



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS
DEL CENTRO DE LA REPÚBLICA
(PROPAC)**

**Evaluación de la calidad de vinos obtenidos con levaduras
nativas seleccionadas en viñedos de Querétaro**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Presenta:

Q.A. María del Socorro Chávaro Ortiz

Dirigida por:

Dr. RAMÓN ÁLVAR MARTÍNEZ PENICHE

Querétaro, Qro. México, diciembre de 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE QUÍMICA
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Evaluación de la calidad de vinos obtenidos con levaduras
nativas seleccionadas en viñedos de Querétaro

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Presenta:

Q.A. María del Socorro Chávaro Ortiz

Dirigido por:

Dr. RAMÓN ÁLVAR MARTÍNEZ PENICHE

SINODALES

Dr. Ramón Álar Martínez Peniche
Presidente

Dra. Sofía María Arvizu Medrano
Secretario

Dra. Montserrat Nadal Roquet-Jalmar

Dr. Juan Ramiro Pacheco Aguilar
Suplente

M. en C. Rocío Aurora Sandoval Chávez
Suplente

M.S.P. Sergio Pacheco Hernández
Director de la Facultad de Química

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

RESUMEN

El estado de Querétaro cuenta con 300 ha establecidas de viñedos, sin embargo, el crecimiento de la industria vitivinícola regional se ha visto limitado debido, entre otros, a la falta de identidad de sus vinos y a las condiciones climáticas desfavorables que propician un desbalance en el contenido de azúcares y acidez en el fruto, lo que dificulta la obtención de vinos de buena calidad. Entre las alternativas de solución se encuentra la utilización de cepas de levaduras nativas que propicien la obtención de vinos de calidad y con mayor grado de tipicidad. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características físicas, químicas y sensoriales de vinos obtenidos con levaduras enológicas seleccionadas en Querétaro, México. Se utilizaron dos cepas de levaduras: N-5 (*Saccharomyces cerevisiae*) y NB-39 (*Hanseniaspora uvarum*) y los vinos fueron elaborados con mostos de las variedades ‘Chardonnay’ (blanco) y ‘Merlot’ y ‘Syrah’ (tintos). En todos los casos se lograron fermentaciones completas con densidades menores a 1.0 g/ml. En los vinos de ‘Chardonnay’ sólo hubo diferencias en la intensidad colorante, la cual se incrementó en presencia de NB-39 (1.05 vs. 0.95 en su ausencia). Con respecto a los vinos tintos se observa un mayor pH en la variedad ‘Syrah’ que en ‘Merlot’ (3.66 vs. 3.52, respectivamente) y una mayor acidez volátil (0.23 vs. 0.21 g/l de ác. acético, respectivamente). El mayor grado alcohólico se obtuvo con la cepa testigo K-1 (*Saccharomyces cerevisiae*) (11.23 vs. 11.05 °GL con N-5) y con el cultivar ‘Syrah’ (11.32 vs. 10.96 °GL en ‘Merlot’). La variedad ‘Merlot’ mostró el mayor contenido de glicerol (3.49 vs. 3.34 g/l en ‘Syrah’). La intensidad colorante resultó mayor con el empleo de K-1 (12.33 vs. 11.77 con N-5), en ausencia de NB-39 (12.48 vs. 11.63 en su presencia) y en el cultivar ‘Merlot’ (12.93 vs. 11.17 en ‘Syrah’). Respecto a los análisis sensoriales, en la prueba hedónica no estructurada de vinos blancos, el testigo comercial fue mejor calificado en el aspecto general que los tratamientos con levaduras (7.3 vs. 4.0 a 5.5, respectivamente en una escala de 0 a 10) y fue preferido por los jueces en la prueba de Kramer. Con respecto a los vinos tintos, en el aspecto general no se observaron diferencias entre ninguno de los tratamientos con levaduras y el testigo (5.3 a 5.5 en ‘Merlot’ y 5.1 a 5.6 en ‘Syrah’ vs. 5.5 en el testigo en ambas variedades), aunque en la prueba de Kramer los vinos de la variedad ‘Merlot’ obtenidos con la combinación de las cepas nativas N-5 y NB-39 fueron preferidos en los aspectos gustativo y general. Se concluye que el empleo de las cepas nativas seleccionadas N-5 y NB-39 es factible tanto en vinos blancos como tintos por su capacidad de dar vinos comparables a aquellos obtenidos con una cepa comercial.

Palabras clave: Levaduras nativas seleccionadas, *Saccharomyces cerevisiae*, No-*Saccharomyces*, producción de vino, tipicidad.

SUMMARY

Queretaro state in México counts on 300 ha of established vineyards, nevertheless, growth of regional wine industry has been stopped due to a lack of identity of its wines and to no favorable climatic conditions causing an imbalance in sugar and acidity contents of fruits which makes difficult the production of quality wines. An alternative could be the utilization of native yeast strains promoting the elaboration of quality wines with a higher degree of tipicity. The aim of this study was to evaluate the physical, chemical and sensory characteristics of wine obtained with enological yeast selected in Queretaro, México. Two yeast strains: N-5 (*Saccharomyces cerevisiae*) and NB-39 (*Hanseniaspora uvarum*) were used and wines were elaborated with musts from 'Chardonnay' (white wine) and 'Merlot' and 'Syrah' (red wines). Complete fermentations were achieved in every case with densities lower than 1.0 g/ml. In wines from 'Chardonnay' only differences in color intensity were obtained, which increased in presence of NB-39 (1.05 vs. 0.95 in its absence). Concerning red wines, a higher pH was obtained in 'Syrah' than in 'Merlot' (3.66 vs. 3.52, respectively) as well as a higher volatile acidity (0.23 vs. 0.21 g/l acetic acid, respectively). The highest alcoholic degree was obtained with the *S. cerevisiae* control strain K-1 (11.23 vs. 11.05 °GL with N-5) and with cultivar 'Syrah' (11.32 vs. 10.96 °GL in 'Merlot'). 'Merlot' variety showed the highest glycerol content (3.49 vs. 3.34 g/l in 'Syrah'). Color intensity was higher when K-1 was employed (12.33 vs. 11.77 with N-5), in absence of NB-39 (12.48 vs. 11.63 with NB-39 present) and in the cultivar 'Merlot' (12.93 vs. 11.17 in 'Syrah'). With reference to sensory evaluations, in the non structured hedonic test concerning Chardonnay wines, commercial control wine obtained the highest qualification in the general aspect as compared with all the wines from yeast treatments (7.3 vs. 4.0 to 5.5, respectively in a 0-10 scale) and was also preferred by the jury in the Kramer test. Regarding red wines, no differences between yeast treatments and control were observed in the evaluation of the general aspect of wines (5.3 to 5.5 in 'Merlot' and 5.1 to 5.6 in 'Syrah' vs. 5.5 obtained by the control in both varieties), but in the Kramer test, 'Merlot' wines obtained with the combination of the native strains N-5 and NB-39 were preferred in the taste and in general aspects. We conclude that the utilization of the native selected yeast strains N-5 y NB-39 leads the production of red and white wines which are comparable to those obtained with commercial strains.

Palabras clave: Native selected yeasts, *Saccharomyces cerevisiae*, *No-Saccharomyces*, wine production, tipicity.

*A los migrantes obligados de todas las naciones, víctimas de la
ambición desmedida de unos cuantos, e importante soporte de
quienes hemos tenido la suerte de acceder a una vida digna*

Porque más temprano que tarde reciban merecida justicia

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico asignado para mi formación en el marco del Programa de Posgrado de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, así como para la realización de una estancia de investigación a través del programa de Becas Mixtas.

Al Laboratorio de Fermentaciones y Fisiología de Frutas y Hortalizas, mi segundo hogar al cual guardaré siempre en la memoria y en el corazón.

A la Facultad de Química por las facilidades prestadas para la correcta conducción y conclusión de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, mi *Alma Mater*, por ser para mí un espacio siempre abierto para la formación académica y el crecimiento personal, por ser aún una bocanada de aire en momentos en que la educación pública es tan atacada en este país.

A la Universitat Rovira i Virgili por recibirme en sus instalaciones y brindarme la oportunidad de trabajar en los laboratorios y viñedos de su Facultad de Enología.

A mi mentor, el Dr. Ramón Álar Martínez Peniche, por su grandiosa amistad, por su empeño en mi crecimiento profesional y personal, por su inmerecida voluntad y su enorme paciencia, por su sabiduría, por su solidaridad, por su nobleza y por su exigencia, le guardaré siempre cariño, admiración y agradecimiento.

A la Dra. Sofía María Arvizu Medrano por su bella amistad, su voluntad, sus consejos, su eterna disponibilidad, su sencillez, por sus atinados comentarios a mi tesis, por el tiempo dedicado y por las muchas alegrías.

A la Dra. Montserrat Nadal Roquet-Jalmar por recibirme en su grupo de trabajo, por su constante e invaluable apoyo tanto en la estancia como en la tesis, por su paciencia ante mi obstinación, por todo el aprendizaje que compartió conmigo y por estar siempre sonriente.

Al Dr. Juan Ramiro Pacheco Aguilar por ser un gran amigo, por estar siempre disponible y con toda la voluntad del mundo, por su interés en mi trabajo de tesis sin esperar nada a cambio, por su empeño y profesionalismo como profesor y como investigador, por sus anécdotas y carcajadas y por todos los buenos momentos que hemos compartido.

A la M. en C. Rocío Aurora Sandoval Chávez por ser ante todo una gran amiga, por su compromiso como mi sinodal, por todo el tiempo y el trabajo dedicados, desde la revisión del protocolo hasta las tareas más engorrosas, por su honestidad y su franqueza, por ser una excelente compañera de trabajo, y por su sencillez y su ejemplo.

A la Dra. Montserrat Hernández Iturriaga por su invaluable amistad, sus grandes consejos, sus enseñanzas, por su amena plática, por su confianza, por su alegre risa y sus geniales comentarios.

A la Asociación de Vitivinicultores de Querétaro por su constante interés y apoyo en los estudios realizados en vitivinicultura desde nuestro laboratorio.

A la Escuela de Vino Artesanal por permitirme ser partícipe de su génesis y su crecimiento, no teniendo para mí más que buena voluntad y disposición en todo momento.

A la Vinícola San Patricio por su constante y desinteresado apoyo no sólo hacia mí sino hacia todos los alumnos de la UAQ que hemos trabajado en esta bella línea de investigación.

A Viñedos Azteca y a la Bodega Muñoz de Cote por la donación de uva para la ejecución de este estudio y por su permanente soporte y afecto a nuestro trabajo.

A los productores, trabajadores y amantes de la uva y del vino a quienes he tenido el enorme gusto de tratar y que en más de una ocasión me han mostrado su afecto y confianza, Arq. Antonino Sierra, Eduardo Martínez, Sr. Alberto Rodríguez, Alberto Rodríguez hijo, Demian Sandoval, Ing. Jorge Ferreira, Ing. Ignacio Calderón, Jesús Cardoso, Valentina Garza, Dr. Alfonso Vega, Ing. Alejandro Zendejas, Arq. Eusebio Goyeneche, Sra. Marilú Correa, Sr. Jaime López Urquiaga, Sr. Pablo de “El Barreno”, Sr. Luis de “El Rosario”.

A los fruticultores que, ya sea por la vid, por la manzana o por la nuez, he tenido el gusto de conocer, por su amistad, su confianza y su apoyo, Don Layo†, Sra. Brígida, Ing. Antero, Don Aarón, Doña Nico y Don Marce, Doña Tere, Sr. Adolfo y Sra. Elvia y, especialmente, a Doña Lupe y Don Rogelio por hacerme sentir parte de su familia.

A mis profesores de Licenciatura que frecuentemente me brindan palabras de afecto y aliento en mis estudios, Dra. Rosario Mejía, Mtro. Francisco Romero, Mtro. Alejandro Camacho, Mtra. Lupita Gallegos, Mtra. Laurita Luna.

Al personal administrativo actual y pasado de la Facultad de Química por siempre atender a mis solicitudes con toda voluntad, Mtra. Eustolia Muñoz, Lic. Mónica Dorantes, Mtro. Sergio Pacheco, Dra. Minerva Ramos, Carmelita, Laurita, Marigel, Marlene, Arlette, Normita, Sandy, Nathaly.

