudio (expresadas en mg/L de malvidín-3-*O*-glucósido).

Compuesto	V994	V945	V733	V821	V217	V124	V208	Min-Max	Media	F (p)
Antocianidín-3-glucósido no acilados (mg/L)										
Delfinidín-3- <i>O</i> -glucósido	5.71 ^b (0.08)	2.02 ^a (0.03)	14.22 ^d (0.56)	7.46 ^c (0.03)	20.20 ^c (0.29)	8.04 ^c (0.06)	2.09 ^a (0.03)	2.02- 20.20	8.53 [6.60]	1493.01 (0.00)
Cianidín-3- <i>O</i> -glucósido	2.30 ^c (0.01)	1.92 ^{ab} (0.06)	2.82 ^d (0.07)	1.98 ^b (0.02)	3.43 ^c (0.02)	1.84 ^a (0.01)	1.83 ^a (0.01)	1.83- 3.43	2.30 [0.61]	657.78 (0.00)
Petunidín-3- <i>O</i> -glucósido	4.18 ^b (0.31)	1.63 ^a (0.09)	10.35 ^d (0.83)	5.40 ^b (0.02)	15.40 ^d (0.04)	6.76 ^c (0.12)	2.18 ^a (0.00)	1.63- 15.40	6.56 [4.88]	415.18 (0.00)
Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido	1.85 ^b (0.07)	1.57 ^a (0.06)	3.00 ^d (0.13)	2.18 ^c (0.05)	4.40 ^c (0.02)	5.34 ^f (0.01)	1.51 ^a (0.00)	1.51- 5.34	2.83 [1.50]	1073.47 (0.00)
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido	11.67 ^b (1.27)	3.68 ^a (0.02)	33.31 ^c (2.05)	13.56 ^b (0.50)	50.66 ^d (0.24)	67.13 ^f (0.17)	3.82 ^a (0.07)	3.68- 67.13	26.26 [24.84]	1400.04 (0.00)
<i>Suma</i>	25.71 ^b (1.75)	10.83 ^a (0.04)	63.70 ^c (3.63)	30.59 ^b (0.59)	94.09 ^d (0.57)	89.10 ^d (0.33)	11.42 ^a (0.11)	10.83- 94.09	46.49 (35.51)	1040.05 (0.00)
Piranoantocianos (mg/L)										
Delfinidín-3- <i>O</i> -glucósido-acetaldehído	1.42 ^a (0.03)	1.42 ^a (0.03)	1.64 ^c (0.08)	1.57 ^{abc} (0.02)	1.61 ^{bc} (0.05)	2.57 ^d (0.05)	1.43 ^{ab} (0.03)	1.42- 2.57	1.66 [0.41]	156.00 (0.00)
Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato	0.90 ^c (0.00)	1.11 ^f (0.00)	0.84 ^c (0.00)	0.86 ^{cd} (0.00)	0.57 ^b (0.00)	0.52 ^b (0.00)	0.43 ^a (0.00)	0.43- 1.11	0.75 [0.24]	599.91 (0.00)
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato	4.25 ^c (0.32)	3.50 ^d (0.09)	2.81 ^{bc} (0.17)	2.89 ^{bc} (0.04)	3.16 ^{cd} (0.04)	1.87 ^a (0.04)	2.38 ^{ab} (0.03)	1.87- 4.25	2.98 [0.77]	56.81 (0.00)
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido-acetaldehído	nd	1.39 ^{ab} (0.01)	1.39 ^{ab} (0.00)	1.43 ^c (0.01)	1.40 ^{ab} (0.00)	1.41 ^{bc} (0.00)	1.38 ^a (0.00)	nd- 1.43	1.40 [0.02]	15712.87 (0.00)
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido piruvato	1.45 ^a (0.02)	1.42 ^a (0.01)	1.41 ^a (0.04)	nd ^b	1.41 ^a (0.00)	nd ^b	1.41 ^a (0.00)	nd- 1.45	1.42 [0.02]	3539.57 (0.00)
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido-4-vinifenol	1.93 ^{ab} (0.20)	1.61 ^a (0.06)	1.97 ^{ab} (0.23)	2.01 ^{ab} (0.05)	1.61 ^a (0.03)	2.23 ^b (0.01)	1.68 ^a (0.02)	1.61- 2.23	1.86 [0.24]	7.75 (0.01)
<i>Suma</i>	9.95 ^c (0.47)	10.64 ^c (0.20)	10.05 ^c (0.52)	8.76 ^{ab} (0.06)	9.76 ^{bc} (0.12)	8.59 ^a (0.00)	8.71 ^{ab} (0.02)	8.59- 10.46	9.49 [0.80]	14.85 (0.00)

Tabla 4.4. (continuación).

Compuesto	V994	V945	V733	V821	V217	V124	V208	Min- Max	Media	F (p)
Antocianidín-3-glucósidos acilados (acetilados y cumarilados) (mg/L)										
Cianidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	1.66 ^{ab} (0.07)	1.78 ^b (0.00)	1.55 ^a (0.02)	1.51 ^a (0.01)	1.50 ^a (0.10)	1.76 ^b (0.04)	1.49 ^a (0.02)	1.49- 1.78	1.61 [0.13]	12.62 (0.00)
Petunidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	1.60 ^{bc} (0.06)	1.57 ^{abc} (0.02)	1.73 ^c (0.02)	1.51 ^{ab} (0.01)	2.00 ^d (0.09)	2.29 ^c (0.01)	1.43 ^a (0.01)	1.43- 2.29	1.73 [0.31]	110.93 (0.00)
Delfinidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	1.55 ^{ab} (0.04)	1.43 ^a (0.01)	1.61 ^{bc} (0.07)	1.71 ^c (0.05)	1.93 ^d (0.03)	1.47 ^{ab} (0.00)	1.39 ^a (0.00)	1.39- 1.93	1.59 [0.19]	45.13 (0.00)
Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	1.69 ^{cd} (0.00)	1.47 ^{ab} (0.01)	1.75 ^d (0.14)	1.42 ^a (0.02)	1.56 ^{abcd} (0.02)	1.68 ^{bcd} (0.01)	1.50 ^{abc} (0.02)	1.42- 1.75	1.58 [0.13]	10.73 (0.00)
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	3.33 ^{bc} (0.64)	2.80 ^{abc} (0.19)	3.51 ^{bc} (0.59)	2.46 ^{ab} (0.05)	3.85 ^c (0.09)	7.83 ^d (0.07)	1.64 ^a (0.01)	1.64- 7.83	3.63 [1.99]	68.62 (0.00)
Cianidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	1.44 ^b (0.01)	1.34 ^a (0.00)	1.50 ^c (0.02)	1.41 ^b (0.00)	1.48 ^c (0.00)	1.43 ^b (0.00)	1.42 ^b (0.01)	1.34- 1.50	1.43 [0.05]	53.47 (0.00)
Petunidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	1.49 ^{ab} (0.02)	1.93 ^c (0.07)	1.39 ^a (0.01)	1.45 ^{ab} (0.01)	1.84 ^c (0.01)	1.51 ^b (0.00)	1.41 ^{ab} (0.01)	1.39- 1.93	1.57 [0.22]	123.96 (0.00)
Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido/	3.47 ^{bcd} (0.45)	1.64 ^a (0.03)	4.17 ^{cd} (0.98)	2.69 ^{abc} (0.13)	4.70 ^d (0.04)	8.03 ^c (0.10)	1.87 ^{ab} (0.03)	1.64- 8.03	3.80 [2.18]	56.00 (0.00)
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido										
<i>Suma</i>	16.23 ^{bc} (1.28)	13.96 ^{ab} (0.32)	17.21 ^{bc} (1.80)	14.16 ^{ab} (0.23)	18.86 ^c (0.09)	26.00 ^d (0.18)	12.16 ^a (0.03)	12.16- 26.00	16.94 [4.58]	57.71 (0.00)

Notas: nd: no disponible. Los valores entre paréntesis () son desviaciones estándar de los duplicados del análisis. Los valores entre paréntesis [] son desviaciones estándar de la media de los siete vinos. Los valores entre paréntesis () en la columna encabezada por F valor son *p*-valores. ^{a, b, c, d, e, f, g}: medias de una misma fila con letras superíndice distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En cuanto a los piranoantocianos, malvidín-3-*O*-glucósido piruvato presentó una mayor concentración en los vinos ultrapremium, el contenido osciló entre los 1.87 mg/L para el vino 124 y los 4.25 mg/L para el vino 994, el valor medio fue 2.98 mg/L.

Respecto a los antocianos acilados, malvidín-3-*O*-(6-*O*-acetil)-glucósido fue el compuesto con mayor concentración, el contenido varió entre los 1.64 mg/L para el vino 208 y los 7.83 mg/L para el vino 124. Además, un pico con la suma de concentración de malvidín-3-*O*-(6-*O*-*p*-cumaril)-glucósido y peonidín-3-*O*-(6-*O*-*p*-coumaroil)-glucósido también presentó alta concentración, pero no se pudo separar entre sí.

De acuerdo con la suma de las concentraciones de los antocianos analizados, los vinos con largo tiempo de envejecimientos presentaron los contenidos de antocianos relativamente bajos, como los vinos 208 (añada 2005), vino 945 (añada 2009), vino 994 (añada 2009) y el vino 821 (añada 2010), al contrario, los vinos con menos tiempo de envejecimiento mostraron relativamente altos contenidos en antocianos, como los vinos 124 (añada 2015), 217 y 733 (añada 2012). Además, cinco de los vinos del estudio tuvieron el contenido en antocianos no acilados mayor que el de antocianos acilados y piranoantocianos, excepto para los vinos 208 y 945 cuyos contenidos en antocianos acilados fue mayor que los no acilados.

4.3.1.4. Compuestos fenólicos de bajo peso molecular

Los compuestos fenólicos de bajo peso molecular se identificaron y cuantificaron por UHPLC-DAD-ESI/APCI-MS/MS con la fracción F1 obtenida por fraccionamiento de

GPC de los vinos. Los resultados de la concentración de los ácidos y derivados, resveratrol, flavanoles y flavonoles en cada vino del estudio se muestran en la **Tabla 4.5** y los datos para la identificación y cuantificación se muestran en el **Anexo IV**.

Los ácidos y derivados identificados y cuantificados fueron quince, siendo el ácido gálico el que presentó una mayor concentración en los vinos ultrapremium, en un rango que se situó entre los 32.55 mg/L para el vino 733 y los 81.65 mg/L para el vino 945, el valor medio fue 52.93 mg/L para los siete vinos, seguido del ácido *trans*-aconítico (10.36 mg/L), el ácido *cis*-cafeico (5.48 mg/L), el ácido vainílico (5.14 mg/L), y los otros ácidos y derivados tuvieron concentraciones menos a 5 mg/L. Los ácidos protocatéquico y ácido *trans-p*-cumárico presentaron menores concentraciones en estos vinos (< 0.5 mg/L). El Resveratrol fue el único estilbeno identificado y cuantificado en los vinos del estudio, su concentración varió entre los 0.15 mg/L para el vino 994 y los 1.53 mg/L para el vino 945, con un nivel medio de 0.89 mg/L.

Doce flavanoles fueron identificados y cuantificados, siendo las procianidinas B3 y B1 las de mayor concentración en los vinos ultrapremium. La procianidina B3 varió entre los 1.17 mg/L para el vino 208 y los 13.35 mg/L para el vino 945, con un nivel medio de 7.99 mg/L. La procianidina B1 se encuentra en un rango de concentración que osciló entre 1.05 para el vino 208 y 13.75 mg/L para el vino 945, con un nivel medio de 7.87 mg/L. Las concentraciones de catequina y epicatequina generaron mucha diferencia entre los vinos del estudio. El contenido de catequina varió entre los 0.40 mg/L para el vino 208 y los 6.83 mg/L para el vino 994, el valor medio de los siete vinos fue 2.92 mg/L. La epicatequina

presentó menos concentración en los vinos que la catequina, el contenido osciló entre los 0.37 mg/L para el vino 208 y los 6.10 mg/L para el vino 945, con un nivel medio de 1.71 mg/L para los siete vinos. Excepto la procianidina B2, con un valor medio de 2.15 mg/L, todos los demás flavanoles analizados tuvieron concentraciones menores de 1 mg/L. De acuerdo con la suma de las concentraciones de los flavanoles analizados, el vino 208 con mayor tiempo de envejecimiento presentó un nivel del contenido en flavanoles mucho más bajo que los otros vinos del estudio, esto podría explicarse por la formación de compuestos más polimerizados a lo largo del envejecimiento. Además, cuando las moléculas se polimerizan y son suficientemente grandes resultan insoluble y precipitan. Las concentraciones del catequín-3-galato y de la procianidina A2 en todos los vinos del estudio están por debajo del límite de detección, por tanto, no consideramos estos compuestos para los análisis posteriores.

vino 733, con un nivel medio de 9.37 mg/L. El kaempferol-3-*O*-glucósido varió entre los 0.32 mg/L para el vino 994 y los 10.70 mg/L para el vino 733, el valor medio fue 2.68 mg/L. Según los resultados del ANOVA, la miricetina, la quercetina y la isorhamnetina no muestran diferencias entre los 7 vinos del estudio. De la suma de las concentraciones de los nueve flavonoles cuantificados, se observó que el vino 733 (valor medio 34.36 mg/L) tuvo una alta concentración en flavonoles y el vino 208 (valor medio 2.68 mg/L) tuvo un nivel de flavonoles mucho más bajo. La quercetín-3-*O*-rutinósido, la isorhamnetina-3-*O*-glucósido y el kaempferol no mostraron picos en las muestras analizadas, así no consideramos estos tres compuestos para el análisis posterior.

Tabla 4.5. Concentraciones de los compuestos fenólicos de bajo peso molecular (ácidos, flavanoles y flavonoles) analizados por UHPLC-MS/MS en la fracción F1 de la GPC de los vinos ultrapremium, concentración mínima (Min), máxima (Max) y media del conjunto de vinos.

Compuestos	V994	V945	V733	V821	V217	V124	V208	Min- Max	Media	F (p)
Ácidos y derivados de ácidos fenólicos (mg/L)										
Ácido <i>cis</i> -aconítico	4.93 ^{abc} (0.86)	3.89 ^{abc} (0.21)	5.22 ^{bc} (0.70)	3.52 ^{ab} (0.35)	2.75 ^a (0.83)	4.55 ^{abc} (0.50)	6.02 ^c (0.30)	2.75- 6.02	4.41 [1.11]	7.11 (0.01)
Ácido <i>trans</i> -aconítico	14.45 ^d (0.64)	6.68 ^{ab} (0.11)	14.50 ^d (1.41)	11.20 ^c (0.28)	5.00 ^a (0.88)	11.60 ^c (0.42)	9.09 ^{bc} (0.04)	5.00- 14.50	10.36 [3.65]	54.02 (0.00)
Ácido gálico	45.00 ^{ab} (5.80)	81.65 ^c (0.49)	32.55 ^a (4.31)	58.75 ^{bc} (7.00)	45.45 ^{ab} (1.20)	57.90 ^b (10.47)	49.20 ^{ab} (6.22)	32.55- 81.65	52.93 [15.45]	13.30 (0.00)
Ácido protocatéquico	0.34 ^{ab} (0.02)	0.48 ^{bc} (0.02)	0.23 ^a (0.01)	0.35 ^{ab} (0.01)	0.56 ^c (0.10)	0.26 ^a (0.02)	0.75 ^d (0.03)	0.23- 0.75	0.42 [0.18]	41.29 (0.00)
Ácido homoprotocatéquico	1.71 ^c (0.18)	0.33 ^a (0.06)	0.93 ^b (0.01)	0.23 ^a (0.09)	1.46 ^c (0.04)	0.48 ^a (0.02)	2.69 ^d (0.06)	0.19- 2.69	1.12 [0.89]	219.42 (0.00)
Ácido vainílico	5.03 ^c (0.16)	5.88 ^d (0.11)	5.28 ^c (0.02)	4.31 ^b (0.01)	6.20 ^d (0.00)	3.42 ^a (0.14)	5.84 ^d (0.21)	3.42- 6.20	5.14 [0.99]	131.68 (0.00)
Ácido <i>cis</i> -cafeico	4.95 ^b (0.69)	1.76 ^a (0.04)	10.34 ^c (1.65)	1.06 ^a (0.05)	5.82 ^b (0.35)	11.05 ^c (0.92)	3.37 ^{ab} (0.04)	1.06- 11.05	5.48 [3.94]	52.00 (0.00)
Ácido siríngico	1.17 ^{bc} (0.06)	1.06 ^{bc} (0.04)	1.13 ^{bc} (0.06)	0.57 ^a (0.00)	1.26 ^c (0.05)	1.00 ^b (0.13)	0.92 ^a (0.02)	0.57- 1.26	1.01 [0.22]	25.01 (0.00)
Ácido <i>trans</i> -cafeico	0.74 ^a (0.21)	0.32 ^a (0.04)	1.00 ^a (0.03)	0.59 ^a (0.22)	1.07 ^a (0.20)	2.62 ^b (0.43)	0.38 ^a (0.00)	0.32- 2.62	0.96 [0.78]	26.81 (0.00)
Ácido <i>cis-p</i> -cumárico	4.05 ^c (0.13)	0.72 ^a (0.05)	6.46 ^d (0.50)	1.08 ^a (0.01)	3.14 ^{bc} (0.50)	3.45 ^{bc} (0.15)	2.92 ^b (0.12)	0.72- 6.46	3.11 [1.92]	92.09 (0.00)
Ácido <i>trans-p</i> -cumárico	0.39 ^b (0.03)	0.28 ^a (0.00)	0.41 ^{bc} (0.02)	0.74 ^c (0.01)	0.49 ^c (0.03)	0.64 ^d (0.00)	0.43 ^{bc} (0.02)	0.28- 0.74	0.48 [0.16]	110.49 (0.00)
Éster etílico del ácido protocatéquico	0.06 ^{ab} (0.01)	0.07 ^b (0.00)	0.05 ^{ab} (0.00)	0.04 ^a (0.00)	0.23 ^d (0.01)	0.17 ^c (0.01)	0.33 ^c (0.01)	0.04- 0.33	0.14 [0.11]	443.17 (0.00)
Éster etílico del ácido cafeico	0.12 ^a (0.01)	0.19 ^a (0.01)	0.09 ^a (0.00)	0.11 ^a (0.00)	0.14 ^a (0.05)	0.63 ^b (0.06)	0.19 ^a (0.01)	0.09- 0.63	0.21 [0.19]	80.72 (0.00)
Éster etílico del ácido ferúlico	0.33 ^a (0.09)	0.27 ^a (0.00)	0.32 ^a (0.02)	0.30 ^a (0.07)	0.31 ^a (0.01)	0.34 ^a (0.07)	0.32 ^a (0.00)	0.27- 0.34	0.31 [0.02]	0.43 (0.84)
Resveratrol	0.15 ^a (0.03)	1.53 ^f (0.01)	0.90 ^c (0.05)	0.83 ^c (0.01)	1.06 ^d (0.06)	1.31 ^e (0.06)	0.48 ^b (0.00)	0.15- 1.53	0.89 [0.47]	288.65 (0.00)
<i>Suma</i>	83.41 ^{ab} (8.19)	105.08 ^b (0.79)	79.40 ^{ab} (4.50)	83.68 ^{ab} (6.24)	74.91 ^a (2.58)	99.40 ^{ab} (11.22)	82.91 ^{ab} (5.96)	74.91- 105.08	86.97 [11.59]	5.74 (0.02)

Tabla 4.5 (continuación).

Compuestos	V994	V945	V733	V821	V217	V124	V208	Min- Max	Media	F (p)
Flavanoles (mg/L)										
(-) Galocatequina	0.57 ^{ab} (0.02)	0.93 ^{abc} (0.02)	0.47 ^{ab} (0.14)	0.68 ^{abc} (0.03)	1.05 ^{bc} (0.10)	1.25 ^c (0.36)	0.38 ^a (0.04)	0.34- 1.25	0.76 [0.32]	8.96 (0.01)
Procianidina B1	4.16 ^{ab} (0.40)	13.75 ^d (0.07)	6.52 ^{bc} (0.35)	6.85 ^{bc} (0.40)	10.90 ^{cd} (0.71)	11.83 ^d (2.79)	1.05 ^a (0.21)	1.05- 13.75	7.87 [4.52]	32.67 (0.00)
(-)Epigalocatequina	0.52 ^{ab} (0.05)	0.70 ^{cd} (0.01)	0.59 ^{bc} (0.06)	0.61 ^{bc} (0.04)	0.69 ^{cd} (0.00)	0.80 ^d (0.01)	0.44 ^a (0.04)	0.44- 0.80	0.62 [0.12]	21.31 (0.00)
Procianidina B3	4.74 ^{ab} (0.37)	13.35 ^d (0.07)	6.94 ^{bc} (0.30)	7.25 ^{bc} (0.37)	10.75 ^{cd} (0.64)	11.71 ^d (2.54)	1.17 ^a (0.26)	1.17- 13.35	7.99 [4.26]	34.89 (0.00)
(+)-Catequina	1.51 ^b (0.08)	6.83 ^c (0.40)	1.22 ^{ab} (0.16)	2.61 ^c (0.01)	1.98 ^{bc} (0.22)	5.90 ^d (0.25)	0.40 ^a (0.22)	0.40- 6.83	2.92 [2.46]	241.70 (0.00)
Procianidina B2	0.88 ^a (0.15)	6.84 ^c (0.17)	1.02 ^a (0.03)	1.05 ^a (0.17)	2.58 ^b (0.07)	2.47 ^b (0.55)	0.23 ^a (0.09)	0.23- 6.84	2.15 [2.24]	175.41 (0.00)
(-)Epicatequina	0.47 ^{ab} (0.08)	6.10 ^c (0.08)	0.45 ^{ab} (0.00)	0.95 ^{bc} (0.14)	1.50 ^c (0.34)	2.14 ^d (0.01)	0.37 ^a (0.01)	0.37- 6.10	1.71 [2.04]	391.69 (0.00)
(-)Epigalocatequín- 3-galato	0.45 ^a (0.06)	0.67 ^{bc} (0.08)	0.58 ^{abc} (0.06)	0.48 ^{ab} (0.05)	0.75 ^c (0.01)	0.51 ^{ab} (0.01)	0.48 ^a (0.00)	0.45- 0.75	0.56 [0.11]	11.92 (0.00)
(-)Galocatequín-3- galato	0.22 ^b (0.03)	0.15 ^a (0.01)	0.15 ^a (0.02)	0.15 ^a (0.00)	0.17 ^{ab} (0.02)	0.18 ^{ab} (0.03)	0.13 ^a (0.00)	0.13- 0.22	0.17 [0.03]	5.71 (0.02)
Procianidina C1	0.35 ^a (0.03)	0.99 ^b (0.03)	0.30 ^a (0.03)	0.33 ^a (0.09)	0.37 ^a (0.00)	0.39 ^a (0.09)	0.20 ^a (0.09)	0.20- 0.99	0.42 [0.26]	37.29 (0.00)
Procianidina A1	0.17 ^{ab} (0.03)	0.08 ^a (0.01)	0.12 ^{ab} (0.03)	0.19 ^b (0.04)	0.08 ^a (0.01)	0.07 ^a (0.01)	0.12 ^{ab} (0.03)	0.07- 0.19	0.12 [0.05]	6.38 (0.01)
(-)Epicatequín-3- galato	0.06 ^a (0.03)	0.10 ^a (0.02)	0.06 ^a (0.01)	0.10 ^a (0.02)	0.04 ^a (0.01)	0.08 ^a (0.01)	0.03 ^a (0.01)	0.03- 0.10	0.07 [0.03]	3.68 (0.06)
Catequín-3-galato	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	-	-	-
Procianidina A2	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	-	-	-
<i>Suma</i>	14.11 ^{ab} (0.99)	50.50 ^c (0.15)	18.42 ^b (0.66)	21.24 ^{bc} (0.73)	30.86 ^{cd} (1.92)	37.31 ^d (6.61)	4.99 ^a (1.00)	4.99- 50.50	25.34 [14.87]	65.37 (0.00)

Tabla 4.5 (continuación).

Compuestos	V994	V945	V733	V821	V217	V124	V208	Min-Max	Media	F (p)
Flavonoles (mg/L)										
Quercetín-3- <i>O</i> -galactósido	0.70 ^{bc} (0.02)	0.76 ^{bc} (0.07)	2.24 ^d (0.18)	0.68 ^{ab} (0.15)	1.28 ^c (0.30)	0.56 ^{ab} (0.02)	0.11 ^a (0.02)	0.11-2.24	0.90 [0.68]	41.83 (0.00)
Quercetín-3- <i>O</i> -rutinósido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-	-
Quercetín-3- <i>O</i> -glucurónido	6.34 ^{ab} (0.44)	13.75 ^{cd} (0.35)	16.85 ^c (3.46)	8.16 ^{bc} (0.54)	13.75 ^{cd} (2.19)	6.59 ^{ab} (1.90)	0.18 ^a (0.00)	0.18-16.85	9.37 [5.73]	21.87 (0.00)
Quercetín-3- <i>O</i> -glucósido	0.42 ^b (0.01)	0.45 ^b (0.06)	0.87 ^c (0.11)	0.34 ^b (0.02)	0.84 ^c (0.14)	0.29 ^{ab} (0.03)	0.04 ^a (0.02)	0.04-0.87	0.46 [0.30]	32.20 (0.00)
Kaempferol-3- <i>O</i> -glucósido	0.32 ^a (0.03)	0.77 ^a (0.01)	10.70 ^d (0.42)	1.81 ^b (0.36)	3.93 ^c (0.01)	0.67 ^a (0.02)	0.58 ^a (0.01)	0.32-10.70	2.68 [3.75]	623.40 (0.00)
Isorhamnetín-3- <i>O</i> -glucósido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-	-
Siringetín-3- <i>O</i> -glucósido	0.83 ^{ab} (0.01)	1.78 ^c (0.12)	1.12 ^b (0.13)	0.49 ^a (0.05)	0.91 ^b (0.17)	1.57 ^c (0.07)	0.44 ^a (0.04)	0.44-1.78	1.02 [0.51]	50.49 (0.00)
Siringetín-3- <i>O</i> -galactósido	0.99 ^{bc} (0.02)	2.24 ^d (0.11)	1.43 ^c (0.21)	0.50 ^{ab} (0.11)	1.11 ^c (0.21)	2.24 ^d (0.09)	0.45 ^a (0.02)	0.45-2.24	1.28 [0.74]	63.70 (0.00)
Miricetina	0.17 ^a (0.01)	0.37 ^a (0.29)	0.18 ^a (0.00)	0.17 ^a (0.00)	0.18 ^a (0.00)	0.16 ^a (0.00)	0.19 ^a (0.04)	0.16-0.37	0.20 [0.07]	0.95 (0.52)
Quercetina	0.59 ^a (0.00)	0.81 ^a (0.01)	0.84 ^a (0.01)	0.60 ^a (0.01)	1.01 ^a (0.53)	0.56 ^a (0.05)	0.53 ^a (0.01)	0.53-1.01	0.71 [0.18]	1.60 (0.28)
Kaempferol	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-	-
Isorhamnetina	0.14 ^a (0.00)	0.17 ^a (0.00)	0.14 ^a (0.02)	0.13 ^a (0.00)	0.15 ^a (0.05)	0.11 ^a (0.00)	0.15 ^a (0.00)	0.11-0.17	0.14 [0.02]	0.96 (0.51)
<i>Suma</i>	10.49 ^{ab} (0.43)	21.08 ^{cd} (0.89)	34.36 ^c (4.50)	12.87 ^{bc} (0.49)	23.14 ^d (3.61)	12.74 ^{bc} (1.79)	2.68 ^a (0.16)	2.68-34.36	16.77 [10.05]	39.47 (0.00)

Notas: Los valores entre paréntesis () son desviaciones estándar de los duplicados del análisis. Los valores entre paréntesis [] son desviaciones estándar de la media de los siete vinos. Los valores entre paréntesis () en la columna encabezada por F valor son *p*-valores. . a, b, c, d, e: medias de una misma fila con letras superíndice distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$). nd: no detectado, tr: trazas, -: no disponible

En resumen, los vinos ultrapremium del estudio presentaron niveles altos de los ácidos gálico y *trans*-aconítico, de los flavanoles procianidina B3 y B1 y de los flavonoles quercetín-3-*O*-glucurónido y kaempferol-3-*O*-glucósido. El vino 945 mostró un nivel relativamente alto en los compuestos fenólicos de bajo peso molecular y el vino 208 presentó un nivel relativamente bajo.