A las profesoras de las materias de Inocuidad Microbiana de los Alimentos, Bioquímica, Tecnología de Frutas y Hortalizas y Tecnología de Cereales pues gracias a su pasión y profesionalismo en la impartición de dichas materias, despertaron primero mi interés y después mi gusto por aprenderlas.

A mis compañeros de la maestría durante los cursos del primer semestre, me siento afortunada de formar parte de esta generación por el compañerismo y la buena actitud que siempre los caracterizó.

A mis amigos en España por su cálido recibimiento, por las experiencias compartidas y por todo el aprendizaje, Miriam Lampreave, Franco Vittorini, Anna Brull, Jenni, Miquel. De manera especial a Toni Sanchez y Sofía Lahoz por su hospitalidad a Coline Leriche y a Aída Marcotti por los maravillosos recuerdos, y a Lulusa, a Angie y a Marie, compañeras mexicanas en el extranjero, por sus detalles y compañía.

A mis compañeros de MORENA por compartir la esperanza y la lucha diaria en pos de un México libre, digno y soberano.

A mis amigos y compañeros de laboratorio, actuales y anteriores, por todo el apoyo brindado y los momentos compartidos, Boris, Sandy, Judith, Laurita, Johanna, Memo, Alex Carrasco, Marcos, Fátima, Sara, Jéssica, Mario.

A mis grandes amigos y compañeros desde la Licenciatura, Julio, Lalo, Lucy, Vane, Amy, Jefecín, Yadi, Aideelita, Almiux, gracias por tantísimos recuerdos, por toda la felicidad y la diversión, por la paciencia y la comprensión.

A mi familia con todo mi amor.

ÍNDICE GENERAL

	<i>Pág.</i>
RESUMEN.....	<i>i</i>
SUMMARY.....	<i>ii</i>
ÍNDICE GENERAL.....	<i>vii</i>
ÍNDICE DE CUADROS.....	<i>xi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>xiv</i>
ÍNDICE DE ANEXOS.....	<i>xvi</i>
I. INTRODUCCIÓN.....	<i>1</i>
II. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.....	<i>3</i>
2.1 Generalidades sobre la vid	
2.1.1 <i>Antecedentes históricos</i>	<i>3</i>
2.1.2 <i>Importancia del cultivo</i>	<i>4</i>
(Mundial, nacional, regional)	
2.1.3 <i>Botánica</i>	<i>4</i>
(Taxonomía y cepajes, anatomía, fisiología)	
2.1.4 <i>Factores que influyen en la calidad de la uva</i>	<i>13</i>
(Clima, suelo, cepaje, prácticas culturales)	
2.2 El vino	
2.2.1 <i>Definición e importancia</i>	<i>15</i>

	<i>Pág.</i>
2.2.2 Clasificación	15
<i>(Por el contenido de azúcar, por el color, por el contenido de gas carbónico)</i>	
2.2.3 La vinificación	16
<i>(Recolección y manejo de la vendimia, operaciones comunes a las diferentes vinificaciones, vinificación en tinto, vinificación en blanco, vinificación en rosado)</i>	
2.2.4 Estabilización del vino	24
2.2.5 Clarificación	25
2.2.6 Maduración y añejamiento	25
2.2.7 Calidad del vino	26
2.2.8 Análisis del vino	26
<i>(Análisis físicos y químicos, análisis sensorial)</i>	
2.3 La fermentación alcohólica	
2.3.1 Generalidades	28
2.3.2 Fenómenos que ocurren durante la fermentación	29
<i>(Fenómenos físicos, fenómenos químicos)</i>	
2.3.3 Factores que inciden en la fermentación alcohólica	32
2.4 La levadura	
2.4.1 Generalidades	33
2.4.2 Biología	33
<i>(Taxonomía, morfología, fisiología)</i>	
2.4.3 Levaduras enológicas	35
<i>(Generalidades, fuentes de levadura)</i>	
2.4.4 Selección de levaduras nativas en enología	37
<i>(Géneros de interés, criterios de selección, proceso de selección, antecedentes a nivel mundial, avances a nivel regional).</i>	
III. OBJETIVOS	41

	<i>Pág.</i>
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
4.1 Material biológico y sitio experimental	
<i>4.1.1 Localización del sitio experimental.....</i>	<i>42</i>
<i>4.1.2 Material biológico.....</i>	<i>42</i>
<i>(Uva, levaduras)</i>	
4.2 Ensayos de microvinificación	
<i>4.2.1 Multiplicación de las levaduras y preparación del pie de cuba.....</i>	<i>44</i>
<i>4.2.2 Vinificación en blanco.....</i>	<i>45</i>
<i>4.2.3 Vinificación en tinto.....</i>	<i>46</i>
4.3 Vinificaciones en bodegas	
<i>4.3.1 Bodega San Patricio.....</i>	<i>46</i>
<i>4.3.2 Escuela del vino artesanal.....</i>	<i>47</i>
4.4 Análisis de los vinos obtenidos	
<i>4.4.1 Físicos y químicos.....</i>	<i>47</i>
<i>(Densidad, potencial de hidrógeno, acidez total titulable, acidez volátil, grado alcohólico, contenido de glicerol, sustancias reductoras, características cromáticas).</i>	
<i>4.4.2 Análisis sensorial.....</i>	<i>49</i>
4.5 Métodos estadísticos	
<i>4.5.1 Diseño del experimento.....</i>	<i>50</i>
<i>(Vinificación en blanco, vinificación en tinto)</i>	
<i>4.5.2 Variables evaluadas.....</i>	<i>50</i>
<i>(Físicas y químicas, sensoriales)</i>	
4.6 Análisis estadístico.....	50

	<i>Pág.</i>
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
5.1 Microvinificaciones en laboratorio	
<i>5.1.1 Seguimiento de la fermentación.....</i>	<i>51</i>
5.1.2 Análisis físicos y químicos	
<i>Potencial de hidrógeno, acidez total titulable y acidez volátil.....</i>	<i>56</i>
<i>Grado alcohólico y contenido de glicerol.....</i>	<i>61</i>
<i>Sustancias reductoras.....</i>	<i>65</i>
<i>Características cromáticas.....</i>	<i>67</i>
5.1.3 Análisis sensorial	
<i>Vinos de ‘Chardonnay’</i>	<i>72</i>
<i>Vinos tintos.....</i>	<i>74</i>
5.2 Vinificaciones en bodega.....	77
VI. CONCLUSIONES.....	81
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
VIII. ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE CUADROS

	<i>Pág.</i>
2.1 Taxonomía de la vid.....	5
2.2 Composición química de la uva.....	10
2.3 Temperaturas de fermentación máximas, óptimas y mínimas en función del tipo de vinificación	29
2.4 Compuestos presentes en el mosto inicial y los productos a que dan origen en el vino	31
2.5 Taxonomía de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	33
2.6 Diversidad de formas en las levaduras y ejemplos de géneros y especies asociadas a cada morfología.....	34
2.7 Cepas de algunas levaduras <i>Saccharomyces</i> seleccionadas en Querétaro y sus características de interés enológico.....	39
2.8 Cepas de algunas levaduras no- <i>Saccharomyces</i> seleccionadas en Querétaro y sus características de interés enológico.....	40
4.1 Ubicación y localización geográfica de los viñedos en el presente estudio.....	42
4.2 Principales características de las cepas de levadura empleadas en el presente estudio.....	44
5.1 Valores de potencial de hidrógeno (pH), acidez total titulable (ATT) y acidez volátil (AV) de vinos de la variedad ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro.....	57
5.2 Valores de potencial de hidrógeno (pH), acidez total titulable (ATT) y acidez volátil (AV) de vinos tintos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro.	58
5.3 Significancia estadística y valor de “F” de las interacciones de primer y segundo orden para el potencial de hidrógeno (pH), la acidez total titulable (ATT) y la acidez volátil (AV) de vinos tintos.	59

	<i>Pág.</i>
5.4	Valores de acidez volátil para los diferentes tratamientos en vinos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro..... 60
5.5	Graduación alcohólica y contenido de glicerol en vinos de la variedad ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro.... 61
5.6	Graduación alcohólica y contenido de glicerol en vinos tintos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro..... 63
5.7	Significancia estadística y valor de “F” de las interacciones para el grado alcohólico y el contenido de glicerol en vinos tintos..... 65
5.8	Contenido de sustancias reductoras en vinos de la variedad ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro..... 65
5.9	Contenido de sustancias reductoras en vinos tintos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro..... 66
5.10	Significancia estadística y valores de “F” de las interacciones para sustancias reductoras en vinos tintos..... 66
5.11	Intensidad colorante de vinos de la variedad ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro..... 68
5.12	Características cromáticas vinos tintos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro..... 69
5.13	Significancia estadística y valores de “F” de las interacciones para las características cromáticas de vinos tintos..... 71
5.14	Resultados de la prueba hedónica de vinos de ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial..... 73
5.15	Resultados de la prueba de preferencia de vinos de ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial..... 74

	<i>Pág.</i>
5.16 Resultados de la prueba hedónica de vinos de ‘Merlot’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial.....	75
5.17 Resultados de la prueba de preferencia de vinos de ‘Merlot’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial.....	75
5.18 Resultados de la prueba hedónica de vinos de ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial.....	76
5.19 Resultados de la prueba de preferencia de vinos de ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial.....	76
5.20 Potencial de hidrógeno (pH), acidez total titulable (ATT), acidez volátil (AV), contenido de etanol (°GL) y contenido de glicerol de vinos tintos obtenidos a nivel comercial con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro.....	78
5.21 Sustancias reductoras (SR) y características cromáticas de vinos tintos obtenidos a nivel comercial con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Pág.</i>
2.1 Partes del racimo.....	7
2.2 Morfología de la baya.....	8
2.3 Distribución de los compuestos en la pulpa.....	10
2.4 Curva de crecimiento y maduración de la uva, principales cambios fisiológicos y acumulación de compuestos a lo largo del ciclo de formación y maduración de la baya.....	13
2.5 Clasificación de los vinos por su color en función de la uva utilizada y el tipo de vinificación.....	16
2.6 Actividad de diferentes microorganismos en función de la concentración de anhídrido sulfuroso.....	20
2.7 Evolución en la extracción de taninos y antocianos durante la maceración.....	21
2.8 Prácticas de remontado y bazuqueo durante la maceración.....	22
2.9 Evolución de la temperatura y la densidad durante el periodo de fermentación alcohólica en una fermentación normal y en una fermentación incompleta.....	30
2.10 Ciclo vital de la levadura.....	35
5.1 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Chardonnay’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de <i>S. cerevisiae</i> N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial).....	51
5.2 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Chardonnay’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de <i>S. cerevisiae</i> N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial) en presencia de la levadura no- <i>Saccharomyces</i> NB-39 (<i>H. uvarum</i>).....	52

	<i>Pág.</i>
5.3 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Merlot’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de <i>S. cerevisiae</i> N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial).....	53
5.4 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Merlot’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de <i>S. cerevisiae</i> N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial) en presencia de la levadura no- <i>Saccharomyces</i> NB-39 (<i>H. uvarum</i>).....	54
5.5 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Syrah’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de <i>S. cerevisiae</i> N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial).....	55
5.6 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Syrah’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de <i>S. cerevisiae</i> N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial) en presencia de la levadura no- <i>Saccharomyces</i> NB-39 (<i>H. uvarum</i>).....	55
5.7 Análisis gráfico del efecto de interacción entre el uso de la cepa no- <i>Saccharomyces</i> (NB-39) y la variedad de uva sobre la acidez volátil.....	60
5.8 Detalle de la coloración de vinos de “Chardonnay”.....	67
5.9 Análisis gráfico del efecto de la interacción entre la cepa de levadura <i>S. cerevisiae</i> y el empleo de la no- <i>Saccharomyces</i> (NB-39) sobre la intensidad colorante de vinos tintos.....	71
5.10 Análisis gráfico del efecto de la interacción entre el cepaje de vid y el empleo de la levadura no- <i>Saccharomyces</i> (NB-39) sobre la intensidad colorante de vinos tintos.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

	<i>Pág.</i>
I Tabla de conversión de densidad a grado alcohólico.....	97
II Reacción enzimática de la determinación de glicerol conforme a las especificaciones del paquete enzimático Enzytec® Glycerol (r-biopharm).....	98
III Fichas empleadas en los análisis sensoriales.....	99
IV Tablas de Kramer y ajuste utilizado para 36 jueces.....	101
V Reporte de estancia en la Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España.....	103

I. INTRODUCCIÓN

El vino es el alimento natural obtenido exclusivamente por la fermentación alcohólica parcial o total del mosto de uva, llevada a cabo por las levaduras (Unwin, 1996). Entre los factores que definen sus cualidades finales se pueden señalar el cepaje, el clima, el suelo, el proceso de vinificación y el tipo de levadura que lleva a cabo la fermentación (Van Leeuwen *et al.*, 2007).