4.3.2. Evaluación de la calidad de los vinos

La calidad de los siete vinos representativos de los vinos tintos ultrapremium españoles fue evaluada por 27 expertos del vino mediante el método sensorial RATA empleando una escala *Likert* de 0 a 10 puntos. Los resultados de la evaluación de la calidad se muestran en la **Tabla 4.6**. La media de la evaluación de la calidad de los siete vinos se situó entre 4.52 para el vino 208 y 5.81 para el vino 124. Las diferencias de las evaluaciones de la calidad de los siete vinos determinaron por el test no paramétrico de Kruskal-Wallis, resulta que los vinos diferenciaron estadísticamente en sus evaluaciones de la calidad (p -valor = 0.004). Las informaciones más detalles se pueden ver en el apartado 1.3.4.1 del capítulo 1.

Tabla 4.6. Puntuaciones medias de la evaluación de la calidad global de los siete vinos tintos ultrapremium del estudio.

Vino	Calidad global(n=27)	SD
994	5.22	1.80
945	4.96	1.56
733	5.74	1.61
821	5.07	1.86
217	5.22	1.78
124	5.81	1.69
208	4.52	1.60

Notas: SD: desviación estándar de las evaluaciones de la calidad de los 27 expertos para cada vino.

4.3.3 Selección de las variables para el modelo PLS

Con el objetivo de evaluar el papel que juegan los compuestos no volátiles en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles, se utilizó la técnica estadística PLS-SEM, de manera que se pudiera obtener un modelo explicativo y predictivo de la calidad del vino. El número de variables químicas fue excesivamente alto, en concreto fueron sesenta y siete compuestos/parámetros analizados. Con este número de variables no fue operativo para analizar, por tanto, necesitamos seleccionar las variables relevantes para que entren al modelo predictivo. A continuación, en este apartado se muestran la selección de las variables importantes.

Las variables químicas predictoras (indicadores del modelo) tenidas en cuenta para llevar a cabo de obtener un modelo explicativo y predictivo de la calidad del vino fueron los parámetros enológicos convencionales (*Tabla 4.2*), los contenidos en TPAs, PAs y PPAs (*Tabla 4.3*), las concentraciones de los compuestos antociánicos (*Tabla 4.4*) y los compuestos fenólicos de bajo peso molecular como ácidos y sus derivados, flavanoles y flavonoles (*Tabla 4.5*). Para obtener un modelo PLS con una máxima significación sensorial con el fin de predecir la evaluación de la calidad de los vinos del estudio, se utilizaron dos criterios previos para seleccionar las variables químicas que entran en el modelo: 1) criterio de actividad sensorial y 2) criterio de discriminación sensorial (Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012). El procedimiento de la selección de las variables se muestra en la *Figura 4.1*.

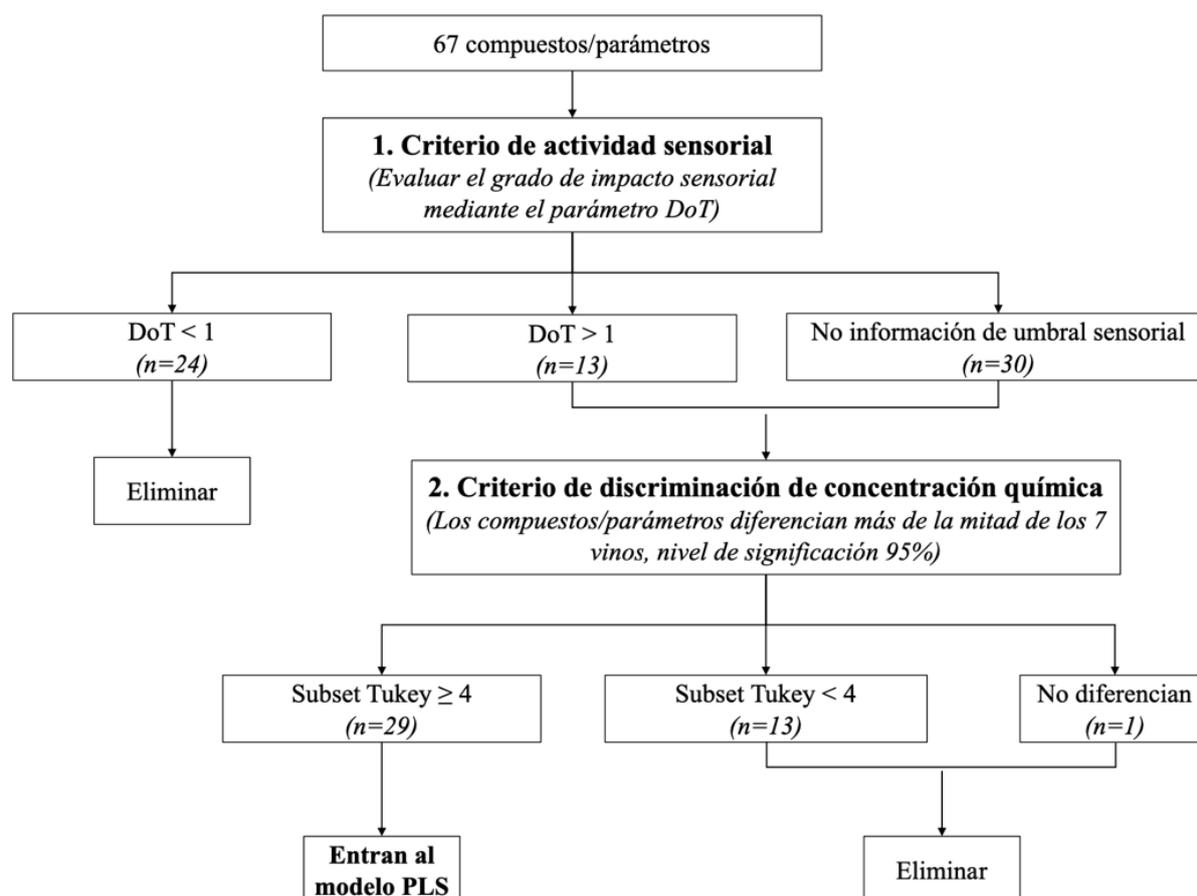


Figura 4.1. El procedimiento de selección de las variables químicas relevantes.

En primer lugar, por el criterio de actividad sensorial, se evaluó el grado de impacto sensorial mediante el parámetro DoT (*Dose-over-Taste*) que se calculó para cada compuesto como el cociente de su concentración y su umbral de percepción sensorial (Scharbert & Hofmann, 2005). Los cálculos del parámetro DoT de los compuestos/parámetros analizados en el presente estudio se muestran en la **tabla 4.7**.

Las variables químicas que entran al modelo PLS deben estar presentes en concentraciones medias de los siete vinos del estudio por encima de sus umbrales de

percepción, es decir, sólo aquellos compuestos o parámetros en que el parámetro DoT fuera mayor a 1, fueron seleccionados, y se muestran en negrita en la columna encabezada por DoT en la **tabla 4.7**. Aplicando el primer criterio, relacionado con la actividad sensorial, se seleccionaron 13 compuestos o parámetros con un $\text{DoT} > 1$ y otros 30 compuestos o parámetros sin umbrales de percepción conocidos, estos cuarenta y tres compuestos o parámetros se someten al segundo criterio mientras que los 24 compuestos o parámetros con un $\text{DoT} < 1$, es decir, no fueron compuestos o parámetros detectables en la boca, se eliminaron. Además, debido a que el cálculo del factor DoT se realizó con el nivel medio del contenido de cada compuesto/parámetro de los siete vinos, chequeamos los contenidos máximos de los compuestos/parámetros eliminados en los siete vinos y observamos que los contenidos máximos de estos compuestos/parámetros tampoco alcanzaron su umbral de percepción correspondiente.

En segundo lugar, por el criterio de discriminación de la concentración química, las variables químicas que entran al modelo PLS deben diferenciarse en más de la mitad de los vinos del estudio. En el presente estudio, fueron siete vinos preseleccionados por análisis sensorial, así las variables químicas deben diferenciar al menos 4 vinos, maximizar las diferencias a nivel 95%. Los números de subgrupo del test HSD de Tukey de cada compuesto o parámetros analizados se muestran en la **tabla 4.7** en la columna encabezada por subgrupo Tukey, los números iguales y mayores a 4 fueron marcados en negrita. Además, debido a unos compuestos analizados como los compuestos antociánicos y unos ácidos fenólicos se desconocen sus umbrales de percepción, por ello, la selección de estos

compuestos consideró solamente el segundo criterio del poder discriminante, teniendo en cuenta que existen diferencias en las concentraciones de los compuestos al menos entre 4 vinos.

Los compuestos o parámetros químicos que alcanzaron valores DoT > 1 y/o con un mayor poder discriminante (subgrupo Tukey ≥ 4) se muestran en la **tabla 4.7**. Tal como puede observarse la acidez total, el ácido láctico y el ácido acético de los parámetros enológicos convencionales, las proantocianidinas totales, y los ácidos *cis/trans* aconítico y ácido gálico agrupados en la familia de ácidos y derivados, y el quercetín-3-*O*-galactósido, el quercetín-3-*O*-glucurónido y el kaempferol-3-*O*-glucósido de la familia de flavonoles entran al modelo PLS por sus valores de DoT mayores a 1 y altos niveles del poder discriminante. Un segundo grupo de los compuestos entran al modelo PLS sólo por sus altos niveles del poder discriminante en base al resultado de diferencias (Tukey) que fueron el grado alcohólico, el valor pH y los polifenoles totales de los parámetros enológicos, el ácido homoprotocatéquico de ácido fenólico, el siringetín-3-*O*-galactósido de flavanoles y catorce antocianos. En total, 29 de los 67 parámetros o compuestos químicos analizados entran al modelo PLS para predecir la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles. Así, se realizó una primera depuración de las variables analizadas (indicadores) y se ha obtenido un modelo revisado con una máxima significación sensorial que es analizado a continuación mediante la técnica PLS-SEM.

Tabla 4.7. Selección de las variables químicas para el modelo PLS mediante el umbral sensorial el valor DoT y el número de subgrupos del test HSD de Tukey de los compuestos/parámetros.

Compuesto	Media	Umbral sensorial (g/L)	DoT	Subgrupo Tukey
Parámetros enológicos				
Alcohol (% v/v)*	14.32	-	-	6
pH*	3.68	-	-	4
Acidez total (g/L)*	4.63	0.04 (ác. tartárico)	115.75	5
Ácido acético (g/L)*	0.50	0.12	4.17	5
Ácido málico (g/L)	0.01	0.49	0.02	1
Ácido láctico (g/L)*	1.89	1.39	1.36	6
Azúcares reductores (g/L)	2.30	1.84/3.24 (fructosa/glucosa)	1.25/0.71	3
IPT (AU)	88.41	-	-	3
Polifenoles totales (mg/L)*	2507.91	-	-	7
Proantocianidinas				
PPAs (g/L)*	1.15	-	-	5
PAs (%)*	41.98	-	-	7
TPAs (g/L)*	0.85	0.012	70.83	5

Tabla 4.7 (continuación).

Compuesto	Media (mg/L)	Umbral sensorial (mg/L)	DoT	Subgrupo Tukey
Antocianidín-3-glucósido no acilados				
Delfinidín-3- <i>O</i> -glucósido*	8.53	-	-	5
Cianidín-3- <i>O</i> -glucósido*	2.30	-	-	5
Petunidín-3- <i>O</i> -glucósido*	6.56	-	-	5
Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido*	2.83	-	-	6
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido*	26.26	-	-	5
Piranoantocianos				
Delfinidín-3- <i>O</i> -glucósido-acetaldehído*	1.66	-	-	4
Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato*	0.75	-	-	5
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato*	2.98	-	-	5
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido-acetaldehído*	1.40	-	-	4
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido piruvato	1.42	-	-	2
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido-4-vinifenol	1.86	-	-	2
Antocianidín-3-glucósidos acilados (acetilados y cumarilados)				
Cianidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	1.61	-	-	2
Petunidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido*	1.73	-	-	5
Delfinidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)- glucósido*	1.59	-	-	4
Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido*	1.58	-	-	4
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido*	3.63	-	-	4
Cianidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)- glucósido	1.43	-	-	3
Petunidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)- glucósido	1.57	-	-	3
Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)- glucósido/	3.80	-	-	5
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)- glucósido*				

Tabla 4.7 (continuación).

Compuesto	Media (mg/L)	Umbral sensorial (mg/L)	Factor DoT	Subgrupo Tukey
Ácidos y derivados				
Ácido <i>cis</i> -aconítico	4.41	87 ^a /0.1 ^c	44.10	3
Ácido <i>trans</i> -aconítico*	10.36	87/0.1	103.60	4
Ácido gálico	52.93	50	1.06	3
Ácido protocatéquico	0.42	32	0.01	4
Ácido homoprotocatéquico*	1.12	-	-	4
Ácido vainílico	5.14	53	0.10	4
Ácido <i>cis</i> -cafeico	5.48	13	0.42	3
Ácido siríngico	1.01	52	0.02	3
Ácido <i>trans</i> -cafeico	0.96	13	0.07	2
Ácido <i>cis-p</i> -cumárico	3.11	23	0.14	4
Ácido <i>trans-p</i> -cumárico	0.48	23	0.02	5
Éster etílico del ácido protocatéquico	0.14	9/182	0.02/0.00	5
Éster etílico del ácido cafeico	0.21	58/229	0.00/0.00	2
Éster etílico del ácido ferúlico	0.31	15/158	0.02/0.00	1
Resveratrol	0.89	47	0.02	6
Flavanoles				
(-) Galocatequina	0.76	165	0.00	3
Procianidina B1	7.87	139/231	0.06/0.03	4
(-)Epigalocatequina	0.62	159	0.00	4
Procianidina B3	7.99	116/289	0.07/0.03	4
(+)-Catequina	2.92	119/290	0.02/0.01	5
Procianidina B2	2.15	110/280	0.02/0.01	3
(-)Epicatequina	1.71	270/270	0.01/0.01	5
(-)Epigalocatequín-3-galato	0.56	87	0.01	3
(-)Galocatequín-3-galato	0.17	179	0,001	2
Procianidina C1	0.42	260/347	0.00/0.00	2
Procianidina A1	0.12	-	-	2
(-)Epicatequín-3-galato	0.07	115	0.00	1

Tabla 4.7 (continuación).

Compuesto	Media (mg/L)	Umbral sensorial (mg/L)	DoT	Subgrupo Tukey
Flavonoles				
Quercetín-3- <i>O</i> -galactósido*	0.90	0.2	4.50	4
Quercetín-3- <i>O</i> -glucurónido*	9.37	1.0	9.37	4
Quercetín-3- <i>O</i> -glucósido	0.46	0.3	1.53	3
Kaempferol-3- <i>O</i> -glucósido*	2.68	0.3	8.93	4
Siringetín-3- <i>O</i> -glucósido	1.02	0.1	10.20	3
Siringetín-3- <i>O</i> -galactósido*	1.28	-	-	4
Miricetina	0.20	10/10	0.02/0.02	1
Quercetina	0.71	10/10	0.07/0.07	1
Isorhamnetina	0.14	-	-	1

Notas: Los compuestos/parámetros marcados con * son variables seleccionadas para el modelo PLS. DoT > 1 marcados en negrita. Número de subgrupo del test HSD de Tukey ≥ 4 marcados en negrita. La referencia bibliográfica de los umbrales sensoriales y de las percepciones sensoriales de los compuestos se muestran en el *anexo XI*. -: no disponible.

4.3.4 Modelo causal mediante PLS-SEM

4.3.4.1 Test estadísticos previos al análisis causal

Cuando se van a plantear relaciones causa-efecto con metodología complejas, como es el caso de los sistemas de ecuaciones estructurales, el sesgo del método común puede ser un problema potencial (Podsakoff et al., 2003). Siguiendo a (Podsakoff & Organ, 1986), se utilizó el test de Harman de un factor (Harman, 1967) para examinar el alcance del posible sesgo.

Al aplicar el análisis factorial exploratorio mediante el método de factorización de ejes principales se ha aplicado el test de factor único de Harman: la proporción de varianza recogida por un único factor que resuma la totalidad de variables recogidas en el modelo causal propuesto supone un 39.052 % del total. En definitiva, los resultados están lejos del

valor crítico del 50% y, por tanto, podemos concluir que es muy poco probable que este modelo esté afectado por el sesgo de la varianza común.

Otro aspecto que considerar es la delimitación del poder estadístico del estudio realizado, es decir, calcular la probabilidad de que una prueba estadística rechace una hipótesis nula que sea falsa; en definitiva, verificar que el estudio está razonablemente libre de error tipo II. Para ello, hemos utilizado el software G*Power 3.1 (Erdfelder et al., 2009; Faul et al., 2007) junto con un tamaño de efecto medio, resultando un valor de 0.957. Este valor supera el valor mínimo propuesto por (Cohen, 1988) de 0.80. Con este nivel de potencia estadística permite asegurar que los resultados obtenidos en el presente estudio tienen un poder estadístico suficiente.

4.3.4.2 Planteamiento del modelo PLS-SEM

Los modelos PLS-SEM se establecieron para predecir la calidad y la estructura sensorial de los vinos de la presente tesis se base en los atributos sensoriales (capítulo 1 y 2), se ocupan de constructos de primer orden que consideran un único nivel de abstracción. En el caso del presente estudio, por el objetivo del estudio, los constructos que nosotros deseamos examinar son bastante más complejos y también pueden ser operativizados a niveles de abstracción más altos. Por tanto, se estableció un modelo de componentes jerárquico (HCM en su acrónimo inglés) también se conoce como modelo de orden superior, implica testar constructos de segundo orden que contienen estructuras de dos niveles de constructos.

El modelo de componentes jerárquico (HCM) se refiere a un constructo medido en más de un nivel de abstracción en un nomograma, en el que representa un constructo más general, medido a un nivel de abstracción mayor, incluyendo simultáneamente varios subcomponentes, los cuales cubren rasgos más concretos de la variable conceptual representada por este constructo (Hair et al., 2021, p. 66). Es decir, el constructo más general en el HCM no se mide directamente por indicadores, sino que se mide por otras variables que son no observables, es decir, se mide por medio del constructo.

El establecimiento del modelo de componentes jerárquico (HCM) requiere que los investigadores desarrollen y utilicen una definición operativa apropiada de la variable conceptual en cuestión. La definición operativa permite conceptualizar una idea abstracta para que represente el dominio de cantidades medibles y observables que pueden ser estudiadas. La definición operativa guía la identificación de los constructos de orden inferior (LOC) relevantes, cada uno de los cuales se refiere a un elemento distintivo asociado al constructo de orden superior (HOC) y cada uno tiene un conjunto de indicadores que pueden ser especificados por el carácter distintivo del elemento que caracteriza a cada constructo de orden inferior (LOC). Al mismo tiempo, esa característica diferenciadora debería ser también lo suficientemente relevante para que sólo aquellos constructos de orden inferior (LOC) que sean importantes para el estudio específico sean recogidos en un modelo de componentes jerárquico (HCM) (Hair et al., 2021, p. 70).

El modelo de componentes jerárquico (HCM) puede caracterizarse con base en la relación entre el constructo de orden superior (HOC) y los constructos de orden inferior

(LOC), además, la especificación de los modelos de medida de los constructos de orden inferior (LOC). Un constructo de orden superior (HOC) es un concepto general que está representado (en modo reflectivo) o constituido (en modo formativo) por sus componentes específicos que son los constructos de orden inferior (LOC). Si el HOC es reflectivo, el concepto general se manifiesta en varios LOC más específicos. Si el HOC es formativo, es una combinación de varios LOC específicos que representan componentes más concretos que forman el concepto general (Hair et al., 2021, p. 71). Además de la relación entre el HOC y los LOC, los HCM pueden caracterizarse con base en la especificación de los modelos de medida de los LOC. En resumen, la *figura 4.2* se muestra cuatro tipos principales de HCM como se discute en la literatura existente (Hair et al., 2021, pp. 72–74; Jarvis et al., 2003; Sarstedt et al., 2019; Wetzels et al., 2009).

El tipo I es HCM reflectivo-reflectivo que indica una relación reflectiva entre el HOC y los LOC, estando estos últimos medidos de manera reflectiva. En el HCM reflectivo-reflectivo, los LOC están altamente correlacionados y el HOC representa la causa espuria que explica estas correlaciones. Este tipo de HCM es más adecuado si el objetivo del estudio es establecer el factor común de varios LOC reflectivos relacionados pero distintos (Becker et al., 2012; Hair et al., 2021, p. 72).

El tipo II es HCM reflectivo-formativo que, en este tipo de HCM, el HOC representa un constructo más general de los LOC medidos de manera reflectiva. Los LOC específicos no comparten necesariamente una causa común, sino que forman el HOC general (Hair et al., 2021, p. 73).

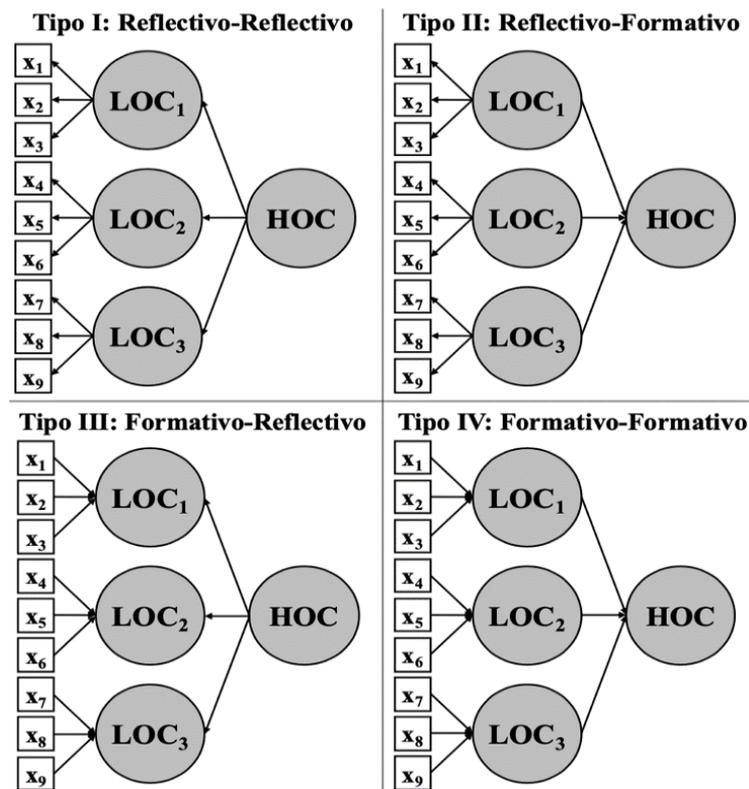


Figura 4.2. Tipos de modelos de componentes jerárquicos (Hair. et al., 2019, p. 74; Sarstedt et al., 2019).

El tipo III es el HCM formativo-reflectivo que incluye un HOC más general que explica los LOC medidos de manera formativa. El objetivo de este tipo de HCM es extraer la parte común de varios LOC medidos formativamente que se han modelizado para representar el mismo contenido. Sin embargo, cada LOC se base en un conjunto de indicadores diferentes. Utilizando varios LOC medidos formativamente, los investigadores pueden resolver el problema de que un constructo aislado medido con indicadores formativos difícilmente puede cubrir el dominio del constructo en su totalidad. El uso de LOC similares pero distintos, medidos de manera formativa, como representaciones del

HOC ofrece una cobertura más completa del dominio del constructo (Becker et al., 2012; Hair et al., 2021, p. 73).

Finalmente, el tipo IV es el HCM formativo-formativo que determina la contribución relativa de los LOC, medidos formativamente al más abstracto HOC. Es decir, este tipo de HCM tiene relaciones formativas que van desde los LOC hasta HOC, representando la contribución relativa de cada LOC a la formación del HOC. El HCM formativo-formativo resulta más útil para estructurar un complejo constructo formativo con muchos indicadores en varios subconstructos, como cuando los investigadores engloban varios aspectos diversos en un concepto más general (Hair et al., 2021, p. 75).