Países como España, Francia, Italia y Alemania cuentan con una larga tradición vitivinícola y niveles de consumo superiores a 40 l al año por habitante, mientras que en México el consumo *per capita* en 2009 fue de sólo 500 ml (OIV, 2014a) equivalentes a 575 mil hl, de los cuales se importó más de 67%. Entre los estados productores más importantes en el país se encuentran Baja California, al norte, y Aguascalientes, Guanajuato y Querétaro, en el centro. Este último cuenta con 300 ha de viñedos ubicados en los municipios de Ezequiel Montes, Tequisquiapan, San Juan del Río y El Marqués destinados en su mayoría a la producción de vinos de mesa (AVQ, 2014).

Entre los principales factores que limitan el desarrollo de la industria vitivinícola en el estado se encuentran la falta de conocimiento en el manejo del cultivo, los procesos de vinificación poco controlados, los elevados costos de producción y la presencia de bajas temperaturas y lluvias durante la cosecha (AVQ, 2011).

Así, los vinos producidos en general no cubren con las expectativas del consumidor, además, la relación entre la calidad y el precio coloca en desventaja al vino nacional comparado con los vinos importados, por lo que el productor estatal compite desfavorablemente pues la actividad resulta poco rentable.

Como alternativas de solución se tiene el implementar técnicas agronómicas adecuadas, estandarizar los procesos de vinificación e incrementar las ganancias para los productores, lo cual puede impulsarse si se logra que los vinos queretanos se distingan por su originalidad y por poseer características típicas de la región. Estudios relativamente recientes en diversos países han demostrado que uno de los principales factores que tienen influencia sobre la tipicidad del vino es la levadura utilizada para la fermentación (Vázquez *et al.*, 2005).

Las levaduras son hongos microscópicos unicelulares, principales responsables de la fermentación alcohólica, proceso en el cual los azúcares son transformados principalmente a alcohol etílico y gas carbónico (Guilliermond, 1920). La especie de levadura más importante durante la fermentación alcohólica es *Saccharomyces cerevisiae* (Fugelsang y Edwards, 2007), aunque recientemente se ha puesto especial interés en otras especies denominadas en su conjunto como “no-*Saccharomyces*”.

Las levaduras enológicas pueden tener diversos orígenes, a saber (Bisson y Joseph, 2009): 1) cepas nativas sin seleccionar de la microbiota presente en la epidermis de la uva, las cuales, si bien aportan tipicidad, difícilmente permiten una fermentación controlada, 2) la levadura seca activa o liofilizada que se encuentra en el comercio, con la cual se controla la fermentación pero el vino obtenido es poco original pues que no ha sido desarrollada exclusivamente para una región específica y 3) la levadura nativa seleccionada.

La utilización de levaduras nativas seleccionadas presenta múltiples ventajas, por un lado, al igual que la levadura comercial, permite que el proceso de fermentación se lleve a cabo de manera completa, controlada y homogénea a lo largo de los años; por otro lado, con respecto al uso de la levadura comercial, este procedimiento se distingue por su capacidad de mantener el balance y la composición particular que aporta la levadura nativa sin seleccionar, pero sin los riesgos de alteración asociados a esta última. Lo anterior permite garantizar tanto la obtención de un vino típico y original, como la posibilidad de producirlo año tras año.

La selección de levaduras nativas es, por tanto, un avance que debe obtenerse a nivel regional. A este respecto, en Querétaro se han iniciado estudios a nivel laboratorio tendientes a seleccionar levaduras nativas tanto *Saccharomyces* como no-*Saccharomyces* provenientes de viñedos locales, habiéndose identificado algunas cepas prometedoras por su capacidad para producir etanol, su tolerancia al anhídrido sulfuroso, efecto *Killer* y su eficiencia de conversión de azúcar en alcohol, sin embargo, resulta necesario evaluar las bondades del uso de estas levaduras a escala semicomercial.

Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue evaluar las principales características físicas, químicas y sensoriales de vinos obtenidos a partir de levaduras seleccionadas previamente en viñedos de Querétaro utilizando uva producida en la región.

II. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO

2.1 Generalidades sobre la vid

2.1.1 Antecedentes históricos

La vid es uno de los cultivos más antiguos de los que se tiene evidencia, pertenece a la familia *Vitaceae* y al género *Vitis* (Prince y Prince, 1830). No se conoce su origen exacto pero se piensa que pudo haber sido en algún lugar entre Turquía, Armenia e Irán, cerca del Cáucaso.

Las variedades silvestres se desarrollaron en toda la franja central del hemisferio norte. En América la vid evolucionó dando origen a la especie *V. labrusca* y en Europa la propagación vegetativa y el mejoramiento genético tradicional permitieron el predominio de la especie domesticada *V. vinifera* y la aparición de múltiples cepajes (Toussaint, 2009).

Con base en los vestigios arqueológicos la diseminación del cultivo de la vid, tratándose de especies silvestres o bien de *V. vinifera*, no se ha asociado a la elaboración de vino, siendo desconocido su lugar de origen (Unwin, 1996). Se cree inició en el neolítico, periodo del cual se han encontrado vasijas con residuos de ácido tartárico que sólo pudieron haber provenido de la elaboración de vino (Pellechia, 2006) y la presencia de remanentes de semillas de uva. El registro más antiguo del que se tiene conocimiento está ubicado en las montañas Zagros, al noreste de Irán, entre los años 5400 y 5000 a. de C (Estreicher, 2006).

El consumo de vino se extendió hacia Egipto de donde proviene el Shedah, a su vez, los fenicios lo llevaron a Grecia y de ahí pasó a Roma y al resto de Europa occidental (Lutz, 1922). Con la conquista, la vid europea y la viticultura fueron introducidas a México para de ahí extenderse hacia Perú, Chile y Argentina (Amerine y Singleton, 1977).

En México la vitivinicultura prosperó con rapidez, llegando a significar competencia para los vinos españoles por lo que, en 1531, la Corona Española emitió un decreto por el cual se prohibía establecer más viñedos; esto provocó la caída de dicha agroindustria en nuestro país y sería la primera de muchas fluctuaciones en la vitivinicultura mexicana (Sánchez, 2007).

2.1.2 Importancia del cultivo

2.1.2.1 Mundial

De acuerdo con la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2014a), la producción mundial de uva en 2011 fue superior a 695 millones de toneladas, siendo los principales productores Italia (\approx 71 millones Ton), Francia (\approx 65 millones Ton) y España (\approx 56 millones Ton). En América los principales productores son EE.UU. (\approx 67 millones Ton), Argentina (\approx 30 millones Ton) y Chile (\approx 29 millones Ton).

2.1.2.2 Nacional

Para México se tienen reportadas alrededor de 29,000 ha de viñedo con una producción que rebasa 281 mil toneladas de las cuales casi 200 mil se destinan a consumo en fresco, mil a uva pasa y el resto a la obtención de bebidas (OIV, 2014a)

Los estados productores de uva para vino son Baja California, Coahuila, Aguascalientes, Zacatecas, Querétaro, Guanajuato y Chihuahua, abarcando Baja California 80% y el resto a los demás estados (SAGARPA, 2012).

2.1.2.3 Regional

Querétaro cuenta con aproximadamente 300 ha establecidas de viñedos en producción en los municipios de Ezequiel Montes, El Marqués, San Juan del Río y Tequisquiapan destinados mayoritariamente a la producción de vino (SEDEA, 2013; AVQ, 2014). En 2012 se obtuvo un total de 1,829 ton de uva entre todos los municipios excepto El Marqués (SEDEA, 2012).

2.1.3 Botánica

2.1.3.1 Taxonomía y cepajes

La familia *Vitaceae* posee 15 géneros botánicos, entre ellos *Vitis* (Cuadro 2.1). Este último incluye dos subgéneros que algunos autores consideran como géneros independientes: *Euvitis*, (38 cromosomas) o de la vid verdadera y *Muscadinia* (40 cromosomas) (Galet, 1983; Salazar y López, 2006); a su vez, *Euvitis* se encuentra dividido en 11 series, estando *Vitis vinifera* ubicada en la décimo primera (Galet, 1983).

América es el centro de origen de otras muchas especies de *Vitis*, algunas de las cuales cuentan con variedades o son progenitoras de híbridos que, aún en la actualidad, se cultivan en el Este de los EE.UU. y en muy pocas zonas en Europa, tal es el caso de *V. labrusca*. Sin embargo, actualmente, el principal uso de estas especies es el de servir como portainjertos de variedades productoras de *Vitis vinifera* gracias a la capacidad de algunas de ellas, como *V. riparia*, *V. rupestris* y *V. berlandieri*, para resistir a la filoxera y/o a algunos nemátodos (Larrea, 1978; Galet, 1983).

Vitis vinifera incluye diversas variedades: blancas, rosadas y negras tanto para vino como para mesa, siendo la única especie de origen europeo cuyo fruto es empleado comercialmente. Se podría decir, sin embargo, que algunas cruas interespecíficas accidentales o inducidas de *V. vinifera* con especies nativas americanas han producido algunos cultivares útiles (Galet, 1985), especialmente los obtenidos a partir de *V. riparia* y *V. aestivalis* cv. *Lincecumii* que están comprendidos dentro de los llamados híbridos productores directos (HPD) entre los que se pueden mencionar ‘Baco noir’ y ‘Chambourcin’ (Jackson, 2014).

Cuadro 2.1 Taxonomía de la vid

Clasificación Taxonómica	
Dominio	<i>Eukaria</i>
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Viridiaeplantae</i>
División	<i>Tracheophyta</i>
Clase	<i>Dicotiledoneae</i>
Subclase	<i>Rosidas</i>
Orden	<i>Ramnales</i>
Familia	<i>Vitaceae</i>
Género	<i>Vitis</i>
Especies	<i>V. vinifera</i> (originaria de Europa)

Elaborado con base en Galet (1983), Mullins *et al.* (1992) y Cavalier-Smith (1998).

Los HPD son relevantes por su resistencia a plagas y enfermedades, sin embargo, han sido descartados para su uso en la enología europea por ser considerados de baja calidad (Bouquet, 2011) y por el aroma conocido como “zorruno” asociado al contenido de

antranilato de metilo (Laguna-Lumbreras, 2003). Su distribución actualmente está casi limitada a ciertas regiones de EE.UU. (Bouquet, 2011).

En América se han encontrado especies silvestres del género *Vitis*, como *V. labrusca*, *V. riparia*, *V. berlandieri*, *V. rupestris* y *V. caribaeae* y, particularmente en México, *V. bourgaeana*. En un principio estas especies fueron utilizadas directamente como portainjertos debido a su resistencia a la filoxera, posteriormente, en la búsqueda por adaptarlos a varios tipos de suelos, se realizaron diversas cruces entre ellas y con *V. vinifera* que dieron origen a una gran cantidad de híbridos aptos para su uso como portainjertos en diferentes situaciones de suelo (García, 1997).

Respecto a *Vitis vinifera*, el fruto se utiliza tanto para el consumo en fresco (uva de mesa) como industrializado, ya sea para la obtención de vinos, jugos y destilados, como para la producción de uva pasa. En este sentido, las variedades pueden clasificarse como de propósito único o de doble o triple propósito, un ejemplo es ‘Moscatel’ que por su aroma se emplea tanto para vinos como para consumo en fresco y pasa (Creasy y Creasy, 2009).

Aunque existen miles de cepajes y se siguen obteniendo más, algunos de éstos han ganado popularidad a través de los años y son los más conocidos a nivel mundial, particularmente para la elaboración de vinos. Se trata de los tintos ‘Cabernet Sauvignon’ (la variedad más cultivada), ‘Merlot’, ‘Pinot Noir’ y ‘Syrah’. De las variedades blancas, la más importante es ‘Chardonnay’, destacando también ‘Sauvignon Blanc’. (Small, 2009).