En el caso del presente estudio, para evaluar el papel que juegan los atributos químicos no volátiles sobre la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles, se estableció un HCM formativo-formativo, de manera que se pudiera obtener un modelo explicativo y predictivo de la calidad de los vinos en esta categoría. Esto significa que los diferentes compuestos químicos han sido agrupados junto con otros compuestos similares en subfamilias (relaciones formativas de primer orden) y, a su vez, dichas subfamilias han sido clasificadas conjuntamente con las más similares (relaciones formativas de primer orden) dando lugar a constructos o variables latentes HCM de segundo orden. En definitiva, para definir el nomograma objeto de estudio se han seguido los tres criterios que indica la literatura relativa a metodología estadística: las variables representan causas de la correspondiente variable latente (criterio de prioridad causal), que en conjunto se combinan para integrar dicha variable latente (criterio del rasgo) y no son mutuamente

intercambiables entre sí (criterio de la intercambiabilidad). Por ello, el reflejo gráfico del planteamiento descrito es una estructura arborescente, como se observa en el mencionado nomograma.

Las diferentes familias de los compuestos químicos ocupan de constructos de dos niveles de constructos (constructos multidimensionales). Nueve constructos de primer orden, formado por los antocianos no acilados, piranoantocianos, antocianos acilados, proantocianidinas, ácidos y derivados, flavonoles, ácidos de los parámetros enológicos, grado alcohólico y polifenoles totales. Con estos constructos más concretos de primer orden o de orden inferior se pueden conformar los constructos más generales de segundo orden. Los constructos antocianos no acilados, piranoantocianos, antocianos acilados de primer orden forman el constructo más general antociano de segundo orden. Los constructos proantocianidinas, ácidos y derivados, flavonoles de primer orden forman el constructo de compuestos fenólicos no antocianos de segundo orden. Los constructos grado alcohólico, ácidos de los parámetros enológicos y polifenoles totales de primer orden forman el constructo parámetros convencionales de segundo orden. Además, el constructo objeto final que es el constructo más abstracto del presente estudio: la calidad global del vino es el constructo de tercer orden que se miden por los tres constructos de segundo orden. Las dimensiones de los constructos del modelo PLS del presente estudio se muestran en la *figura 4.3*.

Un constructo multidimensional hace referencia a diversas dimensiones relacionadas pero distintas que tratadas como un concepto teórico único (Edwards, 2001),

es decir, como los tres constructos se miden al constructo antociano, el constructo antocianos no acilados distinto al constructo piranoantocianos y distintos al constructo antocianos acilados, cada constructo tiene su nivel de conocimiento que representa un dominio de contenido único que un constructo más amplio. También, estos compuestos multidimensionales son útiles si el investigador quiere modelar un nivel de abstracción mayor, es decir, pasamos de los constructos de primer orden a constructos de abstracción mayor de segundo orden (Polites et al., 2012).

Existen principalmente tres razones para usar los constructos de segundo orden en el modelo de PLS-SEM (Hair et al., 2019, p. 327; Sarstedt et al., 2019). En primer lugar, los constructos de segundo orden nos ayudan a construir el nomograma PLS más parsimonioso y fácil de comprender, permite reducir el número de relaciones en el modelo estructural. Por ejemplo, en el caso de los antocianos del modelo PLS del presente estudio, tengo tres constructos de primer orden (antocianos no acilados, piranoantocianos y antocianos acilados) y tengo teoría para estimar estos tres constructos formar a un constructo de alto nivel que es el constructo antociano, así se puede reducir las relaciones entre los distintos antocianos con la calidad del vino de tres relaciones a sólo una relación. En segundo lugar, los constructos de segundo orden ayudan a superar equilibrio entre ancho de banda y fidelidad. Los constructos más amplios son mejores predictores de variables criterio que abarcan múltiples dominios. En tercero lugar, los constructos de segundo orden proporcionan un medio para reducir la multicolinealidad entre indicadores formativos. Se

puede dividir el conjunto de indicadores y establecer constructos separados en una estructura de orden superior.

Para la estimación del HCM existen dos técnicas: el enfoque de ortogonalización (Little et al., 2006) y el enfoque en dos etapas (Chin et al., 2003). A continuación, se describirán brevemente cada una de estas técnicas. El enfoque de ortogonalización se usa siempre que pensemos que puede haber alta multicolinealidad potencial en la construcción del término moderador y tiene como inconveniente su baja potencia estadística. Además, debido a su dependencia de los indicadores producto, el enfoque de ortogonalización únicamente es aplicable cuando los constructos exógenos se miden de forma reflectiva (Hair et al., 2019, p. 297). El enfoque en dos etapas propuso (Chin et al., 2003) . La aplicación general del enfoque en dos etapas se base en el uso de una gran ventaja del análisis PLS-SEM como es la capacidad de estimar las puntuaciones de los constructos. La primera etapa se calcula el modelo con los constructos de primer orden con sus respectivos indicadores sin tener en cuenta la dimensión de segundo orden, manteniéndose las relaciones causales propuestas en el modelo estructural, esto permite estimar las puntuaciones factoriales de los constructos de primer orden. En la segunda etapa, las puntuaciones factoriales de los constructos de primer orden se utilizan como indicadores del concepto de segundo orden y se calcula de nuevo el modelo (Henseler & Chin, 2010). Esta técnica se puede emplear tanto en el caso de que se tengan relaciones reflectivas como cuando se tengan relaciones formativas entre los constructos.

Cuando los constructos independientes tienen medida formativas en el modelo PLS-SEM, ha de utilizarse el enfoque de dos etapas directamente. Si los constructos independientes se miden de forma reflectiva, la elección del método depende del objetivo del estudio: si la prioridad es revelar la significación del efecto es más adecuado el enfoque de dos etapas mientras que cuando el objetivo del investigador se centra en minimizar el sesgo en la estimación de los parámetros o en maximizar la predicción es más aconsejable aplicar el enfoque de ortogonalización (Sarstedt et al., 2019, p. 298).

4.3.4.3 Resultados estadísticos del modelo PLS-SEM

Con las 29 variables químicas seleccionadas por los dos criterios descrito en el apartado 3.3 del presente capítulo, obtenemos un modelo PLS-SEM para predecir la calidad del vino como muestra en la **figura 4.3**. En el modelo causal propuesto se incluyen nueve constructos de primer orden y de naturaleza formativa: antociano no acilado, piranoantociano, antociano acilado, ácido fenólico, tanino, flavonol, parámetro enológico acidez, alcohol y polifenol total; cada uno de estos conceptos tiene un número variable de indicadores, comprendido entre un mínimo de 1 y un máximo de 5. Además, en el modelo PLS existe un segundo orden tiene naturaleza formativa al estar formado por tres dimensiones diferentes y complementarias: antociano, compuesto fenólico no antociano y parámetro enológico convencional. Por último, un tercer orden tiene naturaleza formativa que se ha estimado por los tres constructos del segundo orden con fin de definir el constructo final: la calidad del vino.

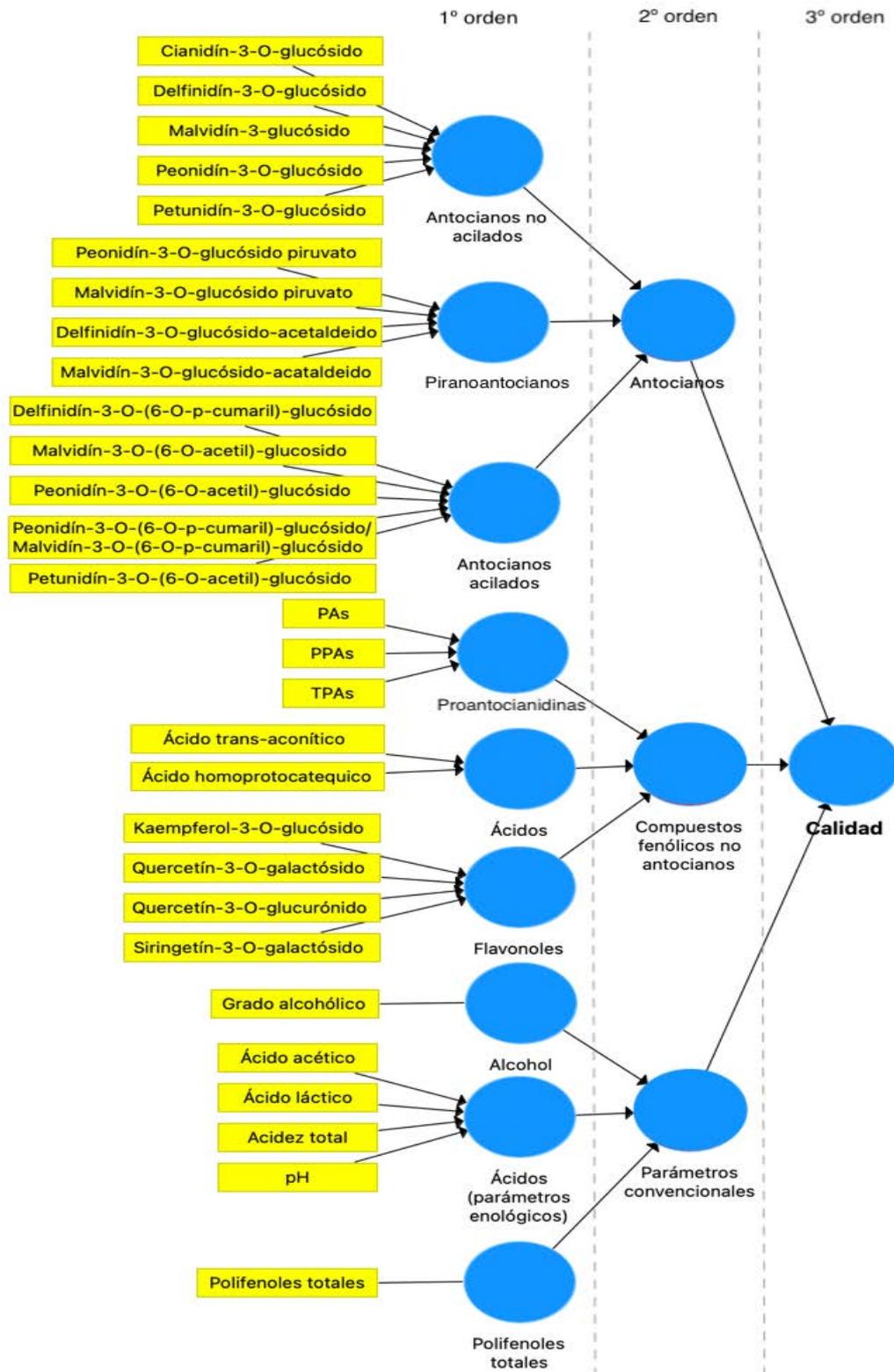


Figura 4.3 Nomograma PLS-SEM inicial con 29 indicadores seleccionados.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos al aplicar la metodología PLS-SEM. No obstante, antes de su análisis, es necesario explicar las decisiones que se adoptaron previamente al análisis de los datos.

Primero, es importante destacar que PLS no puede estimar variables que carezcan de indicadores o variables observables directamente, hecho que afectan a las variables de antocianos, compuestos fenólicos no antocianos y parámetros enológicos. Dado que la metodología PLS exige que cada constructo sea medido al menos por un indicador, este requisito no se cumple para los tres constructos de segundo orden (antocianos, compuestos fenólicos no antocianos y parámetros enológicos) dado que ellos se miden por los nueve constructos de primer orden (antociano no acilado, piranoantociano, antociano acilado, ácido fenólico, tanino, flavonol, parámetro enológico acidez, alcohol y polifenol total). En este caso, los tres constructos de segundo orden (antociano, compuesto fenólico no antociano y parámetro enológico convencional) se conocen como variables latentes. Para estimar estos constructos se utilizó el enfoque en dos etapas porque los constructos o variables independientes son de medida formativos (Hair et al., 2019, p. 298; Henseler & Chin, 2010) indicaron que cuando tenemos medidas formativas en nuestro modelo, ha de utilizarse el enfoque de dos etapas. En la primera etapa se calcula el modelo con los constructos de primer orden con sus respectivos indicadores sin tener en cuenta la dimensión de segundo orden, manteniéndose las relaciones causales propuestas en el modelo estructural, esto permite estimar las puntuaciones factoriales de los constructos de primer orden. En la segunda etapa, las puntuaciones factoriales de los constructos de primer

orden se utilizan como indicadores del concepto de segundo orden y se calcula de nuevo el modelo (Henseler & Chin, 2010).

Segundo, para estimar la significación de los coeficientes obtenidos, se realizó el procedimiento de *bootstrapping* o de remuestreo, este proceso ya explicó en el apartado 3.2.3 del capítulo 1 de la presenta tesis. Para garantizar la estabilidad de los resultados, se recomienda que el número de submuestras sean elevado, proponiéndose 5000 submuestras como una cantidad adecuada (Hair. et al., 2019, p. 193).

Tercero, para analizar la relevancia predictiva del modelo propuesto se aplicó el procedimiento de *blindfolding* con una distancia de omisión de 5. La literatura permite distancias de omisión entre 5 y 12, siempre que el tamaño muestral no sea múltiplo entero de la citada distancia, y cuanto menor sea la distancia de omisión más exigente es el proceso de evaluación de la relevancia predictiva del modelo (Hair. et al., 2019, p. 246).

4.3.4.3.1 Evaluación del modelo de medida

En la evaluación del modelo de medida se evaluó las relaciones entre los indicadores y sus correspondientes constructos, con el fin de verificar la fiabilidad y validez de las escalas de medida de los constructos. En otras palabras, la finalidad de este epígrafe es verificar que los indicadores utilizados miden de forma satisfactoria los constructos/variables latentes para los que han sido diseñados.

El primer aspecto a considerar es el análisis de la validez de contenido de los constructos. Dado que las escalas utilizadas para medir los constructos teóricos han sido ya

validadas en estudios anteriores, tal como se ha indicado a la introducción del presente capítulo, se puede asumir la existencia de validez de contenido de todas las variables latentes incluidas en el modelo.

En segundo lugar, en relación con los constructos medidos por indicadores formativos, la valoración del modelo de medida se centró en examinar la colinealidad existente entre los indicadores (atributos químicos) y la significación estadística y relevancia de los indicadores formativos.

Se verificó que no haya colinealidad entre los indicadores de cada constructo para lo cual el Factor de inflación de la varianza (VIF) debe ser inferior a 5 para los indicadores de cada constructo (Hair et al., 2011). Además, también se calculó la tolerancia (TOL) que representa la cantidad de varianza de un indicador formativo no explicada por los otros indicadores presentes en el mismo bloque que se debe ser inferior a 0.2 (Belsley, 1991; Hair et al., 2011; Hair. et al., 2019).

Los indicadores con un nivel de colinealidad alto ($VIF > 5$ y $TOL < 0.20$), por lo que se eliminaron 12 indicadores (compuestos o parámetros químicos) en diferentes constructos que tuvieron altos niveles de multicolinealidad. Estos fueron los delfinidín-3-*O*-glucósido, malvidín-3-glucósido y petunidín-3-*O*-glucósido del constructo Antocianos no acilados; los delfinidín-3-*O*-glucósido-acetaldehído, peonidín-3-*O*-glucósido piruvato y malvidín-3-*O*-glucósido-acetaldehído del constructo Piranoantocianos; la petunidín-3-*O*-(6-*O*-acetil)-glucósido y las peonidín-3-*O*-(6-*O*-*p*-cumaril)-glucósido/malvidín-3-*O*-(6-*O*-

p-cumaril)-glucósido del constructo Antocianos acilados; los parámetros proantocianidinas unidas con polisacáridos (PAs) y proantocianidinas precipitables con proteína (PPAs) del constructo Proantocianidinas; la quercetín-3-*O*-galactósido del constructo Flavonoles; el parámetro acidez total del constructo Ácidos en parámetros enológicos. Después de la valoración de modelo de medida con relación a cuestión de multicolinealidad, se eliminaron 12 indicadores del modelo PLS por el problema de multicolinealidad, en el modelo PLS final se quedaron 17 indicadores que no tuvieron este problema (**Figura 4.4**). Los indicadores eliminados no fueron los compuestos o parámetros químicos que no tuvieron importancia en relación de medir la calidad del vino, sino que sus informaciones están incluidas en los indicadores que se quedaron en el modelo final. Los valores de VIF y de TOL de los indicadores del modelo PLS se muestran en la **tabla 4.8**.

Otro criterio importante en la evaluación de la contribución que hace un indicador formativo es su peso externo. Los valores de los pesos externos de los indicadores formativos indican la contribución relativa de cada indicador al constructo que se refiere a su importancia relativa para formar el constructo. Para evaluar si los indicadores formativos contribuyen realmente a formar el constructo, se ha procedido a realizar un procedimiento de remuestreo aleatorio (*bootstrapping*) con 5000 submuestras (Hair et al., 2017; Hair. et al., 2019; Preacher & Hayes, 2004). Los resultados de la significación y relevancia de los indicadores formativos se muestran en la **tabla 4.8**. Un nivel de significación de al menos 0.05 sugiere que dicha medida formativa (indicador) es relevante para la construcción de dicha variable latente (constructo).

Tabla 4.8. Fiabilidad y validez del modelo de medida.

Variable química	VIF	TOL	Peso	Estadístico <i>t</i>	<i>p</i> -valor
Cianidín-3- <i>O</i> -glucósido	1.156	0.865	0.038	2.060	0.040
Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido	1.156	0.865	0.985	132.370	0.000
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato	1.000	1.000	1.000	-	-
Delfinidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	1.001	0.999	0.252	46.149	0.000
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	1.392	0.718	0.585	61.061	0.000
Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	1.393	0.718	0.529	47.245	0.000
Ácido homoprotocatéquico	1.002	0.998	0.727	68.148	0.000
Ácido <i>trans</i> -aconítico	1.002	0.998	-0.657	41.943	0.000
TPAs	1.000	1.000	1.000	-	-
Kaempferol-3- <i>O</i> -glucósido	2.478	0.404	0.897	31.643	0.000
Quercetín-3- <i>O</i> -glucurónido	3.096	0.323	-0.351	11.379	0.000
Siringetín-3- <i>O</i> -galactósido	1.582	0.632	0.868	47.309	0.000
Ácido acético	2.429	0.412	-0.324	48.559	0.000
Ácido láctico	2.486	0.402	0.163	14.839	0.000
pH	1.101	0.908	0.939	169.117	0.000
Grado alcohólico	1.000	1.000	1.000	-	-
Polifenoles totales	1.000	1.000	1.000	-	-

Notas: VIF: el factor de inflación de la varianza. TOL: la tolerancia.

A la vista de todo lo expuesto, se puede concluir que todos los indicadores de los diferentes constructos utilizados en el modelo cumplen razonablemente con los requisitos de fiabilidad y validez exigibles.

4.3.4.3.2 Evaluación del modelo estructural

Para valorar los resultados del modelo estructural resultante, se ha organizado la información en dos partes. Primero, realizar una valoración global del citado modelo. Segundo, evaluar los coeficientes *path* en el modelo estructural.

En primer lugar, la medida más comúnmente utilizada para valorar globalmente el modelo estructural es el coeficiente de determinación del constructo endógeno (estadístico

R^2), que representa los efectos combinados de los constructos exógenos sobre el constructo endógeno. Dado que se estima como el cuadrado de la correlación de los valores reales y de los valores predichos, en las metodologías PLS-SEM representa una medida de poder predictivo en la muestra (Hair. et al., 2019, p. 243; Rigdon, 2012; Sarstedt et al., 2014). El requisito mínimo exigido es que simultáneamente todos los coeficientes de determinación presentes en el modelo estructural deben ser mayores que 0.10 (Falk & Miller, 1992). Además, (Hair et al., 2011; Hair. et al., 2019, p. 243) desarrollaron como regla general para interpretar el estadístico R^2 que los valores de 0.75, 0.50 y 0.25 sean los umbrales que delimitan cuando los efectos se puedan considerar como importantes, moderados o débiles.

El valor R^2 ajustado obtenido en el modelo PLS del presente estudio fue 0.962 (**Tabla 4.9**). De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que el modelo PLS-SEM establecido tuvo una capacidad explicativa alta para la evaluación de la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles, con este modelo PLS-SEM se permite explicar 96.2 % a la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles.

Tabla 4.9. Coeficiente de determinación y relevancia predictiva del modelo PLS.

Variable dependiente	R^2 ajustado	Q^2
Calidad	0.962	0.952

La valoración global del modelo estructural debe ser completada mediante el estadístico Q^2 de Stone-Geisser, que es un indicador del poder predictivo del modelo fuera de la muestra, también denominado relevancia predictiva. Si un modelo PLS-SEM muestra relevancia predictiva significa que predice con precisión los datos no utilizados en la

estimación del modelo lo cual dota a sus resultados de una capacidad de generalización mucho mayor (Hair. et al., 2019, p. 246). Como regla práctica (Hair. et al., 2019, p. 246; Hair et al., 2019) propuso que valores del estadístico Q^2 superiores a cero, 0.25 y 0.50 muestran respectivamente situaciones de baja, media y elevada relevancia predictiva. Tal como se puede observar en la **tabla 4.9**, el valor Q^2 obtenido fue 0.952, por tanto, se pudo concluir que el modelo PLS-SEM establecido tuvo la relevancia predictiva con un efecto muy alto.

En el segundo lugar, la evaluación del modelo estructural consiste en el estudio de los coeficientes *path* o β , que permitirán contrastar las hipótesis planteadas. Dichos coeficientes y su significatividad han sido recogidos en la **figura 4.4**.

El análisis de los coeficientes *path* del modelo establecido permite contestar las siguientes preguntas que fueron objetivos del presente estudio: 1) ¿qué familia de compuestos químicos predice mejor la calidad de los vinos ultrapremium españoles? 2) ¿qué compuestos o parámetros químicos son los más importantes para cada familia? 3) ¿Cuáles son los compuestos químicos importantes en la predicción de la calidad?

Los resultados de coeficiente *path* y su significatividad han sido mostrados en el nomograma del modelo PLS (**Figura 4.4**), que representa visualmente las relaciones entre las variables. La secuencia del nomograma fue de izquierda a derecha, las variables en el lado izquierdo del modelo fueron variables independientes y cualquier variable del lado derecho fue variable dependiente. Es decir, las variables del lado izquierdo se muestran

como variables que preceden secuencialmente y predicen a las variables del lado derecho. Sin embargo, una variable puede actuar como variable independiente y como variable dependiente.

Para contestar la primera pregunta *¿qué familia de compuestos químicos predice mejor la calidad de los vinos ultrapremium españoles?*, nos centramos en las relaciones entre los constructos del primer orden (antociano no acilado, piranoantociano, antociano acilado, ácido fenólico, tanino, flavonol, parámetro enológico acidez, alcohol y polifenol total), los constructos del segundo orden (antociano, compuesto fenólico no antociano y parámetro enológico convencional) y el constructo final (evaluación de la calidad). Los resultados muestran en la **tabla 4.10**.

Tabla 4.10 ¿Qué familia de compuestos químicos predice mejor la calidad?

Familia de variable química	Efecto total sobre la calidad			
	Path 1	Path 2	Absoluto	Efecto (%)
Antocianos				
Antocianos no acilados	0.206	0.411	0.085	6.00
Piranoantocianos	0.226	0.411	0.093	6.58
Antocianos acilados	0.896	0.411	0.368	26.10
Compuestos fenólicos no antocianos				
Ácidos fenólicos	-0.374	0.654	-0.245	17.37
Taninos	0.830	0.654	0.543	38.48
Flavonoles	-0.026	0.654	-0.017	1.20
Parámetros convencionales				
Ácidos convencionales	0.857	0.025	0.021	1.52
Alcohol	0.832	0.025	0.021	1.47
Polifenoles totales	-0.715	0.025	-0.018	1.28

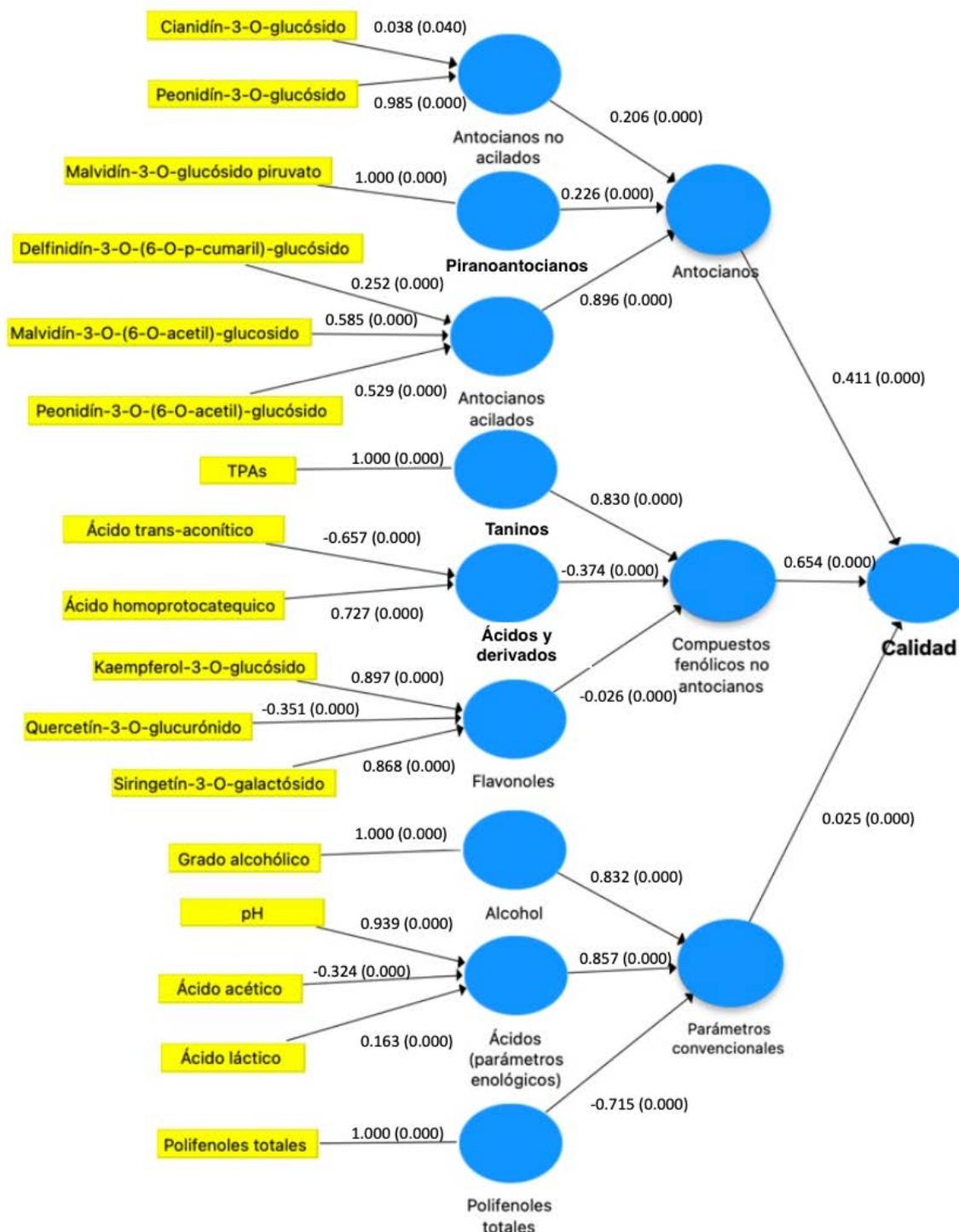


Figura 4.4 Nomograma y resultados PLS-SEM para predecir la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium español.