Sin embargo, se sabe que hay cultivares que se adaptan mejor a ciertas zonas siendo éste uno de los principales criterios en las denominaciones de origen en países como Francia cuya regulación en este sentido es muy estricta (Kerridge y Antcliff, 1999).

2.1.3.2 Anatomía

a) Órganos en general

La vid es una planta trepadora leñosa, polígama, hermafrodita, rara vez dioica. Cuenta con un tronco retorcido, sinuoso y agrietado con una corteza desprendible en tiras longitudinales, los brazos del tronco portan los tallos del año denominados pámpanos si son herbáceos o sarmientos si se encuentran lignificados. Estos tallos portan hojas simples lobuladas, alternas y dísticas, compuestas por peciolo y limbo y que en ocasiones pueden ser palmadas compuestas. Yemas insertas en el nudo, por encima de la axila de inserción del

pecíolo. Presenta zarcillos opositifolios usualmente bifurcados, aunque también pueden ser trifurcados o polifurcados, tienen la función de sujeción, por lo que sólo permanecen los que se enrollan y lignifican. Estípulas generalmente caducas. Inflorescencia en racimo opuesto a la hoja (Hui y Wen, 2007; Lissarrague, 2008).

Las flores son pequeñas y verdosas, hermafroditas, pentámeras de tamaño reducido y coloración verde. Cáliz entero o apenas dentado, en forma de platillo, sépalos pequeños, pétalos soldados en caliptra. Estambres opuestos a los pétalos, bilobulados, constituidos por un filamento y con dehiscencia longitudinal, abortivos y sin desarrollo en las hojas femeninas. Ovario súpero, bicarpelar, estilo alargado, estigma ligeramente expandido y deprimido en el centro (Lissarrague, 2008).

b) El fruto

El fruto consiste de una baya globosa de dos células cuando es joven y unilocular cuando es maduro, de tamaño y forma variable, más o menos esférica u ovalada de 12 a 18 mm de diámetro. Epicarpio membranoso y con epidermis cutinizada, elástico con color variable de acuerdo a la etapa fenológica. Pulpa generalmente traslúcida con alto contenido de azúcares, con cero a cuatro semillas ovoides o elípticas-ovoides, de base picuda, surco abaxial, epidermis delgada y que contiene el albumen y el embrión (Hidalgo-Togores, 2011; Hui y Wen, 2007; Lissarrague, 2008). Los granos se encuentran organizados en racimos, unidos al raquis mediante un pedicelo individual (Figura 2.1) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a)

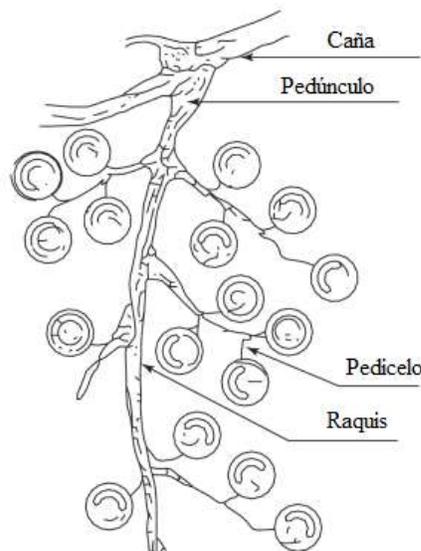


Figura 2.1. Partes del racimo (Modificado de Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a).

El raquis comprende un conjunto de haces vasculares que transportan el agua y los nutrientes hacia la baya. La estructura del racimo depende de la longitud del pedicelo, si es largo, el racimo será suelto, si en cambio, el pedicelo es corto, el racimo será compacto. Las variedades empleadas para vinificación generalmente pertenecen a este último tipo (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a)

Por su interés en enología, la uva puede dividirse morfológicamente en tres partes principales: el epicarpio, las semillas y la pulpa (Navarre, 1994) (Figura 2.2).

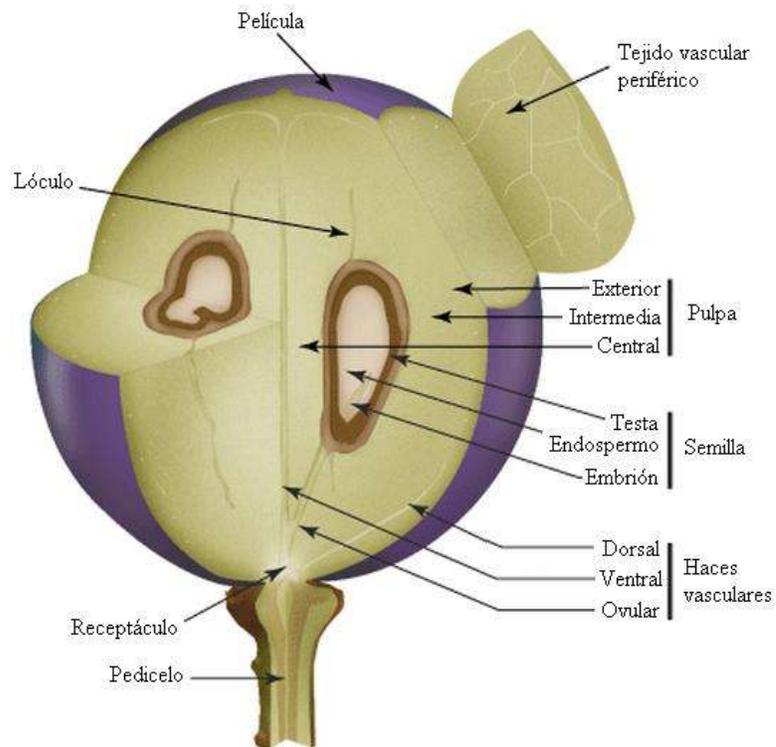


Figura 2.2. Morfología de la baya (Modificado de Kennedy, 2002).

El epicarpio o “película” corresponde a aproximadamente 8% del peso de la baya y está constituida por una cutícula exterior impermeable formada de pruina, la cual le da apariencia de estar cubierta por un velo; es impermeable y permite la adhesión de levaduras y otros microorganismos. Al interior de ésta sigue una monocapa de células que conforman la epidermis, bajo la cual se encuentra la hipodermis (Navarre, 1994).

La película contiene taninos suaves y, salvo en las variedades tintoreras (Boss y Davies, 2009), es en donde se encuentran todos los compuestos colorantes entre los cuales se pueden identificar los antocianos que aportan a los vinos la coloración roja (incolores en condiciones de elevada acidez) y las flavonas, responsables de las tonalidades amarillas (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a).

Antocianos y taninos pueden combinarse entre ellos, dando como resultado una sustancia compleja que permite la estabilidad del color pues el tanino protege a los antocianos de la oxidación (Amerine y Joslyn, 1970).

Asimismo, con excepción de las variedades ‘Moscatel’ que las presentan también en la pulpa, las sustancias odorantes están confinadas en la hipodermis siendo las principales alcoholes y sus ésteres, esencias aromáticas, y cuerpos terpénicos como el linalol (Navarre, 1994).

Si bien tanto el tipo y la concentración de sustancias colorantes (Fournier-Level *et al.*, 2009) como de sustancias aromáticas están determinados genéricamente (Doligez *et al.*, 2006), su balance y concentración se ven influenciados por las condiciones climáticas, de cultivo y el grado de madurez de la uva (Jackson y Lombard, 1993).

Respecto a las semillas, éstas llegan a encontrarse hasta cuatro por baya, sin embargo, suelen ser menos debido a la ausencia de fecundación de uno o más óvulos. El carácter “apireno” (ausencia total de semillas) puede tener origen genético y es muy buscado en el caso de la uva de mesa y la uva pasa. Las semillas contienen de 5 a 8% de taninos sumamente fuertes y de 10 a 12% de aceite. Se estima que un hectolitro de vino corresponde a 0.5 l de aceite de semilla de uva (Navarre, 1994).

Finalmente, en enología la pulpa es la parte más importante de la uva pues será el sustrato para la fermentación alcohólica. Está formada de grandes células con paredes muy delgadas, vacuolas que ocupan casi la totalidad de la célula. En la composición de la pulpa se pueden encontrar principalmente agua (70 a 78%) y azúcares (10 a 25%), además de ácidos orgánicos tanto libres como combinados, minerales, compuestos pécticos y nitrogenados (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a) (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Composición química de la uva

Compuestos	Porcentaje en la uva
Agua	70 – 78%
Azúcares (glucosa y levulosa)	10 – 25%
Ácidos orgánicos libres (tartárico y málico)	0.2 – 0.5%
Ácidos orgánicos combinados (bitartrato de potasio)	0.3 – 1.0%
Minerales	0.2 – 0.3%
Compuestos nitrogenados y pécticos	0.05 – 0.1%

Elaborado con base en Navarre (1994).

La composición de la pulpa varía en función de la fracción de que se trate, pudiendo distinguirse tres partes principales, la central, rica en ácido málico, pero con baja concentración de azúcares; la intermedia que contiene la mayor cantidad de azúcares y presenta una mayor acidez que la parte central por la presencia de ácido tartárico. Finalmente en la zona periférica se encuentran minerales, enzimas, compuestos odorantes, mayor acidez y menos azúcares que en la zona intermedia (Figura 2.3).

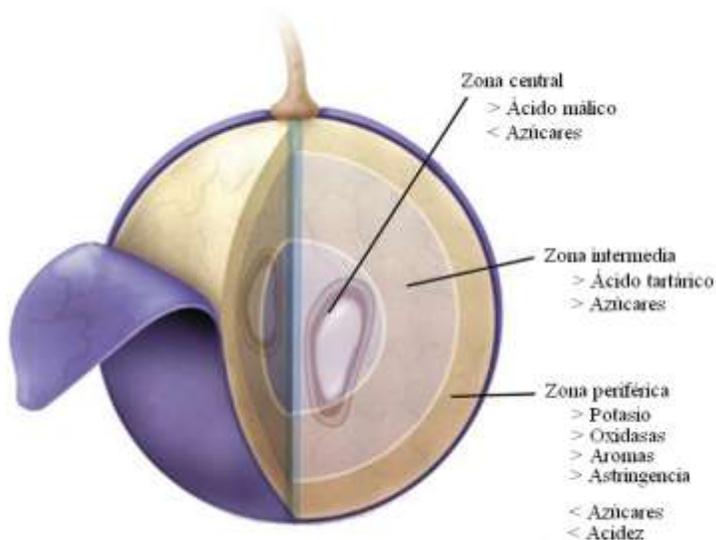


Figura 2.3. Distribución de los compuestos en la pulpa (Modificado de Zoecklein, 2002).

Entre las principales enzimas que pueden encontrarse en la pulpa hay hidrolasas, importantes en el metabolismo de las levaduras; proteasas que hidrolizan aminoácidos,

protopectinasas que descomponen los complejos pécticos y la invertasa. Asimismo pueden encontrarse vitaminas del grupo B, indispensables para la multiplicación de las levaduras, y la vitamina C que protege de la oxidación (Navarre, 1994).

2.1.3.3 *Fisiología de la planta*

La vid es una planta arbustiva, trepadora, de clima templado, caducifolia y perenne. El desarrollo de la vid sigue un ciclo vegetativo interanual, pero cuando se encuentra en su hábitat natural, de clima mediterráneo, también sigue un ciclo vegetativo anual. El primero comprende cuatro periodos, siendo el primero el de crecimiento y desarrollo, en el que la planta se desarrolla para adquirir su forma de conducción adulta, durante esta etapa no hay producción, ésta inicia aproximadamente después de tres años. El desarrollo de la planta es el segundo periodo, en el que ésta llega a su fase adulta y presenta una producción creciente, manteniéndose así hasta 10 años para alcanzar una estabilización en la producción, característica del periodo productivo. Finalmente se presenta un decaimiento en la producción cuando la planta entra al periodo de envejecimiento o decrepitud (Hidalgo, 2002).

a) Ciclo vegetativo

Cada año se suceden una serie de fases que comprenden el ciclo vegetativo anual de la vid. Dichas fases son las siguientes (Reynier, 2002; Lissarrague y Baeza, 2008):

- Lloro: Se produce cuando la temperatura del suelo es lo suficientemente elevada para que el sistema radical inicie su actividad, observándose la presencia de exudado en las heridas producidas por la poda.
- Desborre: Las yemas se hinchan, se separan las escamas y la borra se hace visible.
- Crecimiento del pámpano: Se da tanto en grosor como en longitud. El primero se presenta también en madera de dos años y en madera vieja. El crecimiento en longitud inicia con el desborre y depende de la disponibilidad hídrica.
- Agostamiento: Es el proceso de lignificación del pámpano que garantiza la perennidad de las yemas y la resistencia de la planta a las bajas temperaturas invernales, llegando a soportar hasta -15 °C, las hojas caen y el metabolismo se reduce hasta entrar en un periodo de letargo (Winkler *et al.*, 1974).

b) Ciclo reproductivo

El ciclo reproductivo de la vid comprende tres procesos (Winkler *et al.*, 1974; Galet, 1983; Lissarrague y Baeza, 2008):

- **Iniciación floral:** Es la formación de la yema del fruto, se encuentra en función de diversos factores. Inicia con la inducción floral seguida de la diferenciación morfológica de la inflorescencia, de las flores y de los órganos florales que culmina en la antesis (Winkler *et al.*, 1974).
- **Floración, polinización, fecundación y cuajado:** La floración comienza con la apertura de la corola por su base, liberándose anteras, estilo y estigma (Lissarrague y Baeza, 2008). En una misma cepa no todas las inflorescencias abren simultáneamente, cosa que tampoco sucede dentro de una inflorescencia, por lo que la floración dura de tres a cinco días. Al caer el grano de polen sobre el estigma absorbe el agua que éste contiene y se hincha, lo que genera la formación del tubo polínico (Galet, 1983), éste avanza hacia el ovario hasta alcanzar al óvulo y fecundarlo. La flor comienza a transformarse en fruto. Se denomina cuajado a la transformación del ovario en fruto (Lissarrague y Baeza, 2008).
- **Desarrollo y maduración:** Posterior al cuajado de la fruta comienza la división celular de las paredes del ovario (Lissarrague y Baeza, 2008). El crecimiento y maduración de la baya, respecto a su tamaño, describe una curva doble sigmoidea (Figura 2.4). El periodo de maduración dura entre 40 y 50 días, la baya incrementa su tamaño y cambia su composición, especialmente en cuanto a azúcares y ácidos se refiere (Peypnaud, 1984). Respecto a los azúcares, los más importantes son la dextrosa (*d*-glucosa) y la levulosa (*d*-fructosa).

Por otro lado, aunque son muchos los ácidos presentes en la uva, sólo tres de éstos son de importancia enológica: *l*-cítrico, *l*-málico y *d*-tartárico. Los ácidos málico y tartárico suman 90% de los ácidos orgánicos presentes en la uva y la relación entre ambos está dada en función del cepaje.

Durante la maduración hay una disminución gradual de la acidez total titulable, observándose una mayor degradación del ácido málico que del tartárico. Se ha encontrado también una fuerte dependencia entre la concentración de ácidos orgánicos en la baya y el

clima, en general, a mayores temperaturas, menor concentración y viceversa (Amerine y Joslyn, 1970).

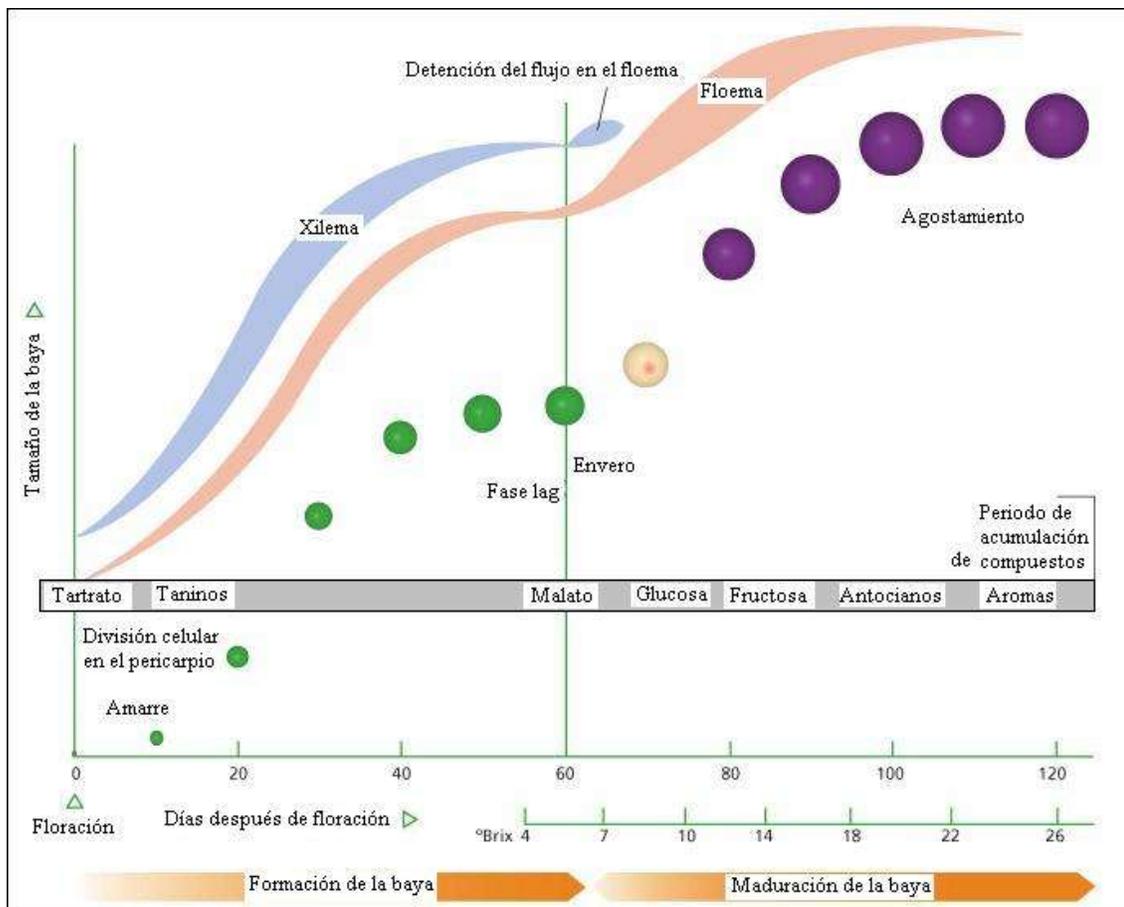


Figura 2.4. Curva de crecimiento y maduración de la uva, principales cambios fisiológicos y acumulación de compuestos a lo largo del ciclo de formación y maduración de la baya (Modificado de Hornsey, 2007).

El momento en que la baya alcanza su máximo diámetro y contenido de azúcar es considerado como el punto de madurez fisiológica el cual puede o no coincidir con la madurez tecnológica ya que esta última está determinada por el destino que se dará a la uva (Peynaud, 1984).

2.1.4 Factores que influyen en la calidad de la uva

Los franceses, cuya tradición enológica es vasta, denominan “*terroir*” al conjunto de factores que tienen efecto en la calidad y, en general, en las características particulares de

una cosecha. Dentro del “*terroir*” se ubican cuatro factores principales: el clima, el suelo, el cepaje y las prácticas culturales, así como las interacciones existentes entre ellos (Van Leeuwen *et al.*, 2007).

2.1.4.1 *Clima*

Sin duda uno de los factores que más repercuten en la calidad de la uva, dentro de las variables asociadas al clima se ha encontrado que la de mayor importancia es la acumulación de calor (calculada como la suma de las temperaturas medias mensuales superiores a 10 °C). Otras variables climáticas que pueden influir son la duración del fotoperiodo, la lluvia, la exposición solar, la presencia de neblina y la humedad relativa, estas tres últimas especialmente en el desarrollo de enfermedades fungosas (Winkler *et al.*, 1974; Gladstones, 2011).

2.1.4.2 *Suelo*

Ya que actúa como sostén y proveedor de agua y nutrientes para la planta, la textura, la profundidad, la composición mineral, la capacidad de intercambio catiónico, la fertilidad y la reacción de un suelo son determinantes en la calidad del fruto producido (Coipel *et al.*, 2006), aunque cabe aclarar que no por ser mejores agronómicamente dichas características, se obtendrá una uva de mayor calidad. Coipel *et al.* (2006) encontraron que no había relación entre la calidad de la uva y el tipo de suelo, pero sí con respecto a la profundidad.

2.1.4.3 *Cepaje*

Ya se mencionaba anteriormente que el balance de compuestos aromáticos (alcoholes y ésteres) y colorantes (antocianos y flavonas) está determinado genéticamente, por lo que pueden distinguirse variedades que tienden a producir vinos con aromas peculiares (White, 2003), estos pueden resultar tanto agradables (florales, animales, afrutados, entre otros) como desagradables (medicinales, a humedad, a combustibles, etc.). Dependiendo de otros factores, la presencia de estos aromas en el vino puede ser una cualidad o un defecto en el vino (Heinonen y Meyer, 2002; Grainger, 2009). En este sentido, pueden destacarse las variedades del tipo ‘Moscatel’ cuyo distintivo es la intensidad de sus aromas florales debidos a la presencia de compuestos aromáticos en la pulpa (Navarre, 1994).

2.1.4.4 *Prácticas culturales*

El manejo del cultivo tendrá un fuerte impacto sobre la calidad tanto química como fitosanitaria de la uva, así, se sabe que el sistema de conducción elegido, el manejo del follaje (deshoje y despunte), el balance de la carga mediante raleo de frutos o racimos, la fertilización, la frecuencia y cantidad de los riegos y el control de plagas y enfermedades son cruciales para la obtención de una uva sana y con potencial enológico (Small y Couturier, 2011).

2.2 **El vino**

2.2.1 *Definición e importancia*

De acuerdo con la OIV (2014b), el vino es exclusivamente la bebida resultante de la fermentación alcohólica completa o parcial de uvas frescas, estrujadas o no, o del mosto de uva. Su contenido alcohólico no debe ser menor a 8.5% v/v, aunque para determinadas regiones climáticas se permite un mínimo de 7%.

La OIV (2014a) reporta que en 2011 se produjeron a nivel mundial 267 millones de hectolitros, siendo los principales productores Francia (50 millones hl), Italia (42 millones hl) y España (33 millones hl). En América sobresalen EE.UU. (19 millones hl), Chile (10 millones hl) y Argentina (15 millones hl).

En el mismo año México produjo 393 mil de hectolitros, lo que representa un incremento de 6.5% respecto a 2010, aunque el volumen producido es menor al importado (454 mil hl) y las exportaciones sólo fueron de 12 mil hl en tanto que el consumo *per capita* se mantuvo en 500 ml al año (OIV, 2014a).

2.2.2 *Clasificación*

2.2.2.1 *Por el contenido de azúcar*

La OIV (2014b) clasifica los vinos en cuatro tipos por su contenido de azúcares, siendo el de menor contenido el vino seco con máximo 4 g/l (o hasta 9 g/l cuando el contenido de acidez total expresado en g de ácido tartárico es menor en no más de 2 g/l) y semiseco cuando está en un rango de 4 a 12 g/l (o a 18 g/l si el valor para acidez no supera

10 g/l). De acuerdo con este mismo organismo, entre 12 y 45 g/l se tiene un vino semidulce y cuando la concentración de azúcar es mayor a 45 g/l se clasifica al vino como dulce.

2.2.2.2 *Por el color*

Si bien existe toda una gama de coloraciones en los vinos de mesa, éstos pueden clasificarse por color en función de la uva utilizada y las condiciones de vinificación. Navarre (1994) mencionan siete clasificaciones desde el vino blanco de blancos (vinificación en blanco a partir de uva blanca) hasta el vino tinto de larga maceración (Figura 2.5).

<i>Uva</i>	<i>Tipo de vinificación</i>	<i>Maceración</i>	<i>Vino obtenido</i>		
Uva blanca	Vinificación en blanco	Sin maceración	Vino blanco de blancos		
Uva tinta			Vinificación en tinto	Maceración media y sangrado de la cuba	Vino blanco de tintos
					Vino gris
	Vino rosado				
	Clarete				
		Maceración larga	Vino de café		
			Vino tinto		

Figura 2.5. Clasificación de los vinos por su color en función de la uva utilizada y el tipo de vinificación (Modificado de Navarre, 1994).