A la vista de los resultados anteriores, se deduce que la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles está más afectada por los taninos (proantocianidinas totales) (38.48 %), seguido de los antocianos acilados (26.10 %) y los ácidos fenólicos (17.37 %). Los taninos y los antocianos acilados influyen positivamente en la evaluación de la calidad, al contrario, los ácidos fenólicos presentaron influencias negativas. Además, los piranoantocianos y los antocianos acilados también tuvieron influencias positivas en la evaluación de la calidad y los efectos fueron similares, sobre 6 %. Otras familias químicas analizadas como los parámetros convencionales que se refieren a la acidez de los vinos, alcohol, polifenoles totales y los flavonoles tuvieron influencias significativas pero muy pequeña, sobre 1 %.

A continuación, para contestar la segunda pregunta *¿qué compuestos o parámetros químicos son los más importantes para cada familia?*, centramos en las relaciones entre los compuestos o parámetros químicos (indicadores) con sus constructos correspondientes (antociano no acilado, piranoantociano, antociano acilado, ácido fenólico, tanino, flavonol, parámetro enológico acidez, alcohol y polifenol total). Los resultados se muestran en la ***tabla 4.11***.

Tabla 4.11. ¿Qué compuestos o parámetros químicos son los más importantes para cada familia?

Antocianos		Peso	Efecto (%)
Antocianos no acilados	Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido	0.985	96.29
	Cianidín-3- <i>O</i> -glucósido	0.038	3.71
Piranoantocianos	Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato	-	-
	Delfinidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	0.252	18.45
Antocianos acilados	Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	0.585	42.83
	Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	0.529	38.73
Compuestos fenólicos no antocianos			
Ácidos fenólicos	Ácido homoprotocatéuico	0.727	52.53
	Ácido <i>trans</i> -aconítico	-0.657	47.47
Taninos	TPAs	1.000	100
Flavonoles	Kaempferol-3- <i>O</i> -glucósido	0.897	42.39
	Quercetín-3- <i>O</i> -glucurónido	-0.351	16.59
	Siringetín-3- <i>O</i> -galactósido	0.868	41.02
Parámetros convencionales			
Parámetros enológicos acidez	Ácido acético	-0.324	22.72
	Ácido láctico	0.163	11.43
	pH	0.939	65.85
Alcohol	Grado alcohólico	1.000	100
Polifenoles totales	Polifenoles totales	1.000	100

A la vista de los resultados mostrados en la **tabla 4.11**, podemos deducir la importancia de cada compuesto o parámetro químico (indicadores) para su correspondiente familia (constructo). Empezamos con la familia con mayor influencia en la evaluación de la calidad que fue el constructo Taninos, debido al constructo Taninos medido por sólo un indicador, por eso el parámetro proantocianidinas totales contribuyó 100% al constructo Taninos. Después del constructo Taninos, la familia Antocianos acilados fue el constructo con la segunda mayor influencia, observamos que el malvidín-3-*O*-(6-*O*-acetil)-glucósido (42.83 %) fue el compuesto tuvo mayor importancia en esta familia, seguido la peonidín-3-*O*-(6-*O*-acetil)-glucósido (38.73 %). La familia de los Ácidos fenólicos tuvo la tercera

mayor influencia en la evaluación de la calidad, resulta que los dos ácidos en este constructo tuvieron importancias similares, el ácido homoprotocatéquico (52.53%) contribuyó un leve más al constructo Ácidos fenólicos y con una influencia positiva, en contrario, el ácido *trans*-aconítico (47.47%) tuvo una influencia negativa.

En relación con las familias Piranoantocianos y Antocianos no acilados tuvieron importancias similares en la evaluación de la calidad, sobre 6%. El constructo Piranoantociano medido por sólo un indicador, por tanto, el malvidín-3-*O*-glucósido piruvato contribuyó 100% a este constructo. Para el constructo Antocianos no acilados, el peonidín-3-*O*-glucósido contribuyó 96.29 % y el cianidín-3-*O*-glucósido sólo ocupó un 3.71%, indicó que el peonidín-3-*O*-glucósido fue el compuesto con mayor importancia en este constructo en relación de evaluar la calidad de los vinos del estudio.

Otros constructos propuestos en el modelo como Flavanoles, Parámetros enológicos de la acidez, Alcohol y Polifenoles totales tuvieron pocas influencias en la evaluación de la calidad. El kaempferol-3-*O*-glucósido y la Siringetín-3-*O*-galactósido fueron los compuestos con mayores importancias en la familia de los flavonoles. El valor pH fue el parámetro con mayor importancia en los parámetros enológicos de la acidez. Y otros dos constructos Alcohol y Polifenoles totales fueron constructos medidos por sólo un indicador, así el único parámetro observado contribuyó 100 % a su correspondiente constructo.

Hasta aquí, se ha observado cuál fue la familia de compuestos químicos que predice mejor la calidad del vino y qué compuestos o parámetros químicos fueron los más

importantes para cada familia. Ahora, para contestar la tercera pregunta propuesta *¿Cuáles son los compuestos químicos importantes en la predicción de la calidad?*, centramos en las relaciones entre todas variables propuestas en el modelo PLS, es decir, desde los compuestos o parámetros químicos hasta las familias de los compuestos químicos de primer y segundo orden (constructos) y el constructo final que fue la evaluación de la calidad. El efecto total o la importancia de un compuesto o parámetro químico se calculó como la multiplicación de su peso y el coeficiente *path* sobre el constructo final (calidad). La **tabla 4.12** muestra la importancia de los compuestos químicos en la evaluación de la calidad.

A la vista de los resultados anteriores, se deduce que la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles está más afectada por el parámetro TPAs y la influencia fue positiva, su efecto ocupó un 45.08 % de las diecisiete variables en el modelo. Las variables ácido acético, quercetín-3-*O*-glucurónido, ácido láctico y cianidín-3-*O*-glucósido tuvieron muy poca influencia en la evaluación de la calidad de los vinos del estudio, su efecto representa menos del 1% del total de las del modelo. Además, cinco de las diecisiete variables químicas tuvieron influencia negativa en la evaluación de la calidad, ellas fueron ácido homoprotocatéquico (14.77%), polifenoles totales (1.48%), kaempferol-3-*O*-glucósido (1.27%), siringetín-3-*O*-galactósido (1.23%) y ácido acético (0.58 %). El ácido homoprotocatéquico fue el compuesto con mayor influencia negativa.

Tabla 4.12. Importancia de los compuestos químicos en la evaluación de la calidad.

Variable química	Efecto en calidad	Efecto (%)
TPAs	0.543	45.08
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	0.215	17.89
Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	0.195	16.18
Ácido homoprotocatéquico	-0.178	14.77
Ácido <i>trans</i> -aconítico	0.161	13.35
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato	0.093	7.71
Delfinidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	0.093	7.71
Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido	0.083	6.93
Grado alcohólico	0.021	1.73
pH	0.020	1.67
Polifenoles totales	-0.018	1.48
Kaempferol-3- <i>O</i> -glucósido	-0.015	1.27
Siringetín-3- <i>O</i> -galactósido	-0.015	1.23
Ácido acético	-0.007	0.58
Quercetín-3- <i>O</i> -glucurónido	0.006	0.50
Ácido láctico	0.003	0.29
Cianidín-3- <i>O</i> -glucósido	0.003	0.27

A la vista de los resultados anteriores, se deduce que la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles está más afectada por el parámetro TPAs y la influencia fue positiva, su efecto ocupó un 45.08 % de las diecisiete variables en el modelo. Las variables ácido acético, quercetín-3-*O*-glucurónido, ácido láctico y cianidín-3-*O*-glucósido tuvieron muy poca influencia en la evaluación de la calidad de los vinos del estudio, su efecto representa menos del 1% del total de las del modelo. Además, cinco de las diecisiete variables químicas tuvieron influencia negativa en la evaluación de la calidad, ellas fueron ácido homoprotocatéquico (14.77%), polifenoles totales (1.48%), kaempferol-3-*O*-glucósido (1.27%), siringetín-3-*O*-galactósido (1.23%) y ácido acético (0.58 %). El ácido homoprotocatéquico fue el compuesto con mayor influencia negativa.

En resumen, los resultados obtenidos del modelo PLS demostraron que los compuestos fenólicos no antocianos tuvieron una mayor influencia en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium, seguido los antocianos, además, los parámetros enológicos convencionales tuvieron muy pocas influencias. En los compuestos fenólicos no antocianos, los taninos (TPAs) tuvieron una mayor importancia positiva en relación de medir la calidad, al contrario, los ácidos fenólicos tuvieron una influencia negativa, especialmente el ácido homoprotecatéuico y el ácido *trans*-aconítico. Además, los flavonoles también presentaron una influencia negativa, pero fue muy pequeña. Para los antocianos, observamos que los antocianos acilados tuvieron una mayor influencia positiva en la evaluación de la calidad, especial el malvidín-3-*O*-(6-*O*-acetil)-glucósido y el peonidín-3-*O*-(6-*O*-acetil)-glucósido. Los piranoantocianos y antocianos no acilados presentaron influencias menores que los antocianos acilados. La influencia de los parámetros enológicos convencionales en su conjunto fue muy pequeña, siendo el grado alcohólico y pH con influencias relativamente altas y fueron positivas, mientras que el parámetro polifenoles totales y ácido acético con influencias negativas.

4.4 DISCUSIÓN

4.4.1. Caracterización química de los vinos ultrapremium

El primer objetivo del estudio fue caracterizar los compuestos no volátiles en los vinos ultrapremium españoles. Respecto a los parámetros convencionales enológicos, los contenidos en alcohol, acidez total, ácido acético, ácido málico, ácido láctico, azúcares reductores y los valores de pH de los vinos ultrapremium están en el rango de

concentraciones encontrados en otros vinos tintos españoles con envejecimiento en barrica (Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012; Sáenz-Navajas et al., 2016) y están también dentro del rango general de los vinos tintos secos (Bakker & Clarke, 2011). Es importante destacar que los vinos ultrapremium presentaron altos niveles en contenidos fenólicos totales. Esta observación de acuerdo con el estudio de (Ritchey & Waterhouse, 1999) que demostró que los vinos tintos ultrapremium de California presentaron niveles de fenólicos más altos que los vinos ordinarios estadounidenses.

Los compuestos fenólicos monómeros (ácidos y derivados, flavanoles, flavonoles y antocianos) juegan un papel importante en los vinos tintos, debido a su contribución sensorial tanto en las sensaciones táctiles en boca como en los sabores (Araujo et al., 2021; Ferrer-Gallego et al., 2014; Gonzalo-Diago et al., 2014; Hufnagel & Hofmann, 2008a, 2008b).

Se analizó por UHPLC un total de quince ácidos y derivados, de los cuales la concentración de tres ácidos (ácido gálico, ácido *cis*-aconítico y ácido *trans*-aconítico) superan el umbral de percepción de astringencia. El ácido gálico fue el ácido con mayor concentración en los vinos ultrapremium españoles, esta observación está de acuerdo con el estudio de Ritchey & Waterhouse, 1999 que observó el ácido gálico fue el ácido con mayor contenido en los vinos ultrapremium de Estado Unidos. En otros vinos tintos españoles envejecido (Sáenz et al., 2012), el ácido gálico también fue el ácido más abundante. El ácido aconítico es un compuesto importante que se puede percibir como ácido y astringente pero su impacto sensorial en el vino es mayor para la sensación de

astringencia por su bajo umbral sensorial (0.1 mg/L) que presenta (Hufnagel & Hofmann, 2008a). En los vinos ultrapremium españoles, el ácido aconítico (suma de ácido *cis*-aconítico y ácido *trans*-aconítico) es el ácido más abundante después del ácido gálico. En comparación con otros vinos tintos envejecidos españoles (Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012) y vinos tintos premium españoles (Sáenz-Navajas et al., 2010), los vinos del estudio presentaron el nivel de ácido *cis*-aconítico leve más alto y el nivel de ácido *trans*-aconítico dos veces más alto.

El resveratrol es el único estilbeno analizado en el presente estudio, en las plantas actúa como una fitoalexina sin embargo en el vino es una molécula biológicamente activa a la que se le confieren propiedades saludables, por su baja concentración en los vinos, este compuesto tuvo una influencia mínima en la parte sensorial, además, durante el envejecimiento en botella, la concentración de resveratrol disminuye (Gaudette & Pickering, 2011). El contenido de resveratrol en los vinos del estudio coincidió con los vinos tintos de Aragón de España (Abril et al., 2005) y también está dentro del rango de la concentración de resveratrol de 23 vinos italianos (0 - 5.44 mg/L) que analizó el estudio de (Lante et al., 2004).

Respecto a los flavanoles, ninguno de los doce flavanoles monómeros analizados tuvieron la concentración por encima del umbral de percepción, esta observación coincidió con otros estudios de vinos tintos españoles (Gonzalo-Diago et al., 2014; Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012; Sáenz-Navajas et al., 2015) que la implicación de los flavanoles monómeros en la astringencia o amargor de los vinos parece ser limitada debido a que sus

umbrales de percepción está muy por encima de la concentración habitual en las que se encuentran en vinos. En comparación con otros vinos tintos de alta calidad, por ejemplo, los vinos uruguayos de la variedad Tannat (L. Vidal et al., 2018), los vinos tintos envejecidos españoles de alta calidad (Sáenz-Navajas et al., 2010) y los vinos tintos ultrapremium de Estado Unidos de América (Ritchey & Waterhouse, 1999), se observó que los vinos ultrapremium tuvieron las concentraciones de flavanoles relativamente bajas. Esta diferencia puede deberse a la elaboración con diferentes variedades de uva, distintos procesos de vinificación y tiempos de envejecimiento, donde la tendencia general de los flavanoles monómeros es polimerizarse a compuestos de alto peso molecular como proantocianidinas a lo largo del envejecimiento. Observamos que el contenido de proantocianidinas totales (TPAs) en los vinos ultrapremium estuvo por encima de otros vinos tintos españoles y franceses (Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012; Sáenz-Navajas et al., 2015). Los vinos 733 y 124 que tuvieron mayores contenidos en TPAs y también fueron vinos con mejores evaluaciones en calidad.

En relación con los flavonoles, los vinos ultrapremium presentaron niveles bajos en comparación con otros vinos tintos envejecidos españoles (Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012) y vinos ultrapremium estadounidense (Ritchey & Waterhouse, 1999). Dado que los umbrales sensoriales de flavonoles fueron relativamente bajos, observamos que cinco de los nueve flavonoles analizados tuvieron las concentraciones por encima del umbral de percepción. El quercetín-3-*O*-glucurónido fue el flavonol monómero más abundante en los vinos ultrapremium, este resultado coincidió con los descritos en otros estudios que

analizaron los vinos tintos españoles de alta calidad y vinos tintos franceses (Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012; Sáenz-Navajas et al., 2015). Sin embargo, los resultados difirieron de otros estudios que analizaron vinos uruguayos de Tannat de alta calidad (L. Vidal et al., 2018) y vinos españoles de alta calidad de diferentes denominaciones de origen españoles (Sáenz-Navajas et al., 2010) que encontraron que la miricetina tuvo mayor concentración que el quercetín-3-*O*-glucurónido.

Los niveles de antocianos obtenidos en los vinos ultrapremium coincidieron en gran medida con los informados anteriormente para los vinos tintos españoles (Avizcuri et al., 2016). El malvidín-3-*O*-glucósido fue el antociano más abundante en los vinos ultrapremium, seguido del finidín-3-*O*-glucósido y petunidín-3-*O*-glucósido. Estos hallazgos fueron coincidentes con los encontrados en estudios previos realizados con vinos tintos envejecidos españoles (Sáenz-Navajas et al., 2010, 2011) y vinos ultrapremium estadounidense (Ritchey & Waterhouse, 1999). En general, nuestros resultados mostraron que los vinos ultrapremium del presente estudio tuvieron mayores niveles en antocianos no acilados que los antocianos acilados y piranoantocianos según la suma de las concentraciones de los antocianos identificados. Este resultado fue consistente con los hallazgos obtenidos en dichos estudios de vinos tintos españoles (Avizcuri et al., 2016; Sáenz-Navajas et al., 2010, 2011). Al comparar las concentraciones de los antocianos obtenidas del estudio que analizó los vinos tintos españoles de alta calidad (Sáenz-Navajas et al., 2010) con el presente estudio, se diferencia que las concentraciones de los antocianos encontrados en la presente investigación fueron más altas.

A partir de los resultados obtenidos y los datos de la bibliografía señalaron que los vinos tintos ultrapremium españoles tuvieron altos niveles en polifenoles totales (IPT), proantocianidinas totales (TPAs), ácido gálico, ácido aconítico y bajos niveles en flavanoles y flavonoles monómeros. Además, los niveles de antocianos en los vinos tintos ultrapremium encontrados en el presente estudio fueron similar a unos previos estudios de vinos tintos envejecidos españoles (Avizcuri et al., 2016; Sáenz-Navajas et al., 2011), pero en comparación con un estudio de los vinos tintos españoles de alta calidad (Sáenz-Navajas et al., 2010), los vinos del presente estudio mostraron los niveles de antocianos más altos.

4.4.2. Predicción de la calidad de los vinos ultrapremium

El segundo objetivo del presente estudio era explicar y predecir la calidad de los vinos tintos ultrapremium españoles con base en compuestos no volátiles. Mediante la metodología de ecuaciones estructurales basados en varianza, se determinó las relaciones entre diecisiete variables químicas y la evaluación de la calidad de los vinos obtenidas por un panel de expertos del vino. Las diecisiete variables químicas fueron compuestos o parámetros químicos que tuvieron concentraciones por encima de sus umbrales de percepción y diferenciaron sustancialmente entre los vinos del estudio, además, se verificó que entre ellos no hubiera multicolinealidad.

Los resultados del modelo PLS muestran que la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles estuvo más afectada por los taninos (proantocianidinas totales determinados por el ensayo de la vainillina). Este hallazgo confirmó los obtenidos

en estudios previos en los que se subraya la importancia de las proantocianidinas en las percepciones táctiles en boca y en el sabor amargo, y la importancia en la evaluación de la calidad intrínseca del vino tinto (Frost et al., 2017; Pavez et al., 2022; Sáenz-Navajas et al., 2010). Diversos estudios indicaron que los taninos o las proantocianidinas fueron los compuestos fenólicos más abundantes en los vinos tintos que pudieron afectar las sensaciones en boca como astringencia y sus subcualidades y el sabor amargo (Frost et al., 2017; Gonzalo-Diago et al., 2013; Pavez et al., 2022; Villamor et al., 2013). Además, los polímeros de proantocianidinas de mayor peso molecular son generalmente más astringentes que amargos, mientras que los flavanoles monoméricos y las proantocianidinas de bajo peso molecular son más amargos que astringentes (Chira et al., 2011; Peleg et al., 1999). El parámetro proantocianidinas totales fue el factor con mayor influencia positiva en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium, lo cual difiere de otro estudio que analizó vinos tintos españoles y franceses donde no se observó una correlación significativa entre los compuestos con actividad astringente y las evaluaciones de calidad por los expertos (Sáenz-Navajas et al., 2015), por otro lado, muestran que las proantocianidinas estaban negativamente relacionado con la evaluación de la calidad por los consumidores.

Los antocianos fue la segunda familia con mayor importancia en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles, siendo los más influyentes el subgrupo antocianos acilados. Estos hallazgos destacaron la importancia sensorial de los antocianos en vinos tintos. Del estudio de (Gonzalo-Diago et al., 2014) se puede destacar la importancia de la contribución de los antocianos tanto al sabor amargo como a la

astringencia, especialmente los piranoantocianos y antocianos acilados, y en los trabajos de (Paissoni et al., 2018, 2020; Sáenz-Navajas et al., 2017) también ratificaron que los antocianos pudieron influir en la percepción de las subcualidades de astringencia como las sensaciones rugoso, granuloso y secante. Recientemente se analizaron las relaciones entre las características sensoriales y los compuestos químicos no volátiles en los vinos Pinot noir de Nueva Zelanda, los resultados indicaron que los antocianos monoméricos se asociaron con las sensaciones positivas en la evaluación de la calidad de estos vinos como sedoso y suavidad (Araujo et al., 2021). Al igual que los resultados del presente estudio, donde se observó la importancia de los antocianos en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles, además, el presente estudio también destacó que los antocianos acilados como el malvidín-3-*O*-(6-*O*-acetil)-glucósido y el peonidín-3-*O*-(6-*O*-acetil)-glucósido fueron los antocianos más importantes en la relación de evaluar la calidad. Igualmente, los piranoantocianos y antocianos no acilados también tuvieron influencias positivas en la evaluación de la calidad, pero sus importancias fueron mucho menores que los antocianos acilados en el caso de la evaluación de los vinos ultrapremium españoles.

Los ácidos fenólicos tuvieron la tercera mayor importancia en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles. Diversos estudios pusieron el acento en la relación entre los ácidos fenólicos y la percepción de astringencia (Hufnagel & Hofmann, 2008a, 2008b; Sáenz-Navajas, Avizcuri, et al., 2012). Otros trabajos sugirieron que el ácido *trans*-aconítico sí contribuyó a la percepción astringente en los vinos tintos españoles y franceses, pero no fue un compuesto que influyó en la evaluación de la calidad (Sáenz-

Navajas et al., 2010, 2015). Nuestros resultados, sin embargo, mostraron que el ácido *trans*-aconítico tuvo influencia significativa en la evaluación de la calidad y su influencia fue positiva. También aquí se puso de manifiesto que el ácido homoprotocatéuico fue el ácido fenólico con una mayor influencia en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles, su influencia ligeramente superior que el ácido *trans*-aconítico, y fue negativo. Hasta donde sabemos, esta fue la primera vez indicó que el ácido homoprotecatéuico tuvo influencia negativa en la evaluación de la calidad del vino. Autores, (Izquierdo-Llopart & Saurina, 2019) observaron que en los vinos espumosos elaborados a partir de la variedad Chardonnay tuvieron mayor contenido en ácido homoprotocatéuico que los vinos espumosos elaborados a partir de las variedades clásicas como Macabeu, Xarel·lo y Parellada.

Los flavonoles fueron los compuestos fenólicos con menores influencias en la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles. Numerosos estudios como (Ferrer-Gallego et al., 2016; Hufnagel & Hofmann, 2008b; L. Vidal et al., 2018) destacaron la importancia de los flavonoles en la percepción de astringencia y en el sabor de amargor. En cuanto a la evaluación de la calidad, los hallazgos del quecetín-3-*O*-glucorónido con influencia positiva y el siringetín-3-*O*-galactósido con influencia negativa fueron similares a los reportados por (Sáenz-Navajas et al., 2010, 2015) quienes analizaron la calidad de los vinos tintos españoles y franceses. A diferencia de lo que encontró en el estudio de (Sáenz-Navajas et al., 2015), los resultados del presente estudio mostraron que el quecetín-3-*O*-glucorónido tuvo una influencia positiva en la evaluación de la calidad del vino, además,

el kaempferol-3-*O*-glucósido también tuvo una influencia significativa en la evaluación de la calidad y la influencia fue negativa.

En general, los parámetros enológicos tuvieron influencias relativamente pequeñas en comparación con otras familias de compuestos estudiados. En ellos, el grado alcohólico y el valor pH fueron dos parámetros relevantes. Estudios previos demostraron que el contenido de etanol disminuyó la percepción de astringencia y aumentó la percepción del amargor (Fontoin et al., 2008; S. Vidal et al., 2003). Un estudio reciente confirmó la influencia del grado alcohólico y pH en la evaluación global de la astringencia y su subcualidad secante en los vinos tintos (Pavez et al., 2022), además, en este estudio también se puso de manifiesto que el grado alcohólico y pH tuvieron influencias menores que los contenidos de tanino y polifenoles. Respecto a la evaluación de la calidad del vino, el estudio de (Sáenz-Navajas et al., 2010) presentó un resultado similar al presente estudio que encontró el contenido alcohólico tuvo influencia positiva en la evaluación de la calidad.

4.5 CONCLUSIÓN

El presente estudio primero analizó cuantitativamente los compuestos no volátiles de siete vinos tintos ultrapremium que sean representativos del mercado español. Luego, se relacionaron estos compuestos con evaluaciones de la calidad por expertos mediante PLS-SEM con fin de obtener un modelo predictivo para la calidad de los vinos ultrapremium españoles.

Primero, los resultados obtenidos es posibles afirmar que los vinos tintos ultrapremium españoles contuvieron altos niveles en polifenoles totales (IPT), proantocianidinas totales (TPAs), ácido gálico, ácido aconítico y bajos niveles en flavanoles y flavonoles monómeros. Respecto a los antocianos, los vinos ultrapremium del presente estudio tuvieron mayores niveles en antocianos no acilados que los antocianos acilados y piranoantocianos según la suma de las concentraciones de los antocianos identificados.

Segundo, a partir de los resultados del modelo predictivo construido por PLS-SEM permite concluir que la evaluación de la calidad de los vinos ultrapremium españoles estuvo más afectada por los taninos (proantocianidinas totales), seguido los antocianos y los ácidos como ácido homoprotocatéquico y ácido *trans*-aconítico. Los flavonoles monómeros también tuvieron influencia, pero fue menor. Además, en comparación con los compuestos polifenólicos los parámetros enológicos como grado alcohólico, pH, ácido acético y ácido láctico tuvieron influencias relativamente pequeñas.

Tercero, estos resultados nos brindan una mejor comprensión de los vinos ultrapremium españoles, una categoría especial de vinos de alta calidad, pero poco investigados. También se obtuvo un modelo predictivo de calidad del vino desde el punto de vista de las sensaciones táctiles en boca con los vinos en esta categoría que siempre ha sido etiquetado como de alta calidad.