2.2.2.3 *Por el contenido de gas carbónico*

Cuando la concentración de CO₂ a una temperatura de 20 °C no supera los 4 g/l, se dice que el vino es tranquilo, si dicha concentración es mayor o igual a 5 g/l, el vino se clasifica como espumoso (OIV, 2014b).

2.2.3 *La vinificación*

El proceso de vinificación consiste en la transformación del mosto de uva en vino (Vanasse y Drapeau, 2005). Los métodos de vinificación existentes actualmente son muy variados y, en general, están determinados por el tamaño de la bodega y la región donde se elaboran (Pinney, 2005), sin embargo, se identifican tres procesos básicos: vinificación tradicional en tinto, en blanco y vinificación en rosado (Navarro y Wiesenthal, 2011).

2.2.3.1 *Recolección y manejo de la vendimia*

a. Cosecha o vendimia

Las características de un vino dependen de un conjunto de factores donde la calidad de la uva es de suma importancia, por lo que es indispensable la combinación de dos disciplinas, la viticultura y la enología, para decidir la fecha de cosecha en función del producto que se desea obtener (Asselin y Delteil, 1998). Las principales variables directas evaluadas tradicionalmente para la determinación de la fecha de cosecha son la concentración de azúcares, contenido total de ácidos y la densidad aparente. Existen así diferentes escalas para azúcares (°Baumé, °Echslé, °Brix, porcentaje de sacarosa, y concentración de azúcares reportados en g/l) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a). Respecto a las mediciones indirectas se tienen el potencial de alcohol, la relación azúcares/acidez, la relación ácido málico-ácido tartárico y la acumulación de cationes (Navarre, 1994).

A menudo la acumulación de ácidos y azúcares no tiene lugar paralelamente a la de compuestos fenólicos. La maduración de la pulpa y del hollejo evoluciona con cinéticas diferentes dependiendo de la variabilidad de los elementos climáticos asociados al ciclo de cultivo y de la parcela. En este sentido, evaluar la madurez fenólica de la uva resulta cada vez más común en regiones típicamente elaboradoras de vinos tintos por su repercusión en la calidad del vino final. Aunque existen aplicaciones a nivel de análisis de imágenes mediante resonancia magnética nuclear para la evaluación de la madurez fenólica de la uva, el método químico de análisis de antocianos potenciales y extraíbles (método Glories) presenta mayor predictibilidad (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a; Nadal, 2010).

El enólogo especializado se basa muchas veces en la apreciación sensorial, siendo los principales criterios utilizados el aspecto de la uva, el color y sabor de las bayas y la facilidad con que éstas se desprenden del racimo, sin embargo esto es sólo posible gracias a muchos años de experiencia (Dami, 2013). La cosecha puede ser manual o mecánica dependiendo del estado del viñedo, el proceso de vinificación a seguir y el nivel de tecnificación (Jackson, 2014).

b. Transporte

La firmeza de la baya depende principalmente del cepaje y del estado de madurez. Durante el transporte se pueden presentar procesos de oxidación y maceraciones con consecuencias negativas. Para evitarlo es importante tomar en cuenta las condiciones de

higiene, la duración del traslado, la temperatura de la vendimia y la resistencia mecánica de la uva (Asselin y Delteil, 1998).

c. Selección

Tiene como objetivo separar frutos podridos, inmaduros y dañados y separar la uva por estado de madurez (OIV, 2014b), se eliminan hojas, desechos y, en general, cuerpos extraños antes de introducir la vendimia al equipo. Permite además determinar si es necesaria alguna operación correctiva a la vendimia (Asselin y Delteil, 1998), por ejemplo, cuando no se ha alcanzado la madurez tecnológica, en casos de baja acidez y cuando se presentan enfermedades fúngicas en precosecha (Navarre, 1994).

2.2.3.2 *Operaciones comunes a las diferentes vinificaciones*

a. Tratamientos mecánicos de la vendimia

Se consideran cuatro tratamientos (Navarre, 1994): estrujado, despalillado, prensado y encubado. El estrujado consiste en desgarrar la película y aplastar la baya, asegurando una adecuada difusión en el mosto de los elementos solubles del orujo. Facilita la multiplicación de las levaduras que se encuentran naturalmente presentes. Durante el estrujado debe tenerse sumo cuidado en evitar el rompimiento de la semilla y el excesivo magullamiento del raspón pues se liberan aceite y taninos indeseados.

El despalillado consiste en separar los granos del raquis, pues este último suele no estar presente durante la fermentación debido a que libera taninos en exceso, y disminuye la concentración de alcohol y la coloración del vino (Asselin y Delteil, 1998; OIV, 2014b). Éste permite obtener un color más claro por la eliminación de sales de hierro, se disminuye la carga de micelios fúngicos y de alcoholes superiores que pueden resultar desagradables al gusto (De Rosa, 1998).

Mediante el prensado se separan, de manera lenta y progresiva, el líquido y los orujos. Dependiendo del tipo de vinificación, se realiza antes, durante o después de la fermentación alcohólica (OIV, 2014b). Cuando se realiza después de la fermentación se obtiene lo que se conoce como “vino de prensa”, que se distingue del “vino flor” porque este último es resultado del escurrimiento espontáneo por fuerza de gravedad. Se considera que el vino flor es de mayor calidad que el vino de prensa y, en general, que la calidad del vino de

prensa es inversamente proporcional al número e intensidad de los prensados requeridos para su extracción (André, 2008).

Finalmente para dar inicio al proceso de fermentación, el mosto es confinado en recipientes que pueden ser de madera, acero inoxidable o cemento, se dice que el mosto es encubado (Gil *et al.*, 2009). El recipiente es llenado en 80% para evitar derrames, se prefieren las cubas de acero inoxidable pues generalmente se les ha adaptado un sistema de enfriamiento que es de suma importancia ya que durante la primera etapa de la fermentación hay un incremento importante en la temperatura (Bailly de Merliux *et al.*, 1836; García, 2011).

b. Sulfitado

Consiste en la adición de una determinada dosis de anhídrido sulfuroso (SO₂) al mosto. El principal objetivo es la selección del medio fermentativo, pues el SO₂ tiene propiedades antimicrobianas. Las bacterias son los microorganismos más sensibles al SO₂, seguidas por las levaduras apiculadas. En contraste, las levaduras elípticas, como *Saccharomyces*, suelen ser más tolerantes (Navarre, 1994) (Figura 2.6).

Con la aplicación de SO₂ también se facilita el desfangado del mosto, se protege el mosto de la oxidación debida a las enzimas tirosinasa y lacasa provenientes de uvas con podredumbre (Navarre, 1994), y se acidifica el medio, lo que favorece la disolución de ciertos compuestos presentes en la pulpa (Puerta, 2000).

La dosis de anhídrido sulfuroso a utilizar está determinada en función de la composición del medio (concentración de azúcares, acidez y temperatura), el estado sanitario de la cosecha y el tipo de vino que se elaborará. En general para vendimias sanas y frías se recomiendan 3 g/hl, si el estado sanitario es regular se sugieren 5 g/hl y si la vendimia está muy afectada, 6 a 8 g/hl (Navarre, 1994).

Un exceso en la dosificación conducirá a la formación de mercaptanos y a un aroma a huevo podrido. De mayor importancia es el considerar que elevadas concentraciones de SO₂ resultan tóxicas para el ser humano (Jackson, 2014) por lo que la legislación internacional es muy estricta en cuanto al contenido final de este compuesto en el vino no pudiendo exceder de 350 ppm en el caso de EE.UU. de acuerdo con Jackson (2014).

Las principales fuentes de SO_2 son las sales bisulfito y metabisulfito de potasio o de amonio, ya sea aplicadas directamente en polvo o disueltas aunque también se prepara en la planta o se obtienen soluciones sulfurosas fosfatadas y menos utilizada es la inyección en forma de gas al seno del líquido (Asselin y Delteil, 1998).

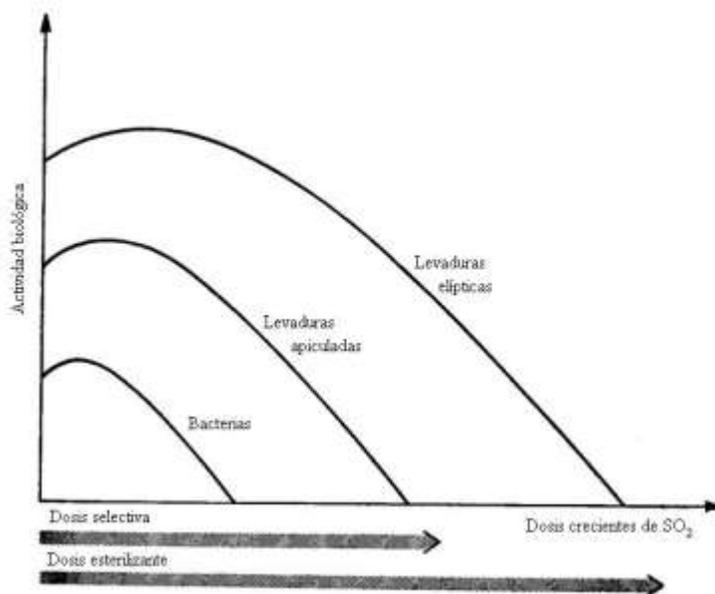


Figura 2.6. Actividad de diferentes microorganismos en función de la concentración de anhídrido sulfuroso (Modificado de Navarre, 1994).

c. Inoculación con levaduras

En un mosto ligeramente sulfitado (sin que la dosis sea esterilizante), la fermentación alcohólica se inicia de manera espontánea y más o menos rápida, con la inoculación, el inicio de la fermentación es más rápido. Este procedimiento consiste en agregar a la cuba levaduras que han sido elegidas bajo ciertos criterios y que se encuentran en plena actividad, con el fin de que éstas se multipliquen en el mosto y lo fermenten (Navarre, 1994).

La selección de la levadura es de suma importancia pues ésta tendrá impacto sobre ciertas características del vino como el color, el perfil aromático, el contenido de taninos y las cualidades gustativas (Asselin y Delteil, 1998).

Para la inoculación se prepara un cultivo inicial de levaduras denominado pie de cuba. Las levaduras pueden provenir del propio viñedo si se hace un sulfitado ligero que permita únicamente la sobrevivencia de las levaduras elípticas, (en cuyo caso no se

discriminan unos géneros de otros), pueden ser de origen comercial habiendo presentaciones liofilizadas de larga duración o de menor duración como la levadura seca activa (Navarre, 1994) y, recientemente, se han realizado trabajos en varios países donde la levadura es seleccionada a nivel de género y especie, posteriormente se multiplica y se acondiciona para su comercialización (González *et al.*, 2011).

2.2.3.3 Vinificación en tinto

La vinificación en tinto se distingue de la vinificación en blanco por el hecho de que el prensado no se realiza antes de la fermentación del mosto, sino que este último se mantiene en presencia de los orujos para la extracción de taninos, compuestos colorantes, aromáticos, minerales y compuestos nitrogenados presentes en la piel de la uva. Así, al interior de la cuba se llevan a cabo dos procesos simultáneos, la fermentación alcohólica y la maceración de la fracción sólida (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a).

Antocianos y taninos son los compuestos de mayor interés en este tipo de vinificación pues aportan el color y la astringencia característicos de los vinos tintos (Navarre, 1994). La extracción de antocianos es rápida, alcanzando su máximo dentro de un período de 2 a 5 días; son más solubles en alcohol que en agua, dicha solubilidad también se incrementa con la agitación y a mayores temperaturas. Por su parte, los taninos se liberan de manera más gradual, lenta y constante (Figura 2.7) (Blouin y Peynaud, 2003).