El presente estudio analizó la implicación de los parámetros convencionales enológicos y ciertos principales compuestos fenólicos no volátiles para predecir la calidad

intrínseca de los vinos tintos ultrapremium españoles, pero sabemos que hay mucho más compuestos químicos que pueden afectar la sensación táctiles en boca del vino, por lo que planeamos analizar más exhaustivamente los compuestos que afectan sensaciones táctiles en boca, o coloides macromoleculares, porque sabemos que muchos compuestos no existen en forma monoméricas debido a los diversos mecanismos complejos en el vino.

CONCLUSIONES GENERALES

Las conclusiones de la presente investigación pueden resumirse en los siguientes puntos:

Primero. Los vinos tintos ultrapremium españoles son vinos que tienen unos caracteres sensoriales específicos. Respecto a los aromas, predominan la *fruta roja/negra*, *madera*, *especias* y *tostado*, y escasean los atributos *floral*, *vegetal*, *animal*, *cuero*, *sotobosque*, *fruta fresca* y *evolucionado*; en cuanto al sabor, muestran una cierta acidez ligeramente superior al amargor y dulzor; por último, la sensación táctil en boca secante, tánica y gran persistencia siendo poco *gomoso*, *arenoso*, *acuoso* y *punzante*.

Segundo. Mediante el modelo causal modelizado por PLS-SEM para la calidad de los vinos ultrapremium españoles, se pone de relieve que los atributos sensoriales predominantes en la evaluación de la calidad son los relativos a las sensaciones táctiles en boca: influyen 1.37 veces más que los aromas.

Tercero. La valoración de la estructura del vino está explicada positivamente por las percepciones de *graso*, *persistente*, *carnoso*, *picante*, *rugoso*, *tanino duro*, *especias*, *fruta roja/negra*, *fruta fresca* y *madera*. Y está negativamente explicada por las percepciones de *acuoso*, *punzante*, *pegajoso* y *cuero*. Los atributos citados relativos a sensaciones táctiles en boca son también los que más contribuyen a la evaluación de calidad de los vinos analizados.

Cuarto. La evaluación de la estructura del vino tiene correlación positiva con la evaluación de la calidad, aunque estas dos valoraciones globales se valoran con diferentes atributos sensoriales que las generan, lo cual es un indicio de que son dos conceptos diferentes.

Quinto. Existe una conducta dual en la evaluación conjunta de los atributos sensoriales relativos a aroma, sensaciones táctiles en boca y estructura. De un lado, los aromas influyen directamente sobre la calidad de los vinos, ya que sólo hay un efecto directo estadísticamente significativo. De otro lado, los atributos relativos a sensaciones táctiles en boca influyen a través de dos vías sobre la calidad: una parte es una relación de mediación parcial complementaria a través de la estructura, y el resto es un efecto directo, que es el más intenso. Ello pone de manifiesto la preeminencia de la ruta periférica sobre la ruta central cuando el cerebro recibe y analiza la información sensorial procedente de los sentidos.

Sexto. En cuanto a su composición química, los vinos analizados se caracterizan por tener elevados niveles de polifenoles totales (IPT), proantocianidinas totales (TPAs), ácido gálico, ácido aconítico y antocianos no acilados. Asimismo, se ha detectado que tienen bajos niveles en flavanoles y flavonoles monómeros.

Séptimo. Los compuestos químicos que más influyen sobre la calidad de los vinos ultrapremium han sido los taninos (proantocianidinas totales), los antocianos y los ácidos homoprotocatéquico y *trans*-aconítico. Otros compuestos que ejercen una influencia

estadísticamente significativa, pero de relativamente baja intensidad sobre la calidad son Los flavonoles monómeros y los parámetros enológicos (grado alcohólico, pH, ácido acético y ácido láctico). Asimismo, la relevancia predictiva de este modelo es inusualmente elevada.

MAIN CONCLUSIONS

The conclusions of this research can be summarized in the following points:

First. Spanish ultra-premium red wines are wines that have specific sensory characteristics. Regarding the aromas, *red/black fruit*, *wood*, *spices*, and *toast* predominate, and *floral*, *vegetable*, *animal*, *leather*, *undergrowth*, *fresh fruit*, and *evolved* attributes are scarce; in terms of flavor, they show a particular *acidity* slightly higher than *bitterness* and *sweetness*; finally, the *dryness*, *tannic* mouthfeel, and great *persistence*, being slightly *gummy*, *sandy*, *watery*, and *prickly*.

Second. The causal model modeled by PLS-SEM for the quality of Spanish ultra-premium wines highlights that the predominant sensory attributes in the evaluation of quality are those related to mouthfeel: they influence 1.37 times more than aromas.

Third. The assessment of the wine structure is positively explained by the perceptions of *oily*, *persistent*, *fleshy*, *hot*, *coarse*, *hard tannins*, *spices*, *red/black fruit*, *fresh fruit*, and *wood*. Moreover, it is negatively explained by *watery*, *prickly*, *sticky*, and *leather* perceptions. The attributes mentioned above related to mouthfeel are also the ones that most contribute to evaluating the quality of the analyzed wines.

Fourth. The evaluation of the wine structure has a positive correlation with the evaluation of quality, although these two global evaluations are valued with different sensory attributes that generate them, which is an indication that they are two different concepts.

Fifth. There is a dual behavior in the joint evaluation of sensory attributes related to the aroma, mouthfeel, and structure. On the one hand, the aromas directly influence the quality of the wines since there is only a statistically significant direct effect. On the other hand, the attributes related to mouthfeel influence quality through two channels: one part is a complementary partial mediation relationship through the structure. The rest is a direct effect, which is the most intense. This result highlights the pre-eminence of the peripheral pathway over the central pathway when the brain receives and analyzes sensory information from the senses.

Seventh. The chemical compounds that most influence the quality of ultra-premium wines have been tannins (total proanthocyanidins), anthocyanins, and homoprotocatechuic and trans-aconitic acids. Other compounds that are significantly influenced but relatively low intensity on wine quality evaluation are monomeric flavonols and oenological parameters (alcohol content, pH, acetic acid, and lactic acid). Also, the predictive relevance of this model is unusually high.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, M., Negueruela, A. I., Pérez, C., Juan, T., & Estopañán, G. (2005). Preliminary study of resveratrol content in Aragón red and rosé wines. *Food Chemistry*, 92(4), 729–736. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2004.08.034>
- Alcalde-Eon, C., Escribano-Bailón, M. T., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2006). Changes in the detailed pigment composition of red wine during maturity and ageing: A comprehensive study. *Analytica Chimica Acta*, 563(1–2), 238–254. <https://doi.org/10.1016/J.ACA.2005.11.028>
- Aleixandre-Tudó, J. L., Alvarez, I., García, M. J., Lizama, V., & Aleixandre, J. L. (2015). Application of multivariate regression methods to predict sensory quality of red wines. *Czech Journal of Food Sciences*, 33(3), 217–227. <https://doi.org/10.17221/370/2014-CJFS>
- Alencar, N. M. M., Ribeiro, T. G., Barone, B., Barros, A. P. A., Marques, A. T. B., & Behrens, J. H. (2019). Sensory profile and check-all-that-apply (cata) as tools for evaluating and characterizing syrah wines aged with oak chips. *Food Research International*, 124, 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.052>
- Alleres, D. (1990). *Luxe. Satratégies-Marketing*. Économica.
- Amerine, M. A., & Roessler, E. B. (1976). *Wines, their sensory evaluation*. W.H. Freeman and Company.
- Araujo, L. D., Parr, W. v., Grose, C., Hedderley, D., Masters, O., Kilmartin, P. A., & Valentin, D. (2021). In-mouth attributes driving perceived quality of Pinot noir wines: Sensory and chemical characterisation. *Food Research International*, 149, 110665. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110665>
- Ares, G. (2015). Methodological challenges in sensory characterization. *Current Opinion in Food Science*, 3, 1–5. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2014.09.001>
- Ares, G., Antúnez, L., Bruzzone, F., Vidal, L., Giménez, A., Pineau, B., Beresford, M. K., Jin, D., Paisley, A. G., Chheang, S. L., Roigard, C. M., & Jaeger, S. R. (2015). Comparison of sensory product profiles generated by trained assessors and consumers using CATA questions: Four case studies with complex and/or similar samples. *Food Quality and Preference*, 45, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.05.007>
- Ares, G., Antúnez, L., Giménez, A., Roigard, C. M., Pineau, B., Hunter, D. C., & Jaeger, S. R. (2014). Further investigations into the reproducibility of check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization elicited by consumers. *Food Quality and Preference*, 36, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.010>
- Ares, G., Bruzzone, F., Vidal, L., Cadena, R. S., Giménez, A., Pineau, B., Hunter, D. C., Paisley, A. G., & Jaeger, S. R. (2014). Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply

- questions: Rate-all-that-apply (RATA). *Food Quality and Preference*, 36, 87–95. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2014.03.006>
- Ares, G., Deliza, R., Barreiro, C., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2010). Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. *Food Quality and Preference*, 21(4), 417–426. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2009.10.006>
- Ares, G., & Jaeger, S. R. (2013). Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. *Food Quality and Preference*, 28(1), 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.08.016>
- Ares, G., & Jaeger, S. R. (2015). Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: Experimental considerations and impact on outcome. In *Rapid Sensory Profiling Techniques and Related Methods: Applications in New Product Development and Consumer Research* (pp. 227–245). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1533/9781782422587.2.227>
- Ares, G., Jaeger, S. R., Bava, C. M., Chheang, S. L., Jin, D., Gimenez, A., Vidal, L., Fiszman, S. M., & Varela, P. (2013). CATA questions for sensory product characterization: Raising awareness of biases. *Food Quality and Preference*, 30(2), 114–127. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2013.04.012>
- Ares, G., Picallo, A., Coste, B., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., & Jaeger, S. R. (2018). A comparison of RATA questions with descriptive analysis: Insights from three studies with complex/similar products. *Journal of Sensory Studies*, 33(5), e12458. <https://doi.org/10.1111/joss.12458>
- Arvisenet, G., Guichard, E., & Ballester, J. (2016). Taste-aroma interaction in model wines: Effect of training and expertise. *Food Quality and Preference*, 52, 211–221. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2016.05.001>
- Ashton, R. H. (2012). Reliability and Consensus of Experienced Wine Judges: Expertise Within and Between? *Journal of Wine Economics*, 7(1), 70–87. <https://doi.org/DOI:10.1017/jwe.2012.6>
- Ashton, R. H. (2017). Dimensions of Expertise in Wine Evaluation. *Journal of Wine Economics*, 12(1), 59–83. <https://doi.org/DOI:10.1017/jwe.2016.27>
- Ato, M., & Vallejo, G. (2007). *Diseños experimentales en Psicología* (1st ed.). Ediciones Pirámide.
- Avizcuri, J. M., Sáenz-Navajas, M. P., Echávarri, J. F., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2016). Evaluation of the impact of initial red wine composition on changes in color and anthocyanin content during bottle storage. *Food Chemistry*, 213, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.050>
- Bagozzi, R. (ED.). (2004). *Advances methods of marketing research*. Ed. Blackwell, Oxford.

- Bakker, J., & Clarke, R. J. (2011). Wine Flavour Chemistry, Second Edition. *Wine Flavour Chemistry, Second Edition*.
- Bakker, M., & Wicherts, J. M. (2011). The (mis)reporting of statistical results in psychology journals. *Behavior Research Methods*, 43(3), 666–678. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0089-5>
- Baldovini, N., & Chaintreau, A. (2020). Identification of key odorants in complex mixtures occurring in nature. *Natural Product Reports*, 37(12), 1589–1626. <https://doi.org/10.1039/D0NP00020E>
- Ballester, J., Patris, B., Symoneaux, R., & Valentin, D. (2008). Conceptual vs. perceptual wine spaces: Does expertise matter? *Food Quality and Preference*, 19(3), 267–276. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.08.001>
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research. Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173–1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Basset, G. (2000). *The Wine Experience*. Kyle Cathie.
- Beauducel, A. (2001). On the generalizability of factors: The influence of changing contexts of variables on different methods of factor extraction. *Methods of Psychological Research Online*, 6(1), 69–96.
- Becker, J. M., Klein, K., & Wetzels, M. (2012). Hierarchical Latent Variable Models in PLS-SEM: Guidelines for Using Reflective-Formative Type Models. *Long Range Planning*, 45(5–6), 359–394. <https://doi.org/10.1016/J.LRP.2012.10.001>
- Beckett, N., & Atkin, T. (2002). The changing face of wine (2). *Harpers (August)*, 49–52.
- Belsley, D. A. (1991). Conditioning diagnostics : collinearity and weak data in regression. In *Published in 1991 in New York NY) by Wiley (Issue 3)*. New York (N.Y.): Wiley, 1991. <https://lib.ugent.be/catalog/rug01:000234980>
- Blanco-Vega, D., Gómez-Alonso, S., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2014). Identification, content and distribution of anthocyanins and low molecular weight anthocyanin-derived pigments in Spanish commercial red wines. *Food Chemistry*, 158, 449–458. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.02.154>
- Bosio, I. V., & Cubo de Severino, L. (2010). Patrones de ordenamiento cognitivo en el Análisis Sensorial de Vinos (ASV). *Revista de Estudios Avanzados*, 14, 193–206.
- Brand, J., Panzeri, V., & Buica, A. (2020). Wine Quality Drivers: A Case Study on South African Chenin Blanc and Pinotage Wines. *Foods 2020, Vol. 9, Page 805*, 9(6), 805. <https://doi.org/10.3390/FOODS9060805>
- Broadbent, M. (1979). *Pocket guide to winetasting (6th ed.)*. Mitchell Beazley.

- Caissie, A. F., Riquier, L., de Revel, G., & Tempere, S. (2021). Representational and sensory cues as drivers of individual differences in expert quality assessment of red wines. *Food Quality and Preference*, 87, 104032. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2020.104032>
- Calvo-Porrál, C., Ruiz-Vega, A., & Lévy-Mangin, J. P. (2018). Does product involvement influence how emotions drive satisfaction?: An approach through the Theory of Hedonic Asymmetry. *European Research on Management and Business Economics*, 24(3), 130–136. <https://doi.org/10.1016/J.IEDEEN.2018.06.001>
- Calvo-Porrál, C., Ruiz-Vega, A., & Lévy-Mangin, J.-P. (2021). How consumer involvement influences consumption-elicited emotions and satisfaction. *International Journal of Market Research*, 63(2), 251–267. <https://doi.org/10.1177/1470785319838747>
- Campo, E., Do, B. v., Ferreira, V., & Valentin, D. (2008). Aroma properties of young Spanish monovarietal white wines: A study using sorting task, list of terms and frequency of citation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(2), 104–115. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00010.x>
- Canon, F., Caillé, S., Sarni-Manchado, P., & Cheynier, V. (2022). Wine taste and mouthfeel. *Managing Wine Quality*, 41–95. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102067-8.00009-9>
- Charters, S., & Pettigrew, S. (2007). The dimensions of wine quality. *Food Quality and Preference*, 18(7), 997–1007. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.04.003>
- Chin, W. W., Marcellin, B. L., & Newsted, P. R. (2003). A partial least squares latent variable modeling approach for measuring interaction effects: Results from a Monte Carlo simulation study and an electronic-mail emotion/adoption study. *Information Systems Research*, 14(2), 189–217. <https://doi.org/10.1287/ISRE.14.2.189.16018>
- Chira, K., Pacella, N., Jourdes, M., & Teissedre, P. L. (2011). Chemical and sensory evaluation of Bordeaux wines (Cabernet-Sauvignon and Merlot) and correlation with wine age. *Food Chemistry*, 126(4), 1971–1977. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.12.056>
- Churchill, G. A. (1991). *Marketing research: methodological foundations*. Dryden Press New York.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. L. Erlbaum Associates.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2003). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences, 3rd ed. - PsycNET* (3rd ed.). Editorial Mahwah. <https://psycnet.apa.org/record/2002-18109-000>
- Colonna, A. E., Adams, D. O., & Noble, A. C. (2004). Comparison of procedures for reducing astringency carry-over effects in evaluation of red wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10(1), 26–31. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00005.x>

- Coon, D. (1998). *Psicología: exploración y aplicaciones*. (6ta ed). (Issue 150 C6Y 1998). International Thomson.
- Corsi, A. M., Cohen, J., Lockshin, L., & Williamson, P. (2017). Testing lexical equivalences for wine flavours in emerging markets: Do hawthorns taste like blackberries? *Food Quality and Preference*, *62*, 296–306. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2017.03.011>
- Crump, A. M., Johnson, T. E., Wilkinson, K. L., & Bastian, S. E. P. (2015). Influence of oak maturation regimen on composition, sensory properties, quality, and consumer acceptability of cabernet sauvignon wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*(5), 1593–1600. <https://doi.org/10.1021/jf5044025>
- Cumming, G. (2013). The New Statistics: Why and How. *Psychological Science*, *25*(1), 7–29. <https://doi.org/10.1177/0956797613504966>
- Danner, L., Crump, A. M., Croker, A., Gambetta, J. M., Johnson, T. E., & Bastian, S. E. P. (2018). Comparison of rate-all-that-apply and descriptive analysis for the sensory profiling of wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, *69*(1), 12–21. <https://doi.org/10.5344/ajev.2017.17052>
- Davison, A. C., & Hinkley, D. v. (1997). Bootstrap Methods and their Application. In *Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics*. Cambridge University Press. [https://doi.org/DOI: 10.1017/CBO9780511802843](https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511802843)
- de Winter, J. C. F., & Dodou, D. (2012). Factor recovery by principal axis factoring and maximum likelihood factor analysis as a function of factor pattern and sample size. <https://doi.org/10.1080/02664763.2011.610445>, *39*(4), 695–710. <https://doi.org/10.1080/02664763.2011.610445>
- Deco, G., Rolls, E. T., Albantakis, L., & Romo, R. (2013). Brain mechanisms for perceptual and reward-related decision-making. *Progress in Neurobiology*, *103*, 194–213. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2012.01.010>
- de-la-Fuente-Blanco, A., Fernández-Zurbano, P., Valentin, D., Ferreira, V., & Sáenz-Navajas, M. P. (2017). Cross-modal interactions and effects of the level of expertise on the perception of bitterness and astringency of red wines. *Food Quality and Preference*, *62*, 155–161. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2017.07.005>
- Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, *15*(2), 137–146. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00041-7)
- Dias Araujo, L., Parr, W. v., Grose, C., Hedderley, D., Masters, O., Kilmartin, P. A., & Valentin, D. (2021). In-mouth attributes driving perceived quality of Pinot noir wines: Sensory and chemical characterisation. *Food Research International*, 110665. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110665>
- Dooley, L., Lee, Y. seung, & Meullenet, J. F. (2010). The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison

- to classical external preference mapping. *Food Quality and Preference*, 21(4), 394–401. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2009.10.002>
- Edwards, J. R. (2001). Multidimensional Constructs in Organizational Behavior Research: An Integrative Analytical Framework. *Organizational Research Methods*, 4(2), 144–192. <https://doi.org/10.1177/109442810142004>
- Efron, B., & Tibshirani, R. (1986). Bootstrap Methods for Standard Errors, Confidence Intervals, and Other Measures of Statistical Accuracy. *Statistical Science*, 1(1), 54–75. <https://doi.org/10.1214/ss/1177013815>
- Erdfelder, E., Faul, F., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Escudero, A., Campo, E., Fariña, L., Cacho, J., & Ferreira, V. (2007). Analytical Characterization of the Aroma of Five Premium Red Wines. Insights into the Role of Odor Families and the Concept of Fruitiness of Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(11), 4501–4510. <https://doi.org/10.1021/JF0636418>
- Esteban, I. G., & Fernández, E. A. (2006). *Fundamentos y técnicas de investigación comercial*. Esic Editorial.
- Falk, R. F., & Miller, N. B. (1992). A primer for soft modeling. In *A primer for soft modeling*. University of Akron Press.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Fernández-Mar, M. I., Mateos, R., García-Parrilla, M. C., Puertas, B., & Cantos-Villar, E. (2012). Bioactive compounds in wine: Resveratrol, hydroxytyrosol and melatonin: A review. *Food Chemistry*, 130(4), 797–813. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2011.08.023>
- Ferreira, V., Juan, F. S., Escudero, A., Culleré, L., Fernández-Zurbano, P., Saenz-Navajas, M. P., & Cacho, J. (2009). Modeling quality of premium spanish red wines from gas chromatography- olfactometry data. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(16), 7490–7498. <https://doi.org/10.1021/jf9006483>
- Ferrer, R., & Dalmau, I. (2004). Revisión del concepto de carga mental: evaluación, consecuencias y proceso de normalización. *Anuario de Psicología/The UB Journal of Psychology*, 521–546.
- Ferrer-Gallego, R., Brás, N. F., García-Estévez, I., Mateus, N., Rivas-Gonzalo, J. C., de Freitas, V., & Escribano-Bailón, M. T. (2016). Effect of flavonols on wine astringency and their interaction with human saliva. *Food Chemistry*, 209, 358–364. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2016.04.091>

- Ferrer-Gallego, R., Hernández-Hierro, J. M., Rivas-Gonzalo, J. C., & Escribano-Bailón, M. T. (2014). Sensory evaluation of bitterness and astringency sub-qualities of wine phenolic compounds: Synergistic effect and modulation by aromas. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.049>
- Firestein, S. (2001). How the olfactory system makes sense of scents. *Nature*, *413*(6852), 211–218. <https://doi.org/10.1038/35093026>
- Fleming, E. E., Ziegler, G. R., & Hayes, J. E. (2015). Check-all-that-apply (CATA), sorting, and polarized sensory positioning (PSP) with astringent stimuli. *Food Quality and Preference*, *45*, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.05.004>
- Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P. L., & 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. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2007.08.004>
- Frost, R., Quiñones, I., Veldhuizen, M., Alava, J. I., Small, D., & Carreiras, M. (2015). What Can the Brain Teach Us about Winemaking? An fMRI Study of Alcohol Level Preferences. *PLOS ONE*, *10*(3), e0119220. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0119220>
- Frost, S. C., Harbertson, J. F., & Heymann, H. (2017). A full factorial study on the effect of tannins, acidity, and ethanol on the temporal perception of taste and mouthfeel in red wine. *Food Quality and Preference*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.05.010>
- García-Carpintero, E. G., Sánchez-Palomo, E., & González Viñas, M. A. (2010). Influence of co-winemaking technique in sensory characteristics of new Spanish red wines. *Food Quality and Preference*, *21*(7), 705–710. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.05.013>
- Gaudette, N. J., & Pickering, G. J. (2011). Sensory and chemical characteristics of trans-resveratrol-fortified wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *17*(2), 249–257. <https://doi.org/10.1111/J.1755-0238.2011.00144.X>
- Gawel, R., & Godden, P. W. (2008). Evaluation of the consistency of wine quality assessments from expert wine tasters. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *14*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00001.x>
- Gawel, R., Oberholster, A., & Francis, I. L. (2000). A “Mouth-feel Wheel”: Terminology for communicating the mouth-feel characteristics of red wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *6*(3), 203–207. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00180.x>
- Gawel, R., Schulkin, A., Smith, P. A., & Waters, E. J. (2014). Taste and textural characters of mixtures of caftaric acid and Grape Reaction Product in model wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *20*(1), 25–30. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12056>
- Geisser, S. (1974). A Predictive Approach to the Random Effect Model. *Biometrika*, *61*(1), 101–107. <https://doi.org/10.2307/2334290>

- Giacalone, D., & Hedelund, P. I. (2016). Rate-all-that-apply (RATA) with semi-trained assessors: An investigation of the method reproducibility at assessor-, attribute- and panel-level. *Food Quality and Preference*, *51*, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.02.017>
- Glories, Y. (1984). La couleur des vins rouges. Ire partie : les équilibres des anthocyanes et des tanins. *OENO One*, *18*(3), 195–217. <https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.1984.18.3.1751>
- Golia, S., Brentari, E., & Carpita, M. (2017). Causal reasoning applied to sensory analysis: The case of the Italian wine. *Food Quality and Preference*, *59*, 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.009>
- Gonzaga, L. S., Capone, D. L., Bastian, S. E. P., Danner, L., & Jeffery, D. W. (2019). Using content analysis to characterise the sensory typicity and quality judgements of Australian Cabernet Sauvignon wines. *Foods*, *8*(12), 691. <https://doi.org/10.3390/foods8120691>
- González-Hernández, M., Avizcuri, J. M., Dizy, M., & Fernández-Zurbano, P. (2014). Ultra Performance Liquid Chromatography Coupled to Ultraviolet–Vis and Mass Spectrometry Detector for Screening of Organic Acids and Polyphenols in Red Wine. In Y. Zuo (Ed.), *In High-Performance Liquid Chromatography (HPLC): Principles, Practices and Procedures* (pp. 267–298). Nova Science Pub Inc.
- Gonzalo-Diago, A., Dizy, M., & Fernández-Zurbano, P. (2013). Taste and mouthfeel properties of red wines proanthocyanidins and their relation to the chemical composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/jf401041q>
- Gonzalo-Diago, A., Dizy, M., & Fernández-Zurbano, P. (2014). Contribution of low molecular weight phenols to bitter taste and mouthfeel properties in red wines. *Food Chemistry*, *154*, 187–198. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.12.096>
- Guía Peñín. (2017). *Guía Peñín de los vinos de España*. Pi&Erre Comunicación Integral S.L.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). Multivariate data analysis: International version. *New Jersey, NJ, US: Pearson*.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2017). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)* (2nd edition). Thousand Oaks, CA: Sage publications.
- Hair, J. F., M. Hult, G. T., M. Ringle, C., Sarstedt, M., Castillo Apraiz, J., Cepeda Carrión, G. A., & Roldán, J. L. (2019). *Manual de Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) (Segunda Edición)*. Los Angeles [Etc.] Omnia Publisher SI Cop. <https://doi.org/10.3926/oss.37>
- Hair, J. F., Ringle, C. M., Gudergan, S. P., Castillo Apraiz, J., Cepeda Carrión, G. A., & Roldán, J. L. (2021). Manual avanzado de Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). *Manual Avanzado de Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. <https://doi.org/10.3926/OSS.407>

- Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139–152. <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202>
- Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2–24. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>
- Harman, H. H. (1967). *Modern factor analysis 2^a edition*. University of Chicago press.
- Henseler, J., & Chin, W. W. (2010). A Comparison of Approaches for the Analysis of Interaction Effects Between Latent Variables Using Partial Least Squares Path Modeling. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 17(1), 82–109. <https://doi.org/10.1080/10705510903439003>
- Henseler, J., Hubona, G., & Ray, P. A. (2016). Using PLS path modeling in new technology research: Updated guidelines. *Industrial Management and Data Systems*, 116(1), 2–20. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2015-0382/FULL/PDF>
- Hersleth, M., Mevik, B.-H., Næs, T., & Guinard, J.-X. (2003). Effect of contextual factors on liking for wine—use of robust design methodology. *Food Quality and Preference*, 14(7), 615–622. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00190-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00190-8)
- Hopfer, H., & Heymann, H. (2014). Judging wine quality: Do we need experts, consumers or trained panelists? *Food Quality and Preference*, 32(PA), 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.10.004>
- Hopfer, H., Nelson, J., Ebeler, S. E., & Heymann, H. (2015). Correlating wine quality indicators to chemical and sensory measurements. *Molecules*, 20(5), 8453–8483. <https://doi.org/10.3390/molecules20058453>
- Hufnagel, J. C., & Hofmann, T. (2008a). Orosensory-Directed Identification of Astringent Mouthfeel and Bitter-Tasting Compounds in Red Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4), 1376–1386. <https://doi.org/10.1021/JF073031N>
- Hufnagel, J. C., & Hofmann, T. (2008b). Quantitative Reconstruction of the Nonvolatile Sensometabolome of a Red Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 9190–9199. <https://doi.org/10.1021/JF801742W>
- Iacobucci, D. (2008). *Mediation analysis* (Issue 156). Sage.
- Iacobucci, D., Saldanha, N., & Deng, X. (2007). A Meditation on Mediation: Evidence That Structural Equations Models Perform Better Than Regressions. *Journal of Consumer Psychology*, 17(2), 139–153. [https://doi.org/10.1016/S1057-7408\(07\)70020-7](https://doi.org/10.1016/S1057-7408(07)70020-7)
- Ivanova, N., Yang, Q., Bastian, S. E. P., Wilkinson, K. L., & Ford, R. (2022). Consumer understanding of beer and wine body: An exploratory study of an ill-defined concept. *Food Quality and Preference*, 98, 104383. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2021.104383>

- Izquierdo-Llopart, A., & Saurina, J. (2019). Characterization of Sparkling Wines According to Polyphenolic Profiles Obtained by HPLC-UV/Vis and Principal Component Analysis. *Foods* 2019, Vol. 8, Page 22, 8(1), 22. <https://doi.org/10.3390/FOODS8010022>
- Jackson, R. S. (1994). *Wine Science*. Academic Press Ltd.
- Jackson, R. S. (2002). *Wine Tasting: A Professional Handbook*. Academic Press.
- Jackson, R. S. (2008). *Wine science : principles and applications*. Academic.
- Jackson, R. S. (2017). Oral Sensations (Taste and Mouth-Feel). *Wine Tasting*, 103–136. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801813-2.00004-5>
- Jaeger, S. R. (2006). Non-sensory factors in sensory science research. *Food Quality and Preference*, 17(1), 132–144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.004>
- Jaeger, S. R., & Ares, G. (2015). RATA questions are not likely to bias hedonic scores. *Food Quality and Preference*, 44, 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.04.011>
- Jaeger, S. R., Cadena, R. S., Torres-Moreno, M., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., Hunter, D. C., Beresford, M. K., Kam, K., Yin, D., Paisley, A. G., Chheang, S. L., & Ares, G. (2014). Comparison of check-all-that-apply and forced-choice Yes/No question formats for sensory characterisation. *Food Quality and Preference*, 35, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.02.004>
- Jaeger, S. R., Chheang, S. L., Yin, J., Bava, C. M., Gimenez, A., Vidal, L., & Ares, G. (2013). Check-all-that-apply (CATA) responses elicited by consumers: Within-assessor reproducibility and stability of sensory product characterizations. *Food Quality and Preference*, 30(1), 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.04.009>
- Jarvis, C. B., MacKenzie, S. B., & Podsakoff, P. M. (2003). A Critical Review of Construct Indicators and Measurement Model Misspecification in Marketing and Consumer Research. *Journal of Consumer Research*, 30(2), 199–218. <https://doi.org/10.1086/376806>
- Juan, F. S., Cacho, J., Ferreira, V., & Escudero, A. (2012). Aroma chemical composition of red wines from different price categories and its relationship to quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(20), 5045–5056. https://doi.org/10.1021/JF2050685/SUPPL_FILE/JF2050685_SI_002.PDF
- Kassara, S., & Kennedy, J. A. (2011). Relationship between red wine grade and phenolics. 2. Tannin composition and size. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/jf201054p>
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (2009). *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*. John Wiley & Sons.
- Kennedy, J. A., Saucier, C., & Glories, Y. (2006). Grape and Wine Phenolics: History and Perspective. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 239–248. <http://www.ajevonline.org/content/57/3/239.abstract>

- Klaaren, K. J., Hodges, S. D., & Wilson, T. D. (1994). The Role of Affective Expectations in Subjective Experience and Decision-Making. *Social Cognition, 12*(2), 77–101. <https://doi.org/10.1521/SOCO.1994.12.2.77>
- Klasterin, T. D. (1983). Assessing Cluster Analysis Results. *Journal of Marketing Research, 20*(1), 92–98. <https://doi.org/10.1177/002224378302000111>
- Knoll, C., Fritsch, S., Schnell, S., Grossmann, M., Krieger-Weber, S., du Toit, M., & Rauhut, D. (2012). Impact of different malolactic fermentation inoculation scenarios on Riesling wine aroma. *World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28*(3), 1143–1153. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0917-x>
- Kringelbach, M. L., Stein, A., & van Hartevelt, T. J. (2012). The functional human neuroanatomy of food pleasure cycles. *Physiology & Behavior, 106*(3), 307–316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.03.023>
- Krishna, A. (2012). An integrative review of sensory marketing: Engaging the senses to affect perception, judgment and behavior. *Journal of Consumer Psychology, 22*(3), 332–351.
- Labbe, D., Gilbert, F., & Martin, N. (2008). Impact of olfaction on taste, trigeminal, And texture perceptions. *Chemosensory Perception, 1*(4), 217–226. <https://doi.org/10.1007/S12078-008-9029-X/FIGURES/4>
- Laguna, L., & Sarkar, A. (2017). Oral tribology: update on the relevance to study astringency in wines. *Tribology - Materials, Surfaces & Interfaces, 11*(2), 116–123. <https://doi.org/10.1080/17515831.2017.1347736>
- Lante, A., Crapisi, A., Lomolino, G., & Spettoli, P. (2004). Chemical parameters, biologically active polyphenols and sensory characteristics of some Italian organic wines. *Journal of Wine Research, 15*(3), 203–209. <https://doi.org/10.1080/09571260500142054>
- Lattey, K. A., Bramley, B. R., & Francis, I. L. (2010). Consumer acceptability, sensory properties and expert quality judgements of Australian Cabernet Sauvignon and Shiraz wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research, 16*(1), 189–202. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00069.x>
- Little, T. D., Bovaird, J. A., & Widaman, K. F. (2006). On the Merits of Orthogonalizing Powered and Product Terms: Implications for Modeling Interactions Among Latent Variables. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 13*(4), 497–519. https://doi.org/10.1207/s15328007sem1304_1
- Llaudy, M. C., Canals, R., Canals, J. M., Rozés, N., Arola, L., & Zamora, F. (2004). New Method for Evaluating Astringency in Red Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52*(4), 742–746. <https://doi.org/10.1021/JF034795F>
- Lockshin, L., Quester, P., & Spawton, T. (2010). Segmentation by Involvement or Nationality for Global Retailing: A Cross-national Comparative Study of Wine Shopping Behaviours.

- [Http://Dx.Doi.Org/10.1080/09571260120106848](http://Dx.Doi.Org/10.1080/09571260120106848), 21(1), 223–236.
<https://doi.org/10.1080/09571260120106848>
- Lopez, R., Mateo-Vivaracho, L., Cacho, J., & Ferreira, V. (2007). Optimization and Validation of a Taste Dilution Analysis to Characterize Wine Taste. *Journal of Food Science*, 72(6), S345–S351. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2007.00424.X>
- Luque, M. T. (2017). *Investigación de marketing 3.0*. Comercial Grupo ANAYA, SA.
- Luria, A. (1974). *El Cerebro en Acción*. (trad., M. Torres). Barcelona: Editorial Fontanella.
- Mackinnon, D. P., Lockwood, C. M., & Williams, J. (2004). Confidence Limits for the Indirect Effect Measures. *Multivariate Behavioral Research*, 39(1), 41–62. https://doi.org/10.1207/s15327906mbr3901_4
- Magro, A. S. (2011). *Diccionario del vino: de la A a la Z*. Unomásuno.
- Malhotra, N. (2008). *Investigación de Mercados* (Quinta edición ed.). Ecuador: Pearson Prentice Hall. Recuperado El, 31.
- Manoukian, E. B. (1986). *Mathematical nonparametric statistics*. Gordon And Breach.
- Marin, A. B., & Durham, C. A. (2007). Effects of Wine Bottle Closure Type on Consumer Purchase Intent and Price Expectation. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58(2), 192–201. <https://www.ajevonline.org/content/58/2/192>
- Martin, N., Minard, A., & Brun, O. (2002). Sweetness, Sourness, and Total Taste Intensity in Champagne Wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(1), 6. <http://www.ajevonline.org/content/53/1/6.abstract>
- Martínez Ávila, M., Fierro Moreno, E., Martínez Ávila, M., & Fierro Moreno, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico. *RIDE. Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 8(16), 130–164. <https://doi.org/10.23913/RIDE.V8I16.336>
- Mercurio, M. D., Damberg, R. G., Cozzolino, D., Herderich, M. J., & Smith, P. A. (2010). Relationship between Red Wine Grades and Phenolics. 1. Tannin and Total Phenolics Concentrations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(23), 12313–12319. <https://doi.org/10.1021/JF103230B>
- Meyners, M., Jaeger, S. R., & Ares, G. (2016). On the analysis of Rate-All-That-Apply (RATA) data. *Food Quality and Preference*, 49, 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2015.11.003>
- Monagas, M., Bartolomé, B., & Gómez-Cordovés, C. (2007). Updated Knowledge About the Presence of Phenolic Compounds in Wine. [Http://Dx.Doi.Org/10.1080/10408690490911710](http://Dx.Doi.Org/10.1080/10408690490911710), 45(2), 85–118. <https://doi.org/10.1080/10408690490911710>

- Muñoz-Marrón, D. (2019). La Creatividad como componente de la Gestión de Recursos de la Tripulación (CRM) y su influencia en la prevención de los Accidentes Aéreos (Tesis doctoral). *Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España*.
- Myers, D. G. (2006). *Psicología*. Ed. Médica Panamericana.
- Nielsen. (2009). *Informe CRDOC Rioja. El mercado español de vino tranquilo: Alimentación y Hostelería*. A.C. Nielsen
- Nielsen. (2012). *Percepción de los vinos españoles en los mercados exteriores*. A.C. Nielsen
- Nielsen. (2014). *Informe CRDOC Rioja. El mercado español de vino tranquilo: Alimentación y Hostelería*. A.C. Nielsen
- Nielsen. (2019). *Informe CRDOC Rioja. El mercado español de vino tranquilo: Alimentación y Hostelería*. A.C. Nielsen
- Nielsen. (2022). *Informe CRDOC Rioja. El mercado español de vino tranquilo: Alimentación y Hostelería*. A.C. Nielsen
- Niimi, J., Boss, P. K., & Bastian, S. E. P. (2018). Sensory profiling and quality assessment of research Cabernet Sauvignon and Chardonnay wines; quality discrimination depends on greater differences in multiple modalities. *Food Research International*, 106, 304–316. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.060>
- Niimi, J., Danner, L., Li, L., Bossan, H., & Bastian, S. E. P. (2017). Wine consumers' subjective responses to wine mouthfeel and understanding of wine body. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.015>
- Nitzl, C., Roldan, J. L., & Cepeda, G. (2016). Mediation analysis in partial least squares path modeling: Helping researchers discuss more sophisticated models. *Industrial Management & Data Systems*, 116(9), 1849–1864. <https://doi.org/10.1108/IMDS-07-2015-0302>
- Noble, A. C. (1998). Why Do Wines Taste Bitter and Feel Astringent? *ACS Symposium Series*. <https://doi.org/10.1021/bk-1998-0714.ch012>
- OIV. (2019). *2019 Statistical report on world vitiviniculture*. OIV Paris, France.
- Oladokun, O., Tarrega, A., James, S., Cowley, T., Dehrmann, F., Smart, K., Cook, D., & Hort, J. (2016). Modification of perceived beer bitterness intensity, character and temporal profile by hop aroma extract. *Food Research International*, 86, 104–111. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.05.018>
- Oppermann, A. K. L., de Graaf, C., Scholten, E., Stieger, M., & Piqueras-Fiszman, B. (2017). Comparison of Rate-All-That-Apply (RATA) and Descriptive sensory Analysis (DA) of model double emulsions with subtle perceptual differences. *Food Quality and Preference*, 56, 55–68. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.09.010>
- Paissoni, M. A., Waffo-Teguo, P., Ma, W., Jourdes, M., Giacosa, S., Segade, S. R., Rolle, L., & Teissedre, P. L. (2020). Sensory assessment of grape polyphenolic fractions: an insight into

- the effects of anthocyanins on in-mouth perceptions. *OENO One*, 54(4), 1059–1075. <https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.2020.54.4.4142>
- Paissoni, M. A., Waffo-Teguo, P., Ma, W., Jourdes, M., Rolle, L., & Teissedre, P.-L. (2018). Chemical and sensorial investigation of in-mouth sensory properties of grape anthocyanins. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35355-x>
- Parr, W. v. (2002). Exploring the nature of wine expertise. *Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 17(1), 32–36.
- Parr, W. v. (2019). Demystifying wine tasting: Cognitive psychology's contribution. *Food Research International*, 124, 230–233. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.050>
- Parr, W. v., Grose, C., Hedderley, D., Medel Maraboli, M., Masters, O., Araujo, L. D., & Valentin, D. (2020). Perception of quality and complexity in wine and their links to varietal typicality: An investigation involving Pinot noir wine and professional tasters. *Food Research International*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109423>
- Pati, S., Liberatore, M. T., Gambacorta, G., Antonacci, D., & la Notte, E. (2009). Rapid screening for anthocyanins and anthocyanin dimers in crude grape extracts by high performance liquid chromatography coupled with diode array detection and tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1216(18), 3864–3868. <https://doi.org/10.1016/J.CHROMA.2009.02.068>
- Pavez, C., González-Muñoz, B., O'Brien, J. A., Laurie, V. F., Osorio, F., Núñez, E., Vega, R. E., Bordeu, E., & Brossard, N. (2022). Red wine astringency: Correlations between chemical and sensory features. *LWT*, 154, 112656. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112656>
- Pazart, L., Comte, A., Magnin, E., Millot, J.-L., & Moulin, T. (2014). An fMRI study on the influence of sommeliers' expertise on the integration of flavor. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnbeh.2014.00358>
- Pedroza, M. A., & Herrell, R. (2022). Exploring Emotions as a New Quality Parameter in Wine. *Wine Business Journal*, 5(1), 31663. <https://doi.org/10.26813/001C.31663>
- Peleg, H., Gacon, K., Schlich, P., & Noble, A. C. (1999). Bitterness and astringency of flavan-3-ol monomers, dimers and trimers †. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1123–1128. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199906\)79:8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199906)79:8)
- Pérez-Prieto, L. J., López-Roca, J. M., Martínez-Cutillas, A., Pardo Mínguez, F., & Gómez-Plaza, E. (2002). Maturing wines in oak barrels. Effects of origin, volume, and age of the barrel on the wine volatile composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11), 3272–3276. <https://doi.org/10.1021/jf011505r>
- Peynaud, E. (1987). The taste of wine (M. Schuster, Trans.). *San Francisco: The Wine Appreciation Guild*.

- Peynaud, E., & Blouin, J. (2002). *El gusto del vino : el gran libro de la degustación*. Mundi-Prensa.
- Picard, M., Tempere, S., de Revel, G., & Marchand, S. (2015). A sensory study of the ageing bouquet of red Bordeaux wines: A three-step approach for exploring a complex olfactory concept. *Food Quality and Preference*, 42, 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.014>
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: a critical review of the literature and recommended remedies. *The Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879>
- Podsakoff, P. M., & Organ, D. W. (1986). Self-Reports in Organizational Research: Problems and Prospects. *Journal of Management*, 12(4), 531–544. <https://doi.org/10.1177/014920638601200408>
- Polites, G. L., Roberts, N., & Thatcher, J. (2012). Conceptualizing models using multidimensional constructs: A review and guidelines for their use. *European Journal of Information Systems*, 21(1), 22–48. <https://doi.org/10.1057/EJIS.2011.10/TABLES/8>
- Preacher, K. J., & Hayes, A. F. (2004). SPSS and SAS procedures for estimating indirect effects in simple mediation models. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 36(4), 717–731. <https://doi.org/10.3758/BF03206553>
- Preacher, K. J., & Hayes, A. F. (2008). Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. *Behavior Research Methods*, 40(3), 879–891. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.3.879>
- Preys, S., Mazerolles, G., Courcoux, P., Samson, A., Fischer, U., Hanafi, M., Bertrand, D., & Cheyner, V. (2006). Relationship between polyphenolic composition and some sensory properties in red wines using multiway analyses. *Analytica Chimica Acta*, 563(1–2), 126–136. <https://doi.org/10.1016/J.ACA.2005.10.082>
- Priilaid, D. A. (2006). Wine's placebo effect: How the extrinsic cues of visual assessments mask the intrinsic quality of South African red wine. *International Journal of Wine Marketing*, 18(1), 17–32. <https://doi.org/10.1108/09547540610657650>
- Puyares, V., Ares, G., & Carrau, F. (2010). Searching a specific bottle for Tannat wine using a check-all-that apply question and conjoint analysis. *Food Quality and Preference*, 21(7), 684–691. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2010.05.008>
- Quester, P. G., & Smart, J. (1996). Product Involvement in Consumer Wine Purchases: Its Demographic Determinants and Influence on Choice Attributes. *International Journal of Wine Marketing*, 8(3), 37–56. <https://doi.org/10.1108/EB008661>
- Quijada-Morín, N., Regueiro, J., Simal-Gándara, J., Tomás, E., Rivas-Gonzalo, J. C., & Escribano-Bailón, M. T. (2012). Relationship between the Sensory-Determined

- Astringency and the Flavanollic Composition of Red Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(50), 12355–12361. <https://doi.org/10.1021/JF3044346>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2021). *REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.5 en línea]. <<https://dle.rae.es/estructura>> [07/10/2021].
- Ribereau-Gayon, J. (1973). Recherche des relations entre les caractères sensoriels des vins rouges et leur composition. *OENO One*, 7(2), 79–92. <https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.1973.7.2.2078>
- Ribèreau-Gayon, Pascal. (2006). *Handbook of enology*. John Wiley.
- Rigdon, E. E. (2012). Rethinking Partial Least Squares Path Modeling: In Praise of Simple Methods. *Long Range Planning*, 45(5–6). <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2012.09.010>
- Rinaldi, A., Vecchio, R., & Moio, L. (2021). Differences in Astringency Subqualities Evaluated by Consumers and Trained Assessors on Sangiovese Wine Using Check-All-That-Apply (CATA). *Foods* 2021, Vol. 10, Page 218, 10(2), 218. <https://doi.org/10.3390/FOODS10020218>
- Ringle, C. M. , Wende, S. , & Becker, J.-M. (2015). *SmartPLS 3. Boenningstedt: SmartPLS GmbH*. <http://www.smartpls.com>.
- Ristic, R., Danner, L., Johnson, T. E., Meiselman, H. L., Hoek, A. C., Jiranek, V., & Bastian, S. E. P. (2019). Wine-related aromas for different seasons and occasions: Hedonic and emotional responses of wine consumers from Australia, UK and USA. *Food Quality and Preference*, 71, 250–260. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2018.07.011>
- Ritchey, J. G., & Waterhouse, A. L. (1999). A Standard Red Wine: Monomeric Phenolic Analysis of Commercial Cabernet Sauvignon Wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50(1), 91–100. <https://www.ajevonline.org/content/50/1/91>
- Roberts N., & Thatcher J.B. (2009). Conceptualizing and testing formative constructs. *ACM SIGMIS Database: The DATABASE for Advances in Information Systems*, 40(3), 9–39. <https://doi.org/10.1145/1592401.1592405>
- Robichaud, J. L., & Noble, A. C. (1990). Astringency and bitterness of selected phenolics in wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 53(3), 343–353. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740530307>
- Rodríguez-Nogales, J. M., Fernández-Fernández, E., & Vila-Crespo, J. (2009). Characterisation and classification of Spanish Verdejo young white wines by volatile and sensory analysis with chemometric tools. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(11). <https://doi.org/10.1002/jsfa.3674>
- Rossi, J. A., & Singleton, V. L. (1966). Flavor Effects and Adsorptive Properties of Purified Fractions of Grape-Seed Phenols. *American Journal of Enology and Viticulture*, 17(4), 240–246.

- Roux, E. (1991). Comment se positionnent les marques de luxe. *Revue Française Du Marketing*, 132, 111–118.
- Sáenz-Navajas, M. P., Avizcuri, J. M., Ballester, J., Fernández-Zurbano, P., Ferreira, V., Peyron, D., & Valentin, D. (2015). Sensory-active compounds influencing wine experts' and consumers' perception of red wine intrinsic quality. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 400–411. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2014.09.026>
- Sáenz-Navajas, M. P., Avizcuri, J. M., Echávarri, J. F., Ferreira, V., Fernández-Zurbano, P., & Valentin, D. (2016). Understanding quality judgements of red wines by experts: Effect of evaluation condition. *Food Quality and Preference*, 48, 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.10.001>
- Sáenz-Navajas, M. P., Avizcuri, J. M., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2012). Insights on the chemical basis of the astringency of Spanish red wines. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.060>
- Sáenz-Navajas, M. P., Avizcuri, J. M., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2014). Sensory changes during bottle storage of Spanish red wines under different initial oxygen doses. *Food Research International*, 66, 235–246. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2014.08.053>
- Sáenz-Navajas, M. P., Avizcuri, J. M., Ferrero-del-Teso, S., Valentin, D., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2017). Chemo-sensory characterization of fractions driving different mouthfeel properties in red wines. *Food Research International*, 94, 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.002>
- Sáenz-Navajas, M. P., Ballester, J., Pêcher, C., Peyron, D., & Valentin, D. (2013). Sensory drivers of intrinsic quality of red wines. Effect of culture and level of expertise. *Food Research International*, 54(2), 1506–1518. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.09.048>
- Sáenz-Navajas, M. P., Campo, E., Avizcuri, J. M., Valentin, D., Fernández-Zurbano, P., & Ferreira, V. (2012). Contribution of non-volatile and aroma fractions to in-mouth sensory properties of red wines: Wine reconstitution strategies and sensory sorting task. *Analytica Chimica Acta*. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.12.042>
- Sáenz-Navajas, M. P., Campo, E., Fernández-Zurbano, P., Valentin, D., & Ferreira, V. (2010). An assessment of the effects of wine volatiles on the perception of taste and astringency in wine. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.061>
- Sáenz-Navajas, M. P., Echavarri, F., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2011). Pigment composition and color parameters of commercial Spanish red wine samples: Linkage to quality perception. *European Food Research and Technology*, 232(5), 877–887. <https://doi.org/10.1007/S00217-011-1456-2/FIGURES/2>
- Sáenz-Navajas, M. P., Ferrero-del-Teso, S., Jeffery, D. W., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2020). Effect of aroma perception on taste and mouthfeel dimensions of red wines:

- Correlation of sensory and chemical measurements. *Food Research International*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108945>
- Sáenz-Navajas, M. P., González-Hernández, M., Campo, E., Fernández-Zurbano, P., & Ferreira, V. (2012). Orthonasal aroma characteristics of spanish red wines from different price categories and their relationship to expert quality judgements. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18(3), 268–279. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2012.00195.x>
- Sáenz-Navajas, M. P., Martín-López, C., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2011). Sensory properties of premium Spanish red wines and their implication in wine quality perception. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(1), 9–19. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00115.x>
- Sáenz-Navajas, M. P., Tao, Y. S., Dizy, M., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2010). Relationship between nonvolatile composition and sensory properties of premium Spanish red wines and their correlation to quality perception. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(23), 12407–12416. <https://doi.org/10.1021/jf102546f>
- Sánchez, F. J. S., & Sarabia, F. (1999). Metodología para la investigación en marketing y dirección de empresas. *Ediciones Pirámide: Madrid, Spain*.
- San-Juan, F., Ferreira, V., Cacho, J., & Escudero, A. (2011). Quality and Aromatic Sensory Descriptors (Mainly Fresh and Dry Fruit Character) of Spanish Red Wines can be Predicted from their Aroma-Active Chemical Composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(14), 7916–7924. <https://doi.org/10.1021/JF1048657>
- Sarstedt, M., Hair, J. F., Cheah, J.-H., Becker, J.-M., & Ringle, C. M. (2019). How to Specify, Estimate, and Validate Higher-Order Constructs in PLS-SEM. *Australasian Marketing Journal*, 27(3), 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2019.05.003>
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., Henseler, J., & Hair, J. F. (2014). On the Emancipation of PLS-SEM: A Commentary on Rigdon (2012). *Long Range Planning*, 47(3). <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2014.02.007>
- Sauvageot, F. (1999). Sensory evaluation. *Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin*, 33, 61–69.
- Sauvageot, F., & Feuillat, F. (1999). The Influence of Oak Wood (*Quercus robur* L., *Q. petraea* Liebl.) on the Flavor of Burgundy Pinot noir. An Examination of Variation Among Individual Trees. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50(4), 447–455. <https://www.ajevonline.org/content/50/4/447>
- Scharbert, S., & Hofmann, T. (2005). Molecular Definition of Black Tea Taste by Means of Quantitative Studies, Taste Reconstitution, and Omission Experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(13), 5377–5384. <https://doi.org/10.1021/JF050294D>
- Scharbert, S., Holzmann, N., & Hofmann, T. (2004). Identification of the Astringent Taste Compounds in Black Tea Infusions by Combining Instrumental Analysis and Human