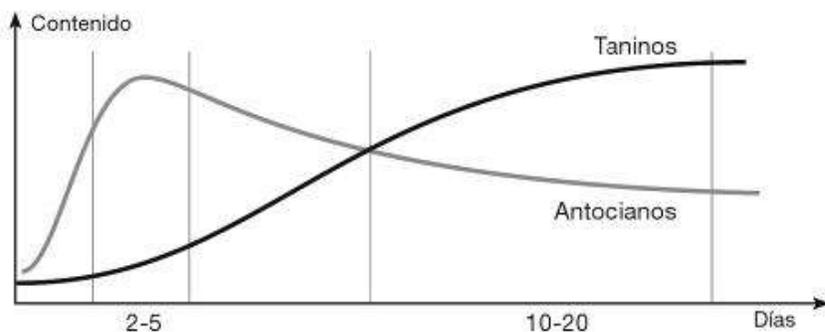


Figura 2.7. Evolución en la extracción de taninos y antocianos durante la maceración (Blouin y Peynaud, 2003).

El orujo no se encuentra de manera homogénea en la cuba sino que, debido a la actividad fermentativa de las levaduras y la constante liberación de CO₂, se concentra en la

superficie, formando una capa más o menos compacta a la que se denomina “sombbrero”. El sombrero tiende a resecarse en la parte superior, además, el hecho de que no se mezcle con el mosto limita la extracción de antocianos y taninos; para evitar esto se realizan los remontados y los bazuqueos.

El remontado consiste en extraer líquido de la parte inferior de la cuba y asperjarlo sobre la superficie del sombrero para humedecerlo (Figura 2.8a). Por su parte, el bazuqueo es la inmersión del sombrero en el mosto para compactarlo y humedecerlo (Figura 2.8b) (Navarre, 1994; Henderson y Rex, 2011).

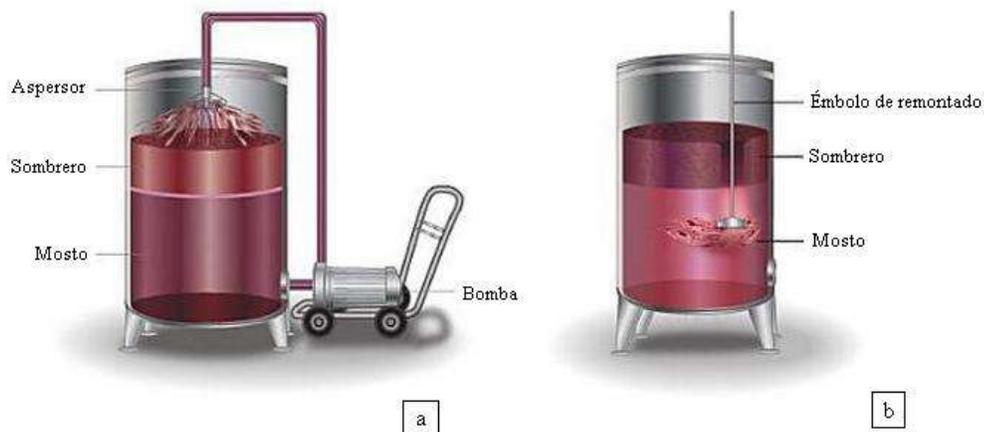


Figura 2.8. Prácticas de remontado (a) y bazuqueo (b) durante la maceración. (Modificado de Henderson y Rex, 2011).

Cuando se ha decidido dar término a la maceración, la cuba es escurrida, obteniéndose el vino flor o vino de gota. Posteriormente se recupera el orujo y se realizan hasta dos prensados (Navarre, 1994). Posteriormente al prensado se prosiguen las fermentaciones terminales cuya duración estará en función, entre otros, del tiempo de maceración que se fije.

Finalmente se realiza una segunda fermentación o fermentación maloláctica, la cual consiste en la transformación de ácido málico (biácido) en ácido láctico (monoácido), que es más débil, con desprendimiento de gas carbónico, llevada a cabo por ciertas bacterias lácticas, especialmente de la especie *Enococcus æni* (Cooke, 2004; Renouf, 2013).

La fermentación maloláctica tiene como objetivo principal disminuir la acidez total de los vinos, ayudar en la evolución organoléptica y conferir estabilidad microbiana al vino. Como efecto contrario se tiene un incremento en la acidez volátil (Renouf, 2013).

2.2.3.4 *Vinificación en blanco*

En el caso de los vinos blancos, al no haber una maceración de los orujos en el mosto, después de realizado el estrujado se deja escurrir el jugo y mediante prensado se obtiene el mosto que se quedó en la pulpa, equivalente a 30 a 40% del volumen final, el cual es confinado en una cuba para su desfangado ya sea antes o después de haberse sulfitado (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a).

El desfangado puede hacerse tanto estático como dinámico y su principal objetivo es eliminar por decantación el exceso de partículas grandes provenientes de las diferentes partes del racimo. En cuanto al sulfitado se sabe que dicha práctica incrementa la velocidad del desfangado (Navarre, 1994). Finalmente el mosto es extraído por sifoneo para evitar la remoción de los sedimentos y vaciado a una cuba limpia para su fermentación (De Rosa, 1998).

En sí es la ausencia del orujo y no el color del vino lo que distingue la vinificación en blanco de la vinificación en tinto, pudiendo obtenerse vinos blancos a partir de uvas tintas cuyos mostos, al no estar en contacto con el hollejo, no son coloreados (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006a).

La ausencia de compuestos con capacidad antioxidante como los antocianos provoca que el vino blanco sea más susceptible a la oxidación, por lo que su elaboración, contrario a lo que se piensa, requiere más cuidados que la del vino tinto (Goode, 2005).

2.2.3.5 *Vinificación en rosado*

Los vinos rosados pueden obtenerse por tres métodos diferentes. Contrario a la creencia general, no son resultado de la mezcla de vino blanco con vino tinto, sino que se obtienen por modificación de los procesos de vinificación antes mencionados ya sea al momento del prensado, en el descube o en la maceración (Navarre, 1994).

a. Durante el prensado

A partir de uvas tintas se sigue el proceso de vinificación en blanco con la diferencia de que el prensado es exhaustivo a fin de extraer compuestos colorantes de la cáscara, se obtiene un vino gris.

b. En el descube

Se conoce este proceso como “sangrado de la cuba” y consiste en separar 25% del volumen de un mosto vinificado en tinto antes de la extracción intensa de compuestos colorantes. Esta fracción se continúa vinificando en blanco. El resto del mosto se continúa vinificando en tinto.

c. En la maceración

A partir de una maceración ligera de alrededor de 24 horas se realiza un sulfitado fuerte y se sangra la cuba por completo, obteniéndose un vino de café o vino de 24 horas. Estos vinos se caracterizan por ser frescos y afrutados (Navarre, 1994).

2.2.4 *Estabilización del vino*

Los tratamientos para la estabilización del vino pueden estar enfocados tanto a la eliminación de microorganismos que pudieran generar una alteración en la composición de éste (biológica), como en la precipitación de compuestos, específicamente cristales de tartrato de potasio, que provocan la presencia de sedimentos (tartárica).

En el caso de la estabilización biológica, ésta puede lograrse por medios químicos (adición de anhídrido sulfuroso, de ácido ascórbico y de dimetil bicarbonato), físicos (tratamientos térmicos y filtración esterilizante) y enzimáticos (adición de lisozimas) (Lonvaud-Funel *et al.*, 2010); también se ha observado que en los vinos tintos la fermentación maloláctica contribuye a una menor probabilidad de desarrollo de microorganismos debido al agotamiento de nutrientes (Corrieu y Luquet, 2008).

En cuanto a la estabilización tartárica, se obtiene sometiendo el vino a temperaturas por encima de su temperatura de congelación, la cual varía en función del contenido alcohólico (Navarre, 1994).

2.2.5 Clarificación

La clarificación consiste en retirar las partículas que aportan turbidez al vino, obteniendo así un producto brillante y traslúcido. Puede realizarse de manera espontánea, por efecto de la gravedad, o bien, de manera provocada por adición de coloides, por filtración o por centrifugación (Jackson, 2014).

El uso de coloides se basa en el hecho de que éstos atraen partículas de carga opuesta, formando coágulos que precipitarán para ser eliminados como sedimentos. Se utilizan fuentes minerales como la bentonita o naturales como la gelatina, la ictiocola, la ovoalbúmina, el polvo de sangre y la caseína. Es importante realizar pruebas previas a fin de encontrar la dosis adecuada pues un exceso puede conducir a un sobrecolado que resultaría en un vino aún más turbio del que se tenía en principio (Moreno y Peinado, 2012).

La filtración puede hacerse en diferentes materiales tales como arena o tierra de diatomeas, papel y silicato de aluminio. Existen diferentes tipos de filtros, por ejemplo los de placas y los de membranas donde se hace pasar el vino por poros de diferentes calibres, de mayor a menor, para evitar la saturación inmediata del sistema (Navarre, 1994).

2.2.6 Maduración y añejamiento

Tanto la maduración como el añejamiento son procesos que se considera incrementan la calidad de un vino y se practican una vez concluida la fermentación (Bakker y Clark, 2011). La diferencia entre ambos estriba en que la maduración se lleva a cabo en cuba o en barrica dando lugar tanto a reacciones de óxido reducción como a la extracción de compuestos propios de la madera y el añejamiento comprende el almacenamiento en botella en ausencia de oxigenación (Hornsey, 2007).

En cuanto a la maduración, los procesos más importantes son la degradación de ácidos por acción de las bacterias, la precipitación de tartratos y la esterificación que dará como resultado el incremento en la complejidad aromática del vino. Durante este periodo se observa la disminución del nivel en los contenedores debido a la evaporación del vino. Respecto al añejamiento, éste depende de las características de cada vino, pudiendo ser desde dos hasta más de 10 años, periodo después del cual el vino se deteriora, conocido este proceso como envejecimiento y muerte del vino (Farkaš, 1988).

2.2.7 *Calidad del vino*

La calidad de un vino puede ser evaluada de dos maneras: mediante métodos de análisis en laboratorio y a través de la percepción sensorial. En los análisis de laboratorio pueden conocerse con precisión características físicas y químicas del vino como el color y la presencia y concentración de compuestos de interés, en cambio, el análisis organoléptico puede en ocasiones dar resultados contrastantes, pues depende del gusto del catador. En general un grupo de jueces entrenados calificará de manera muy similar un mismo vino (Grainger, 2009; Jackson, 2014).

Dado que el vino es un producto destinado al consumo, es necesario realizar ambos tipos de análisis, el análisis en laboratorio, que asegurará el cumplimiento de la legislación correspondiente, y el sensorial que permitirá conocer la aceptación del consumidor, pues si bien un vino puede cumplir con todos los requerimientos normativos, no necesariamente se asegura con eso la preferencia del consumidor (Grainger, 2009).

En México, según el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2005), la norma vigente es la NMX-V-012-NORMEX-2005, la cual sustituye a la anterior NMX-V-012-1986, sin embargo, dicha norma no se encuentra disponible en el catálogo de normas de la Secretaría de Economía. La versión de 1986 dicta que los análisis a realizar para comercializar un vino son: grado alcohólico (8.5 a 14 °GL), extracto seco reducido (mínimo 15 g/l), cenizas (mínimo 1 g/l), acidez total (4.5 a 10 g/l de ácido tartárico), acidez volátil (máximo 1.2 g/l de ácido acético), acidez fija (mínimo 4.0 g/l de ácido tartárico), metanol (máximo 300 mg/100 ml de alcohol 100%) y anhídrido sulfuroso total (máximo 300 ppm).

2.2.8 *Análisis del vino*

2.2.8.1 *Análisis físicos y químicos*

El etanol producido por la fermentación provoca cambios tanto cualitativos como cuantitativos en la composición química del vino. Los azúcares que estaban presentes en el mosto inicial, prácticamente desaparecen y el etanol, que era inexistente, se convierte en el compuesto más abundante después del agua. En cuanto a concentración, el glicerol ocupa el tercer lugar y también hay un incremento en el contenido de polifenoles (Moreno y Peinado, 2012).

Son muchas las determinaciones analíticas que pueden realizarse al vino para conocer su composición, desde el contenido de azúcares hasta la presencia de metales pesados, sin embargo, como se mencionó anteriormente, con fines prácticos y legales las más importantes son las determinación de alcohol, acidez total titulable, acidez volátil, anhídrido sulfuroso y azúcares reductores (Navarre, 1994; OIV, 2014c).

2.2.8.2 *Análisis sensorial*

La necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor obliga a que, de una forma u otra, intente conocerse cuál será el juicio crítico del consumidor en la valoración sensorial del producto. El análisis sensorial se define como el examen de los caracteres organolépticos de un producto mediante los sentidos, obteniendo datos cuantificables (Sancho *et al.*, 1999).