- Bioresponse. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3498–3508. <https://doi.org/10.1021/JF049802U>
- Sedlmeier, P., & Gigerenzer, G. (1989). Do Studies of Statistical Power Have an Effect on the Power of Studies? *Psychological Bulletin*, 105(2), 309–316. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.105.2.309>
- Shanteau, J. (1987). Psychological Characteristics of Expert Decision Makers. *Expert Judgment and Expert Systems*, 289–304. https://doi.org/10.1007/978-3-642-86679-1_16
- Shepherd, G. M. (2006). Smell images and the flavour system in the human brain. *Nature*, 444(7117), 316–321. <https://doi.org/10.1038/nature05405>
- Shepherd, G. M. (2015). Neuroenology: how the brain creates the taste of wine. *Flavour*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s13411-014-0030-9>
- Sherman, E., Coe, M., Grose, C., Martin, D., & Greenwood, D. R. (2020). Metabolomics Approach to Assess the Relative Contributions of the Volatile and Non-volatile Composition to Expert Quality Ratings of Pinot Noir Wine Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(47), 13380–13396. https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.0C04095/SUPPL_FILE/JF0C04095_SI_001.PDF
- Shmueli, G., & Koppius, O. R. (2011). Predictive analytics in information systems research. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 35(3), 553–572. <https://doi.org/10.2307/23042796>
- Siegrist, M., & Cousin, M.-E. (2009a). Expectations influence sensory experience in a wine tasting. *Appetite*, 52(3), 762–765. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.02.002>
- Siegrist, M., & Cousin, M.-E. (2009b). Expectations influence sensory experience in a wine tasting. *Appetite*, 52(3). <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.02.002>
- Silva-Barragán, M., & Ramos-Galarza, C. (2020). Modelos de Organización Cerebral: un recorrido neuropsicológico. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 29(3), 74–83. <https://doi.org/10.46997/revecuatneuro129300074>
- Small, D. M., Veldhuizen, M. G., & Green, B. (2013). Sensory Neuroscience: Taste Responses in Primary Olfactory Cortex. *Current Biology*, 23(4), R157–R159. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.12.036>
- Soares, S., Brandão, E., Mateus, N., & de Freitas, V. (2017). Sensorial properties of red wine polyphenols: Astringency and bitterness. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(5), 937–948. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.946468>
- Sobel, M. E. (1982). Asymptotic Confidence Intervals for Indirect Effects in Structural Equation Models. *Sociological Methodology*, 13, 290–312. <https://doi.org/10.2307/270723>

- Sokolowsky, M., & Fischer, U. (2012). Evaluation of bitterness in white wine applying descriptive analysis, time-intensity analysis, and temporal dominance of sensations analysis. *Analytica Chimica Acta*, 732. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.12.024>
- Stone, M. (1974). Cross-Validatory Choice and Assessment of Statistical Predictions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 36(2), 111–147. <http://www.jstor.org/stable/2984809>
- Sun, B., Ricardo-da-Silva, J. M., & Spranger, I. (1998). Critical Factors of Vanillin Assay for Catechins and Proanthocyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/jf980366j>
- Swiegers, J. H., Bartowsky, E. J., Henschke, P. A., & Pretorius, I. S. (2005). Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(2). <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00285.x>
- Swiegers, J. H., Chambers, P. J., & Pretorius, I. S. (2005). Olfaction and taste: Human perception, physiology and genetics. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(2), 109–113. <https://doi.org/10.1111/J.1755-0238.2005.TB00282.X>
- Tang, J., Larsen, D. S., Ferguson, L., & James, B. J. (2017). Textural Complexity Model Foods Assessed with Instrumental and Sensory Measurements. *Journal of Texture Studies*, 48(1), 9–22. <https://doi.org/10.1111/JTXS.12188>
- Tempere, S., Cuzange, E., Bougeant, J. C., de Revel, G., & Sicard, G. (2012). Explicit Sensory Training Improves the Olfactory Sensitivity of Wine Experts. *Chemosensory Perception*, 5(2). <https://doi.org/10.1007/s12078-012-9120-1>
- Tominaga, T., Blanchard, L., Darriet, P., & Dubourdieu, D. (2000). A powerful aromatic volatile thiol, 2-furanmethanethiol, exhibiting roast coffee aroma in wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1799–1802. <https://doi.org/10.1021/jf990660r>
- Urdapilleta, I., Parr, W., Dacremont, C., & Green, J. (2011). Semantic and perceptive organisation of Sauvignon blanc wine characteristics: Influence of expertise. *Food Quality and Preference*, 22(1), 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.08.005>
- Valentin, D., Chollet, S., Lelièvre, M., & Abdi, H. (2012). Quick and dirty but still pretty good: a review of new descriptive methods in food science. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(8), 1563–1578. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2012.03022.X>
- Valentin, D., Parr, W. v., Peyron, D., Grose, C., & Ballester, J. (2016). Colour as a driver of Pinot noir wine quality judgments: An investigation involving French and New Zealand wine professionals. *Food Quality and Preference*, 48, 251–261. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.10.003>
- van der Laan, L. N., de Ridder, D. T. D., Viergever, M. A., & Smeets, P. A. M. (2011). The first taste is always with the eyes: A meta-analysis on the neural correlates of processing visual

- food cues. *NeuroImage*, 55(1), 296–303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.055>
- Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893–908. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2012.06.037>
- Varela, P., & Gámbaro, A. (2006). Sensory descriptive analysis of Uruguayan Tannat wine: Correlation to quality assessment. *Journal of Sensory Studies*, 21(2), 203–217. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2006.00061.x>
- Veale, R., & Quester, P. (2009). Do consumer expectations match experience? Predicting the influence of price and country of origin on perceptions of product quality. *International Business Review*, 18(2), 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2009.01.004>
- Vedel, A. (1972). Essai sur la dégustation des vins: propositions pour servir de base à une méthodologie et un vocabulaire unifiés. *Macon: SEIV*.
- Verdú Jover, A. J., Lloréns Montes, F. J., & Fuentes Fuentes, M. del M. (2004). Measuring perceptions of quality in food products: the case of red wine. *Food Quality and Preference*, 15(5). <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2003.08.002>
- Vidal, L., Antúnez, L., Giménez, A., Medina, K., Boido, E., & Ares, G. (2017). Sensory characterization of the astringency of commercial Uruguayan Tannat wines. *Food Research International*, 102, 425–434. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.022>
- Vidal, L., Antúnez, L., Giménez, A., Medina, K., Boido, E., & Ares, G. (2018). Astringency evaluation of Tannat wines: Comparison of assessments from trained assessors and experts. *Journal of Sensory Studies*, 33(3), e12330. <https://doi.org/10.1111/joss.12330>
- Vidal, L., Antúnez, L., Rodríguez-Haralambides, A., Giménez, A., Medina, K., Boido, E., & Ares, G. (2018). Relationship between astringency and phenolic composition of commercial Uruguayan Tannat wines: Application of boosted regression trees. *Food Research International*, 112, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.024>
- Vidal, L., Ares, G., Hedderley, D. I., Meyners, M., & Jaeger, S. R. (2018). Comparison of rate-all-that-apply (RATA) and check-all-that-apply (CATA) questions across seven consumer studies. *Food Quality and Preference*, 67, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.013>
- Vidal, L., Giménez, A., Medina, K., Boido, E., & Ares, G. (2015). How do consumers describe wine astringency? *Food Research International*, 78, 321–326. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2015.09.025>
- Vidal, S., Francis, L., Guyot, S., Marnet, N., Kwiatkowski, M., Gawel, R., Cheynier, V., & Waters, E. J. (2003). The mouth-feel properties of grape and apple proanthocyanidins in a wine-like medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(6), 564–573. <https://doi.org/10.1002/JSFA.1394>

- Villamor, R. R., Evans, M. A., & Ross, C. F. (2013). Effects of Ethanol, Tannin, and Fructose Concentrations on Sensory Properties of Model Red Wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 64(3), 342–348. <https://doi.org/10.5344/AJEV.2013.12118>
- Wagner, P., Olsen, J., & Thach, L. (2007a). *Wine marketing & sales : success strategies for a saturated market*. Wine Appreciation Guild.
- Wagner, P., Olsen, J., & Thach, L. (2007b). *Wine marketing & sales : success strategies for a saturated market*. Wine Appreciation Guild.
- Wang, Q. J., Niaura, T., & Kantono, K. (2021). How does wine ageing influence perceived complexity? Temporal-Choose-All-That-Apply (TCATA) reveals temporal drivers of complexity in experts and novices. *Food Quality and Preference*, 92, 104230. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104230>
- Wang, Q. J., & Spence, C. (2018). Wine complexity: An empirical investigation. *Food Quality and Preference*, 68, 238–244. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2018.03.011>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). Understanding Wine Chemistry. *Understanding Wine Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Wedral, D., Shewfelt, R., & Frank, J. (2010a). The challenge of Brettanomyces in wine. In *LWT - Food Science and Technology* (Vol. 43, Issue 10, pp. 1474–1479). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.010>
- Wedral, D., Shewfelt, R., & Frank, J. (2010b). The challenge of Brettanomyces in wine. *LWT - Food Science and Technology*, 43(10), 1474–1479. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2010.06.010>
- Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., & van Oppen, C. (2009). Using PLS Path Modeling for Assessing Hierarchical Construct Models: Guidelines and Empirical Illustration. *MIS Quarterly*, 33(1), 177–195. <https://doi.org/10.2307/20650284>
- Wilkinson, L. (1999). Statistical methods in psychology journals: Guidelines and explanations. *American Psychologist*, 54(8), 594–604. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.54.8.594>
- Wright, C. (2001). Wine wizards. *The Qantas Club Magazine (Spring)*.
- Zamora, M. C., Goldner, M. C., & Galmarini, M. V. (2006). SOURNESS–SWEETNESS INTERACTIONS IN DIFFERENT MEDIA: WHITE WINE, ETHANOL AND WATER*. *Journal of Sensory Studies*, 21(6), 601–611. <https://doi.org/10.1111/J.1745-459X.2006.00085.X>
- Zellner, D. A., & Whitten, L. A. (1999). The Effect of Color Intensity and Appropriateness on Color-Induced Odor Enhancement. *The American Journal of Psychology*, 112(4). <https://doi.org/10.2307/1423652>

Zhao, X., Lynch, J. G., & Chen, Q. (2010). Reconsidering Baron and Kenny: Myths and truths about mediation analysis. *Journal of Consumer Research*, 37(2), 197–206. <https://doi.org/10.1086/651257>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de análisis sensorial mediante el método CATA.

Tenga en cuenta que solo hay 20 ml de vino en cada copa.

Le pedimos que:

NO modifique el orden puesto de los vinos;

NO quite la cubierta de plástico de las copas hasta el momento de probar el vino;

Muevas el vino por toda la boca, entre vinos enjuagues la boca con la solución de pectina durante 10 segundos aclarar con agua dos veces 10 segundos y pasar al siguiente vino;

Marques con X aquellos atributos sensoriales que percibas.

Ficha de análisis sensorial (CATA)

Panelistas N.º:	Puesto:	Fecha:	Hora:
Código vino:			
Atributo sensorial	Dulce		
	Buena acidez		
	Fino amargor		
	Mineral		
	Tanino fino		
	Tanino maduro		
	Estructurado		
	Equilibrado		
	Sabroso		
	Lleno		
	Carnoso		
	Tostado		
	Picante		
	Alcohólico		
	Intenso		
	Redondo		
Largo			

Anexo II. Ficha de análisis sensorial mediante RATA.

Código sujeto: _____ Sesión: _____ Fecha: _____

Código Muestra: _____

En la mesa tiene dos filas de cuatro vinos. Cada copa esta codificada con un código de tres cifras. Iniciar la prueba en la fila más cercana y siempre de izquierda a derecha.

Mantener las copas tapadas.

1. En primer lugar mirar el número del vino y tomar un sorbo pequeño de la muestra (6-8 ml), colocar la tapa en la copa y valorar la estructura del vino.

	<u>VALORACIÓN GLOBAL</u>										
	Nula o inexistente										Muy bueno
ESTRUCTURA	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>

Escupir el vino

- Aclara la boca con agua, escupir
- Enjuagar con la solución de pectina durante 10 segundos, escupir.
- Enjuagar con agua durante 10 segundos, escupir y
- Repetir enjuagando con agua 10 segundos y escupir.

2. A continuación de los siguientes atributos aromáticos, del sabor y táctiles, elija los que encuentra en cada muestra y en dicho caso evalúe su intensidad. Luego marque cero en aquellos no elegidos.

AROMA

	<u>INTENSIDAD</u>										
	Ausencia										
	Muy fuerte										
Fruta roja/negra	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Floral	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Vegetal	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Madera	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Espicias	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Café	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Tostado	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Animal	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Cuero	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Sotobosque	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Fruta fresca	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Fruta pasa	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Evolucionado	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>

SABOR

	<u>INTENSIDAD</u>										
	Ausencia										
	Muy fuerte										
Dulce	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Ácido	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Amargo	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>

Código sujeto: _____ Sesión: _____ Fecha: _____

Código Muestra: _____

SENSACIÓN TÁCTIL

	<u>INTENSIDAD</u>										
	Ausencia Muy fuerte										
Tanino verde	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Tanino duro	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Secante	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Pegajoso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Polvoriento	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Granuloso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Arenoso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Rugoso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Untuoso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Graso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Carnoso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Envolvente	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Sedoso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Gomoso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Acuoso	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Ardiente	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Picante	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Punzante	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Persistente	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>

Tras escupir el vino

- Aclara la boca con agua, escupir
- Enjuagar con la solución de pectina durante 10 segundos, escupir.
- Enjuagar con agua durante 10 segundos, escupir y
- Repetir enjuagando con agua 10 segundos y escupir.

Código sujeto: _____ Sesión: _____ Fecha: _____

Código Muestra: _____

Por último, realice una valoración global del vino en relación con los siguientes términos:

	VALORACIÓN GLOBAL										
	Nula o inexistente									Muy bueno	
Aroma	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Sabor	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Sensación táctil	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>

	CALIDAD GLOBAL DEL VINO										
	Nula o inexistente									Muy bueno	
Calidad	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>

Análisis sensorial

Fecha: _____

- En la mesa tiene dos filas de cuatro vinos.
- Cada copa esta codificada con un código de tres cifras.
- Iniciar la prueba en la fila más cercana y siempre de izquierda a derecha.
- Mantener las copas tapadas.
- Realizar todas las pruebas de un vino antes de pasar al siguiente
- En primer lugar, mirar el número del vino y anotarlo en la ficha
- Tomar un sorbo pequeño de la muestra (6 -8 ml),
- Colocar la tapa en la copa.

Prueba 1.

- Valorar la estructura del vino.
- Escala de valor: Nulo o Inexistente (0) a muy bueno (10)
- Escupir el vino
 - Aclara la boca con agua, escupir
 - Enjuagar con la solución de pectina durante 10 segundos, escupir.
 - Enjuagar con agua durante 10 segundos, escupir y
 - Repetir enjuagando con agua 10 segundos y escupir.

Prueba 2. A continuación de una serie de atributos aromáticos, del sabor y táctiles

- hay que elegir los que encuentra en cada muestra y en dicho caso evaluar su intensidad.
- Luego marque cero en aquellos no elegidos.
- La escala de intensidad: Ausencia (0) a Muy fuerte (10)

Después de la evaluación en boca escupir el vino y enjuagar con pectina siguiendo el protocolo arriba mencionado.

Prueba 3. Valoración global y calidad

- Escala de valor: Nulo o Inexistente (0) a muy bueno (10)
- Escupir el vino
 - Aclara la boca con agua, escupir
 - Enjuagar con la solución de pectina durante 10 segundos y escupir.
 - Enjuagar con agua durante 10 segundos, escupir y
 - Repetir enjuagando con agua 10 segundos y escupir.
- Al finalizar el proceso de evaluación de cada vino descansar 2 minutos antes de continuar.

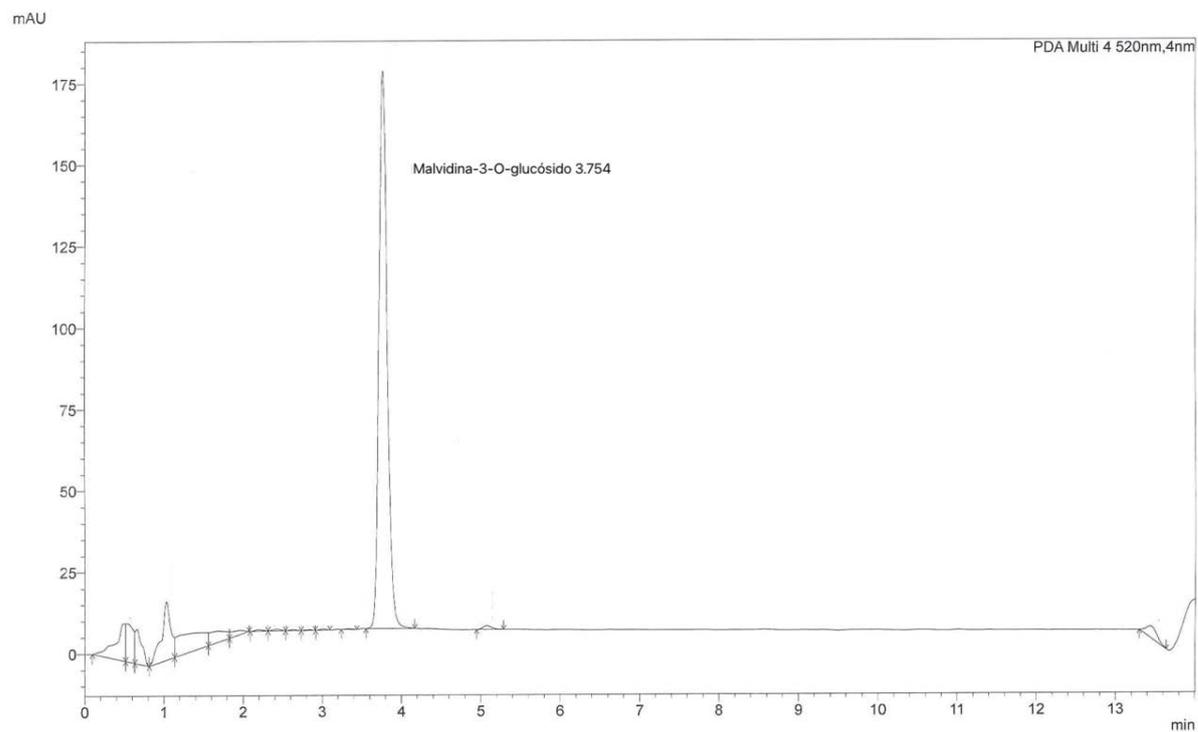
Anexo III. Resultados de descripción sensorial mediante método RATA (n=27) y los resultados de MANOVA (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$).

	V994	V945	V733	V821	V217	V124	V208	F	<i>p</i>	
Aroma	Fruta roja/negra***	2.89	3.07	4.30	3.44	4.07	5.81	2.30	4.276	0.000
	Floral***	0.56	1.19	1.15	0.85	1.26	2.93	0.26	5.092	0.000
	Vegetal*	1.41	3.30	1.33	2.11	2.52	1.70	1.33	2.368	0.032
	Madera***	3.96	3.41	4.48	4.89	2.67	1.48	4.33	6.069	0.000
	Especias*	3.74	4.19	3.81	3.96	3.07	1.93	3.30	2.528	0.022
	Café**	2.19	1.37	3.26	1.59	1.37	1.00	1.81	3.009	0.008
	Tostado**	3.52	2.85	4.26	3.52	2.48	1.70	3.59	2.978	0.008
	Animal***	1.78	1.63	0.74	0.78	0.59	0.11	3.33	6.977	0.000
	Cuero***	1.59	1.63	1.52	1.41	0.78	0.15	3.67	7.182	0.000
	Sotobosque	2.04	1.70	2.19	1.56	1.85	1.93	1.63	0.241	0.962
	Fruta fresca***	0.70	0.74	1.74	1.11	2.07	4.30	0.59	9.171	0.000
	Fruta pasa*	3.26	3.48	2.70	2.59	2.52	1.52	4.15	2.455	0.026
	Evolucionado***	3.48	3.44	1.22	2.30	1.96	0.30	4.56	8.619	0.000
	Sabor	Dulce	3.27	3.15	2.88	3.07	2.81	4.44	2.93	1.307
Ácido*		4.96	4.04	3.88	4.78	4.30	3.78	5.37	2.177	0.047
Amargo		3.85	4.48	4.54	3.44	4.19	2.74	3.81	1.613	0.146
Sensación táctil en boca	Tanino verde	1.33	2.30	2.73	2.48	2.07	2.26	1.59	0.876	0.514
	Tanino duro*	3.52	3.81	3.81	2.37	3.22	1.70	2.67	2.146	0.050
	Secante**	4.22	5.22	5.31	4.04	4.22	3.07	2.89	3.271	0.004
	Pegajoso	1.48	1.52	1.50	0.85	1.19	0.78	1.07	0.609	0.732
	Polvoriento	0.89	0.96	0.85	0.89	1.33	0.48	1.78	1.165	0.327
	Granuloso	0.56	1.74	1.12	1.00	1.00	0.70	1.33	1.133	0.345
	Arenoso	0.63	0.70	0.81	0.48	1.00	0.30	0.78	0.552	0.768
	Rugoso	1.41	2.26	1.38	1.67	1.41	1.19	1.11	0.712	0.640
	Untuoso	2.07	1.67	1.69	1.81	1.30	2.52	1.93	0.688	0.660
	Graso	1.81	1.19	2.04	1.56	2.00	2.41	2.04	0.765	0.598
	Carnoso	2.19	1.96	2.73	2.33	2.63	2.37	2.07	0.296	0.938
	Envolvente	2.74	2.63	2.54	2.26	2.67	3.04	2.15	0.304	0.934
	Sedoso	1.41	0.89	1.27	1.78	1.48	2.04	1.59	0.767	0.596
	Gomoso	0.37	0.56	0.54	0.67	0.26	0.70	0.22	0.627	0.709
	Acuoso	0.44	0.67	0.62	0.85	0.41	0.85	1.00	0.568	0.755
	Ardiente	2.67	2.11	3.04	2.96	2.56	1.59	3.37	1.400	0.217
	Picante**	1.44	0.89	0.35	1.30	0.89	0.41	2.19	2.953	0.009
	Punzante*	1.85	0.41	0.23	0.59	0.89	0.67	1.33	2.560	0.021
	Persistente	5.52	5.19	5.00	4.89	5.78	4.96	5.00	0.410	0.878

Anexo IV. Identificación de los antocianos en UHPLC-DAD-ESI/APCI-MS/MS. Tiempo de retención (tR), ión molecular [M-H]⁻, ión de fragmentación y longitud de onda.

Compuesto	tR (min)	[M-H] ⁺ (m/z)	Fragmentos iones (m/z)	λ (nm)
Antocianidín-3-glucósido no acilados				
Delfinidín-3- <i>O</i> -glucósido	2.23	465	303	520
Cianidín-3- <i>O</i> -glucósido	2.70	449	287	520
Petunidín-3- <i>O</i> -glucósido	3.00	479	317	520
Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido	3.52	463	301	520
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido	3.75	493	331	520
Piranoantocianos				
Delfinidín-3- <i>O</i> -glucósido-acetaldehído	1.33	489	327	520
Peonidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato	3.94	531	369	520
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido piruvato	4.10	561	399	520
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido-acetaldehído	4.26	517	355	520
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido piruvato	4.39	603	399	520
Malvidín-3- <i>O</i> -glucósido-4-vinifenol	7.07	609	447	520
Antocianidín-3-glucósidos acilados (acetilados y cumarilados)				
Cianidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	4.54	491	287	520
Petunidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	4.70	521	317	520
Delfinidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	5.16	611	303	520
Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	5.29	505	301	520
Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> -acetil)-glucósido	5.53	535	331	520
Cianidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	5.71	595	287	520
Petunidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	6.00	625	317	520
Peonidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido/ Malvidín-3- <i>O</i> -(6- <i>O</i> - <i>p</i> -cumaril)-glucósido	6.56	609/639	301/331	520

Anexo V. Cromatograma de la solución estándar de malvidina-3-O-glucósido (50 mg/L) detectado a 520 nm mediante UHPLC-DAD.



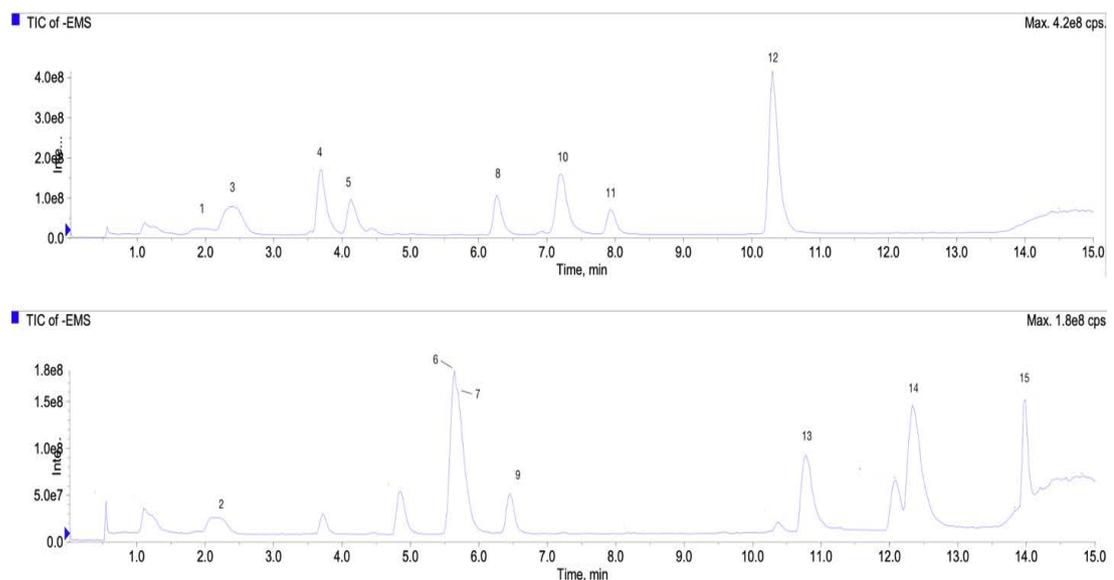
Anexo VI. Identificación de los ácidos y derivados, flavanoles y flavonoles en UHPLC-DAD-ESI/APCI-MS/MS. Tiempo de retención (tR), ión molecular [M-H]⁻, ion de fragmentación y longitud de onda (λ).

Compuesto	Pico	tR (min)	[M-H] ⁻ (m/z)	Fragmentos iones (m/z)	λ (nm)
Ácidos y derivados					
Ácido <i>cis</i> -aconítico	1	1.91	173	129, 85	315
Ácido <i>trans</i> -aconítico	2	2.14	173	129, 85	315
Ácido gálico	3	2.39	169	125	315
Ácido protocatéquico	4	3.71	153	109	315
Ácido homoprotocatéquico	5	4.14	167	-	315
Ácido vainílico	6	5.60	167	152	315
Ácido <i>cis</i> -cafeico	7	5.67	179	135, 161	315
Ácido siríngico	8	6.27	197	182, 167	315
Ácido <i>trans</i> -cafeico	9	6.47	179	135, 161	315
Ácido <i>cis-p</i> -cumárico	10	7.20	163	119	315
Ácido <i>trans-p</i> -cumárico	11	7.39	163	119	315
Éster etílico del ácido protocatéquico	12	10.31	181	153, 109	315
Éster etílico del ácido cafeico	14	12.35	207	179,161,135	315
Éster etílico del ácido ferúlico	15	13.99	221	178	315
Resveratrol	13	10.82	227	143	315
Flavanoles					
(-) Galocatequina	1	3.70	305	-	280
Procianidina B1	2	4.64	577	289	280
(-)Epigalocatequina	3	4.68	305	203	280
Procianidina B3	4	4.84	577	289	280
(+)-Catequina	5	5.13	289	203, 245	280
Procianidina B2	6	6.23	577	451, 289	280
(-)Epicatequina	7	6.74	289	203, 245	280
(-)Epigalocatequín-3-galato	8	6.76	457	305	280
(-)Galocatequín-3-galato	9	7.29	457	-	280
Procianidina C1	10	7.35	865	289	280
Procianidina A1	11	8.06	577	-	280
(-)Epicatequín-3-galato	12	8.99	441	289	280
(+)-Catequín-3-galato	13	9.24	441	289	280
Procianidina A2	14	9.40	575	289	280

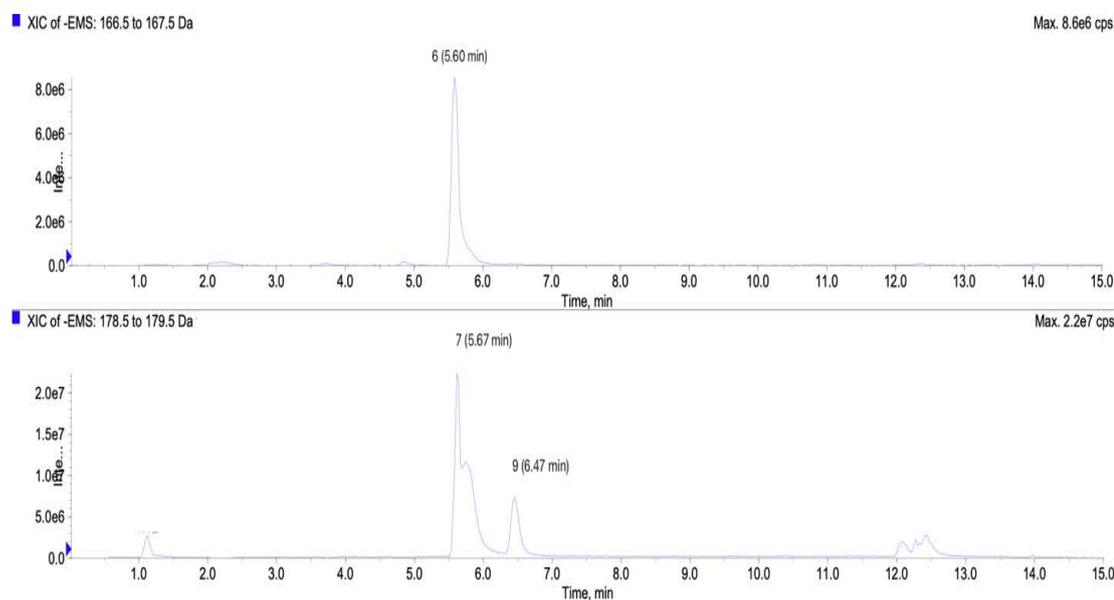
Anexo VI. Continúa.

Compuesto	Pico	tR (min)	[M-H]- (m/z)	Fragmentos iones (m/z)	λ (nm)
Flavonoles					
Quercetín-3- <i>O</i> -galactósido	1	8.97	463	300	365
Quercetín-3- <i>O</i> -rutinósido	2	9.02	609	300	365
Quercetín-3- <i>O</i> -glucurónido	3	9.18	477	301	365
Quercetín-3- <i>O</i> -glucósido	4	9.26	463	301	365
Kaempferol-3- <i>O</i> -glucósido	5	10.03	447	287	365
Siringetín-3- <i>O</i> -glucósido	7	10.10	507	347	365
Isorhamnetin-3- <i>O</i> -glucosido	6	10.24	477	315	365
Siringetín-3- <i>O</i> -galactósido	8	10.25	507	347	365
Miricetina	9	10.31	317	151	365
Quercetina	10	11.83	301	151	365
Kaempferol	11	13.26	285	257	365
Isorhamnetina	12	13.58	315	107	365

Anexo VII. (A) Cromatograma de las soluciones estándares de los **ácidos y derivados** (30 mg/L) mediante UHPLC-ESI/APCI-MS/MS. La asignación de picos correspondiente a los números de picos mostrados en Tabla Anexo I-2. (B) Cromatograma de iones extraídos (XIC) del escaneo mejorado de MS (EMS) utilizando un rango de 166.5 a 167.5 Da para el pico 6 y otro rango de 178.5 a 179.5 Da para el pico 7.

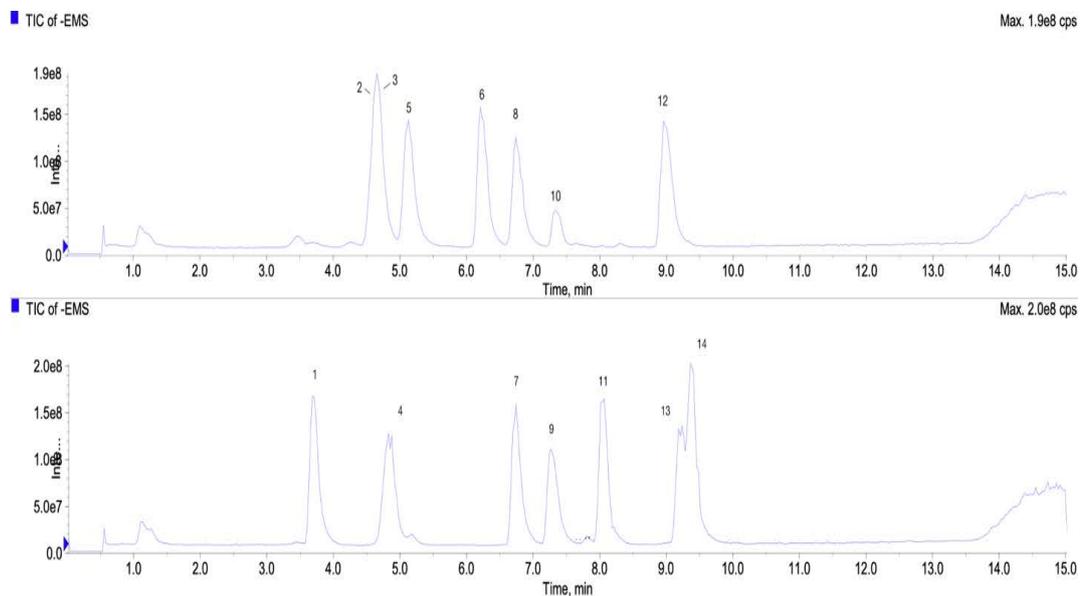


(A)

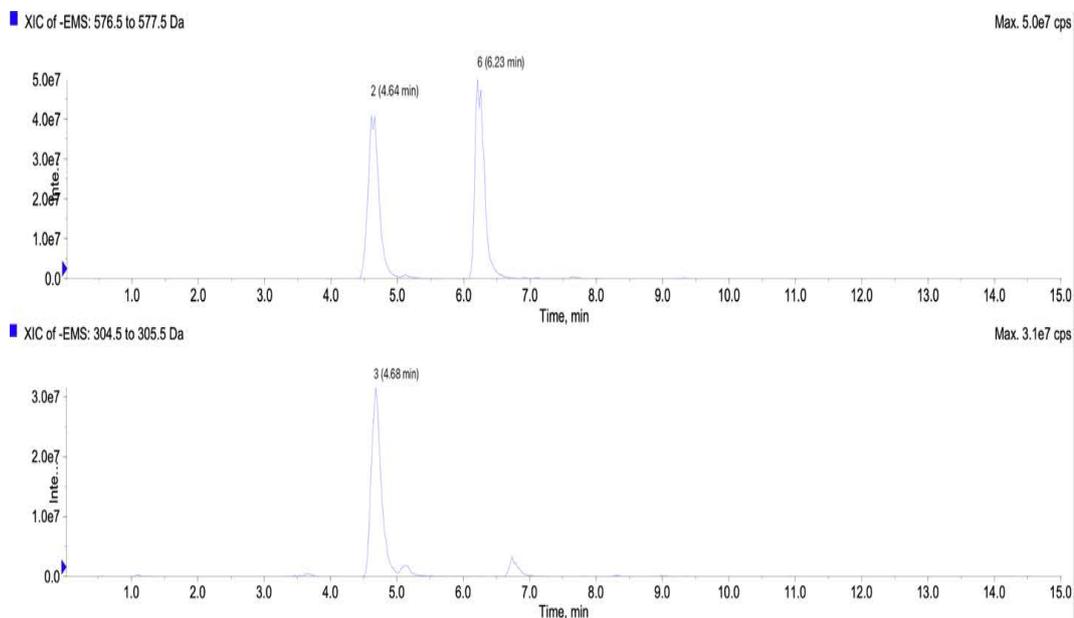


(B)

Anexo VIII. (A) Cromatograma de las soluciones estándares de los **flavanoles** (30 mg/L) mediante UHPLC-ESI/APCI-MS/MS. La asignación de picos correspondiente a los números de picos mostrados en Tabla Anexo I-2. (B) Cromatograma de iones extraídos (XIC) del escaneo mejorado de MS (EMS) utilizando un rango de 576.5 a 577.5 Da para el pico 2 y otro rango de 304.5 a 305.5 Da para el pico 3.

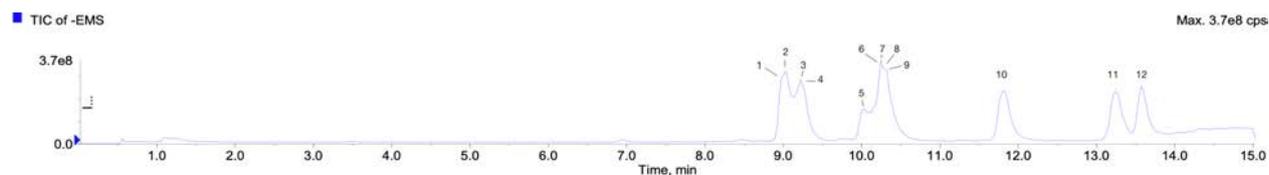


(A)

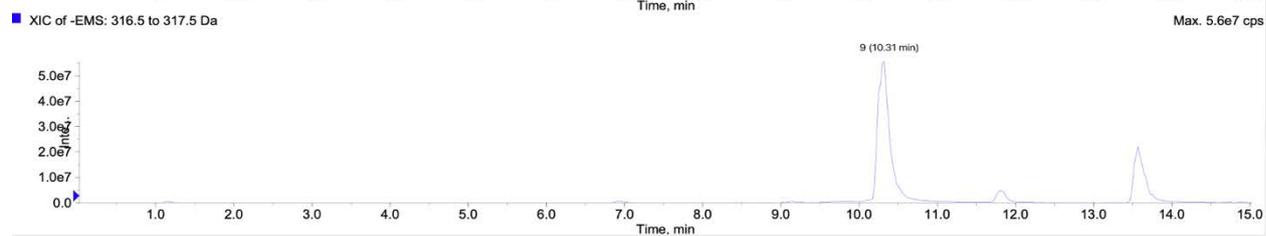
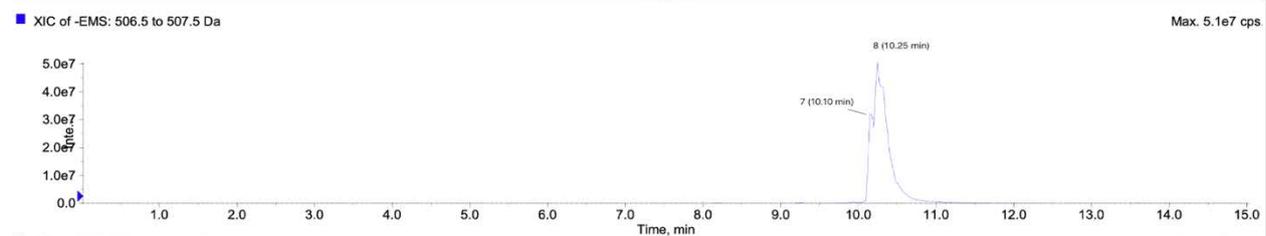
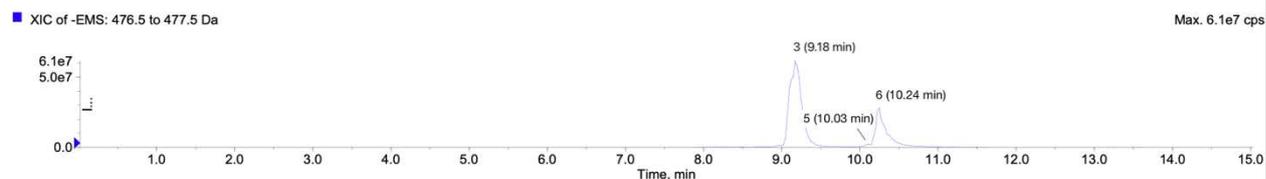
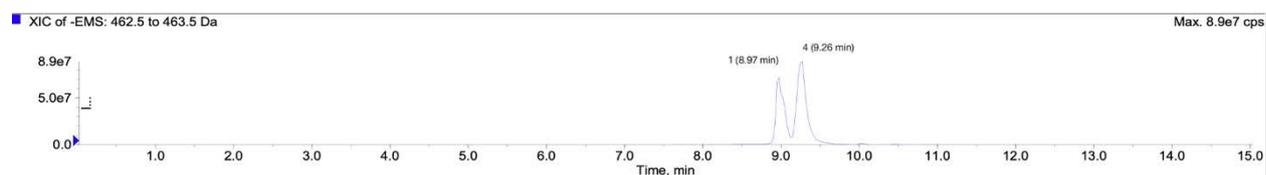


(B)

Anexo IX. (A) Cromatograma de las soluciones estándares de los **flavonoles** (25 mg/L) mediante UHPLC-ESI/APCI-MS/MS. La asignación de picos correspondiente a los números de picos mostrados en Tabla Anexo I-2. (B) Cromatograma de iones extraídos (XIC) del escaneo mejorado de MS (EMS) utilizando el rango de 462.5 a 463.5 Da para los picos 1 y 4, el rango de 476.5 a 477.5 Da para los picos 3, 5 y 6, el rango 506.5 a 507.5 Da para los picos 7 y 8, el rango 316.5 a 317.5 Da para el pico 9.



(A)



(B)

Anexo X (1 de 2). Datos de calibración del método de UHPLC-DAD-ESI/APCI-MS/MS para los ácidos derivados, flavanoles y flavonoles. Rango de la curva de calibración, límite de detección (LOD), límite de cuantificación (LOQ) y coeficiente de correlación de la curva de calibración (R^2).

Compuesto	Rango (mg/L)	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)	R2
Ácidos y derivados				
Ácido <i>cis</i> -aconítico	0.1 - 10	0.18	0.54	0.995
Ácido <i>trans</i> -aconítico	0.1 - 10	0.79	2.41	0.998
Ácido gálico	5.0 - 70	3.02	9.17	0.999
Ácido protocatéquico	0.1 -1.0	0.03	0.11	0.999
Ácido homoprotocatéquico	0.1 -5.0	0.14	0.42	0.997
Ácido vainílico	0.1-10	0.76	2.32	0.997
Ácido <i>cis</i> -cafeico	0.1-10	0.09	0.28	0.990
Ácido siringico	0.1 - 5.0	0.17	0.52	0.998
Ácido <i>trans</i> -cafeico	0.1 - 5.0	0.26	0.79	0.997
Ácido <i>cis-p</i> -cumárico	0.1 - 10	0.19	0.59	0.990
Ácido <i>trans-p</i> -cumárico	0.1 - 1.0	0.24	0.74	0.953
Éster etílico del ácido protocatéquico	0.1 - 1.0	0.05	0.16	0.995
Éster etílico del ácido cafeico	0.1 - 0.5	0.03	0.11	0.999
Éster etílico del ácido ferúlico	0.1 - 1.0	0.13	0.39	0.992
Resveratrol	0.1-5.0	0.26	0.80	0.981
Flavonoles				
(-) Galocatequina	0.1 - 5.0	0.13	0.39	0.999
Procianidina B1	0.1 - 10.0	0.10	0.32	0.999
(-)-Epigalocatequina	0.1 - 5.0	0.19	0.57	0.999
Procianidina B3	0.1 - 30.0	0.30	0.92	0.999
(+)-Catequina	0.1 - 5.0	0.13	0.40	0.996
Procianidina B2	0.1 - 5.0	0.08	0.26	0.998
(-)-Epicatequina	0.1 - 5.0	0.03	0.11	0.999
(-)-Epigalocatequín-3-galato	0.1 - 5.0	0.56	1.69	0.993
(-)-Galocatequín-3-galato	0.1 - 1.0	0.07	0.22	0.999
Procianidina C1	0.1 - 5.0	0.02	0.07	1.000
Procianidina A1	0.1 - 1.0	0.13	0.42	0.995
(-)-Epicatequín-3-galato	0.1 - 1.0	0.10	0.30	0.997
(+)-Catequín-3-galato	0.1 - 1.0	0.06	0.17	0.999
Procianidina A2	0.1 - 1.0	0.03	0.10	0.999

Anexo X (2 de 2). Continúa.

Compuesto	Rango (mg/L)	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)	R2
Flavonoles				
Quercetín-3-O-galactósido	0.1 - 10	0.02	0.07	0.996
Quercetín-3-O-rutinósido	0.1 - 1.0	0.01	0.04	0.985
Quercetín-3-O-glucurónido	0.1 - 25	1.55	4.72	0.999
Quercetín-3-O-glucopiranosido	0.1 - 2.0	0.17	0.52	0.996
Kaempferol-3-O-glucósido	0.1 - 5.0	0.01	0.02	0.999
Siringetín-3-O-glucósido	0.1 - 3.0	0.03	0.10	0.999
Isorhamnetin-3-O-glucosido	0.1 - 1.0	0.20	0.63	0.999
Siringetín-3-O-galactósido	0.1 - 2.0	0.10	0.31	0.999
Miricetina	0.1 - 2.0	0.20	0.61	0.997
Quercetina	0.1 - 1.0	0.13	0.39	0.996
Kaempferol	0.1 - 1.0	0.16	0.51	0.985
Isorhamnetina	0.1 - 0.5	0.01	0.02	0.999

Anexo XI (1 de 4). Umbral de percepción de los compuestos químicos, atributo asociado, cálculo de los valores DoT (dose-over-threshold) y referencia.

Compuesto/parámetro	Percepción sensorial	Umbral sensorial (g/L)	DoT	Referencia
Parámetros enológicos				
Alcohol	Cuerpo, lleno, densidad	-	-	[1, 2]
	picante/viscosidad			
pH	Ácido	-	-	[3]
Ácido tartárico (AT)	Ácido	0.04	115.75	[4]
Ácido acético	Ácido	0.12	4.17	[4]
Ácido málico	Ácido	0.49	0.02	[4]
Ácido láctico	Ácido	1.39	1.36	[4]
Fructosa/Glucosa (AR)	Dulce	1.84/3.24	1.25/0.71	[4]
IPT	Astringencia y persistente	-	-	[5]
	Astringencia, aspereza (rugoso), secante	-	-	[6]
Proantocianidinas				
PPAs	Astringencia y amargor	-	-	[7]
PAs (%)	Amargor	-	-	[8]
TPAs	Astringencia	0.012	70.83	[9]
Antocianos				
	Amargor, Astringencia	-	-	[10,11,12]

Notas: AT: acidez total. AR: azúcares reductores. PPAs: proantocianidinas precipitables con proteína. PAs: proantocianidinas unidas a polisacáridos. TPAs: proantocianidinas totales. Factor DoT (Dosis por encima del umbral) se calcula como la ratio de la concentración media de los vinos y el umbral de percepción. -: no disponible. Los umbrales sensoriales citados han sido tomados de las publicaciones: [1] Gawel et al., 2007; [2] Nurgel & Pickering, 2005; [3] Blackman et al., 2010; [4] Hufnagel & Hofmann, 2008b; [5] Sáenz-Navajas et al., 2012; [6] Jones et al., 2008; [7] Gonzalo-Diago et al., 2013; [8] Gonzalez-Hernandez, 2016; [9] Rossi & Singleton, 1966; [10] Guerreiro et al., 2022; [11] Peleg et al., 1999; [12] Soares et al., 2016.

Anexo XI (2 de 4). Continúa.

Compuesto	Percepción sensorial	Umbral sensorial (g/L)	DoT	Referencia
Ácidos y derivados				
Ácido <i>cis</i> -aconítico	^a Astringencia/Acidez	0.1/87	44.10/0.05	[13]
Ácido <i>trans</i> -aconítico	^a Astringencia/Acidez	0.1/87	103.60/0.05	[13]
Ácido gálico	^a Astringencia	50	1.06	[13]
Ácido protocatéquico	^a Astringencia	32	0.01	[13]
Ácido homoprotocatequico	-	-	-	-
Ácido vainílico	^a Astringencia	53	0.10	[13]
Ácido <i>cis</i> -cafeico	^a Astringencia	13	0.42	[13]
Ácido siríngico	Astringencia	52	0.02	[13]
Ácido <i>trans</i> -cafeico	^a Astringencia	13	0.07	[13]
Ácido <i>cis-p</i> -cumárico	^a Astringencia	23	0.14	[13]
Ácido <i>trans-p</i> -cumárico	^a Astringencia	23	0.02	[13]
Éster etílico de ácido protocatéquico	Astringencia/Amargor	9/182	0.02/0.00	[13]
Éster etílico de ácido cafeico	Astringencia/Amargor	58/229	0.00/0.00	[13]
Éster etílico del ácido ferúlico	Astringencia/Amargor	15/158	0.02/0.00	[13]
Resveratrol	Amargor	47	0.02	[14]

Notas: ^a Compuestos con astringencia punzante (puckering) (Hufnagel & Hofmann, 2008a). Factor DoT (Dosis por encima del umbral) se calcula como la ratio de la concentración media de los vinos y el umbral de percepción. -: no disponible. Los umbrales sensoriales citados han sido tomados de las publicaciones: [13] Hufnagel & Hofmann, 2008a; [14] Koga et al., 2015.

Anexo XI (3 de 4). Continúa.

Compuesto	Percepción sensorial	Umbral sensorial (g/L)	DoT	Referencia
Flavanoles				
(-) Galocatequina	^b Astringencia	165	0.00	[15]
Procianidina B1	Astringencia/Amargor	139/231	0.06/0.03	[13]
(-)-Epigalocatequina	^b Astringencia	159	0.00	[15]
Procianidina B3	Astringencia/Amargor	116/289	0.07/0.03	[13]
(+)-Catequina	^b Astringencia/Amargor	119/290	0.02/0.01	[13]
Procianidina B2	Astringencia/Amargor	110/280	0.02/0.01	[13]
(-)-Epicatequina	^b Astringencia/Amargor	270	0.01	[15]
(-)-Epigalocatequín-3-galato	^b Astringencia	87	0.01	[15]
Galocatequín-3-galato	^b Astringencia	-	-	-
Procianidina C1	Astringencia/Amargor	260/347	0.00/0.00	[13]
Procianidina A1	-	-	-	-
(-)-Epicatequín-3-galato	^b Astringencia	115	0.00	[15]

Notas: ^b Compuestos con astringencia punzante (puckering) y aspera (rough) (Scharbert et al., 2005). Factor DoT (Dosis por encima del umbral) se calcula como la ratio de la concentración media de los vinos y el umbral de percepción. -: no disponible. Los umbrales sensoriales citados han sido tomados de las publicaciones: [13] Hufnagel & Hofmann, 2008a; [15] Scharbert et al., 2004.

Anexo XI (4 de 4). Continúa.

Compuesto	Percepción sensorial	Umbral sensorial (g/L)	DoT	Referencia
Flavonoles				
Quercetina-3- <i>O</i> -galactósido	^c Astringencia	0.2	4.50	[13]
Quercetina-3- <i>O</i> -glucurónido	^c Astringencia	1.0	9.37	[13]
Quercetina-3- <i>O</i> -glucósido	^c Astringencia	0.3	1.53	[15]
Kaempferol-3- <i>O</i> -glucósido	^c Astringencia	0.3	8.93	[16]
Siringetina-3- <i>O</i> -glucósido	^c Astringencia	0.1	10.20	[13]
Siringetina-3- <i>O</i> -galactósido	-	-	-	-
Miricetina	Astringencia/Amargor	10/10	0.02/0.02	[17]
Quercetina	Astringencia y Amargor	10/10	0.07/0.07	[17]
Isorhamnetina	-	-	-	-

Notas: ^c Los Flavon-3-glucósidos se han descrito como aterciopelados, astringencia sedosa y envolventes (Scharbert y Hofmann 2004). Factor DoT (Dosis por encima del umbral) se calcula como la ratio de la concentración media de los vinos y el umbral de percepción. -: no disponible. Los umbrales sensoriales citados han sido tomados de las publicaciones: [13] Hufnagel & Hofmann, 2008a; [15] Scharbert et al., 2004; [16] Scharbert & Hofmann, 2005; [17] Dadic & Belleau, 1973.