La degustación de un vino, su estimación y apreciación organoléptica, junto con su descripción, es un proceso en el que tiene que ver mucho el aspecto afectivo, es decir, la subjetividad del catador hacia las sensaciones, emociones y recuerdos que puede despertar en él un determinado aroma. Entre los principales aspectos que se evalúan en el vino están el aspecto visual, el olfativo y el gustativo (Aleixandre, 2006).

El aspecto visual es el primero que se evalúa, permite juzgar las cualidades de fluidez (presencia de lágrimas de glicerol, aspecto graso, terso, oleaginoso, etc.), limpidez (transparencia del vino resultado de una adecuada clarificación, presencia de sales y sedimentos, materia extraña, etc.), color (tono, intensidad, reflejos, etc.) y la efervescencia en el caso de los vinos espumosos (altura y duración de la corona, formación del collar, cantidad y velocidad de trenes, formación de encajes, etc.) (Peynaud y Blouin, 1996).

Después del visual, el aspecto olfativo es el siguiente a evaluar. Se analiza la intensidad aromática, se identifican familias de aromas agradables (florales, afrutados, animales, especiados, herbáceos, etc.), aromas debidos a alteraciones (mohosos, combustibles, medicinales, a anhídrido sulfuroso) e incluso aromas relacionados con regiones vitícolas determinadas (antranilato de metilo en el caso de los vinos elaborados con híbridos productores directos en Estados Unidos). Para los vinos tintos puede identificarse también el paso por barrica (Jackson, 2009).

Finalmente, al degustar el vino nuevamente se perciben los aromas reconocidos durante la fase olfativa, esta vez mediante vía retronasal. Permite también evaluar la

presencia de azúcar, el contenido de alcohol y confirmar el pase por barrica. Otros aspectos considerados son la persistencia en boca (resabio) y la textura del vino (Aleixandre, 2006).

Entre las pruebas utilizadas para el análisis sensorial de vinos se encuentran la prueba hedónica y la prueba de rangos de Kramer. La primera se utiliza para investigar la opinión de consumidores elegidos al azar, el principal ámbito de aplicación de este análisis es el estudio de mercado y deben ser realizados a grupos muy grandes de consumidores no entrenados que pertenezcan al estrato socioeconómico sobre el cual se quiere obtener la información (Chamorro *et al.*, 2002). En algunos casos estas pruebas se llevan a cabo con el fin de conseguir información orientativa sobre la aceptabilidad de un producto en los estudios de calidad (Jackson, 2014).

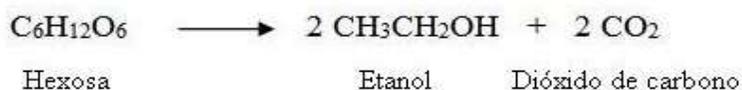
La prueba hedónica se considera estructurada cuando la escala sobre la que va a calificar el consumidor corresponde a valores cuantitativos establecidos y no estructurada si solo indica mayor o menor agrado (Lawless, 2013).

Por otro lado, la prueba de rangos de Kramer es una prueba de preferencia en la que el consumidor elige entre diferentes muestras y las ordena de mayor a menor según sea el agrado por éstas. Con los datos recuperados se pueden obtener valores límite que permitan calificar al producto como agradable, indiferente o desagradable con cierta confianza estadística (Chamorro *et al.*, 2002).

2.3 La fermentación alcohólica

2.3.1 Generalidades

El fenómeno químico esencial de la fermentación alcohólica, la transformación de azúcar en alcohol etílico, es conocido desde hace mucho tiempo. Se define como la transformación anaeróbica de azúcares, básicamente glucosa y fructosa, en etanol y dióxido de carbono. Este proceso es llevado a cabo por levaduras y algunas bacterias como *Zymomonas mobilis*. La reacción general es:



No obstante, la fermentación alcohólica es un proceso mucho más complejo que el arriba señalado, al tiempo que toda esta reacción sucede, ocurren muchos otros fenómenos químicos, bioquímicos y fisicoquímicos que hacen posible obtener vino a partir de la uva (Zamora, 2009).

Al principio la actividad de las levaduras es elevada, la fermentación se denomina tumultuosa, posteriormente esta actividad disminuye dando lugar a la fermentación lenta (Hidalgo-Togores, 2011).

2.3.2 Fenómenos que ocurren durante la fermentación

2.3.2.1 Fenómenos físicos

En general se observa un incremento de la temperatura durante la fermentación tumultuosa debido a que la reacción es exotérmica. Es de suma importancia controlar este incremento durante la vinificación ya que, aunque en un principio favorece la actividad de las levaduras y acelera la fermentación, a mayor volumen de mosto y a mayor concentración de azúcares, más lenta es la pérdida de calor, con lo cual la velocidad fermentativa disminuye. Si la temperatura supera el límite máximo al que las levaduras sobreviven, habrá una detención de la fermentación. Arrancar de nuevo el proceso es sumamente difícil y presenta muchos riesgos de alteración del mosto. Existe una temperatura óptima para cada tipo de vinificación (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3 Temperaturas de fermentación máximas, óptimas y mínimas en función del tipo de vinificación

Tipo de vino	Temperatura (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
Blanco	16	28 – 30	22
Tinto	25	18 - 20	32

(Elaborado con base en Navarre, 1994).

La velocidad a la cual se realiza la fermentación altera la composición del vino y, por ende, su calidad, se ha reportado que a mayor velocidad, mayor producción de glicerol (Remize *et al.*, 1999), por otro lado, cuando la fermentación es lenta se incrementa de

manera indeseable el contenido de compuestos tóxicos tales como el anhídrido sulfuroso y el etil carbamato (Henschke y Jiranek, 1993).

Asimismo, puede observarse una disminución gradual de la densidad debida al incremento de la concentración de alcohol, menos denso que el agua (Figura 2.9). Generalmente se considera que la fermentación alcohólica ha terminado cuando se alcanza una densidad entre 0.996 y 0.992.

Cuando la fermentación se lleva a cabo en presencia de los orujos, además del aumento de la temperatura y la disminución de la densidad se observan cambios en la coloración del líquido debido a la extracción de los antocianos presentes en la piel de la uva estrujada. Asimismo, consecuencia de la continua liberación de CO₂, el orujo se concentra en la parte superior de la cuba formando el sombrero (Navarre, 1994).

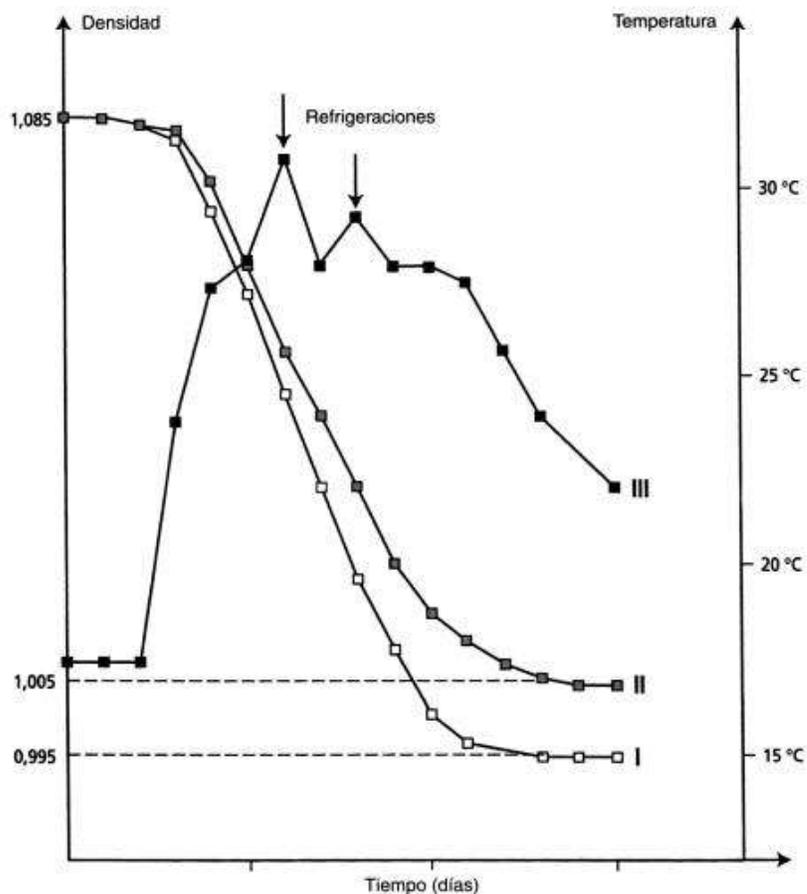


Figura 2.9. Evolución de la temperatura (III) y la densidad durante el periodo de fermentación alcohólica en I) una fermentación normal, II) una fermentación incompleta (Hidalgo-Togores, 2011).

2.3.2.2 Fenómenos químicos

Además del etanol, muchos otros compuestos son formados durante la fermentación, tales como alcoholes superiores, ésteres, glicerol, ácido succínico, diacetilo, acetoína (3-hidroxibutanona), y 2,3-butanodiol. Simultáneamente la levadura sintetiza otras sustancias a partir de diferentes componentes de la uva que aportan características organolépticas peculiares al vino (Zamora, 2009). Así, la composición del producto final respecto al mosto es sumamente diferente (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4 Compuestos presentes en el mosto inicial y los productos a que dan origen en el vino

Precursor en el mosto	Producto en el vino	
Agua	→ Agua	
Azúcares	} Alcohol etílico CO ₂ (g) Productos secundarios (glicerol, etanal, ácido succínico, etc.) Ácidos volátiles (ácido acético).	
		} Ácidos libres (tartárico, málico y cítrico) y en forma de sales. (bitartrato de potasio parcialmente precipitado).
		→ Compuestos minerales
Pectinas	→ Pectinas parcialmente precipitadas	
Sólidos suspendidos	} Compuestos colorantes en disolución. Taninos	

(Modificado de Navarre, 1994).

Para llevar un control sobre la fermentación alcohólica se emplean comúnmente curvas de temperatura y densidad (Figura 2.9) (Navarre, 1994). Poco utilizado es el conteo microscópico poblacional de las levaduras, ya que no permite distinguir entre células activas y muertas, requiriéndose para ello de técnicas como recuento viable, bioluminiscencia o quimiofluorescencia (Walker, 1998).

En cuanto al seguimiento de metabolitos, el más importante es el etanol, seguido por la concentración de azúcares residuales. En cualquier caso, más que requerirse de

determinaciones muy exactas es importante la precisión pues las mediciones se realizan periódicamente y lo que se analiza es su evolución al graficar los valores obtenidos (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006b).

Recientemente se ha introducido en la industria altamente tecnificada el concepto de “pilotaje de la fermentación” donde se mide de manera constante una gran cantidad de variables entre las que destacan la temperatura, el volumen de anhídrido carbónico desprendido, pérdida de peso del depósito, densidad, turbidez y polifenoles. En función de los resultados se regulan de manera automática diversas condiciones en la cuba, como el enfriamiento, el régimen de aireación mediante equipo de microoxigenación, adición de nutrientes para las levaduras, control de la presión de salida del gas carbónico, remontados variando caudal, ciclos y tiempo, entre otros (Hidalgo-Togores, 2011).

2.3.3 Factores que inciden en la fermentación alcohólica

La cinética fermentativa es muy variable en función de las condiciones físicas y la composición química del mosto, en general es la temperatura el factor que tiene más importancia, pues tiende a incrementarse por ser una reacción exotérmica. Se sabe que entre 20 y 30 °C la aceleración de la actividad fermentativa es de hasta 10% por cada grado centígrado de aumento, sin embargo, a mayor velocidad fermentativa, menor eficiencia en la conversión de azúcares a etanol (Navarre, 1994; Sablayrolles, 1998), asimismo, se ve afectada la síntesis de otros compuestos (Henschke y Jiranek, 1993).

En cuanto a la constitución química del mosto, el contenido de nitrógeno asimilable tiene un efecto importante, reconociéndose la escasez de éste como la causa de cinéticas lentas de fermentación (Sablayrolles y Salmon, 2009) y se sabe que los azúcares, el acetaldehído a bajas concentraciones, algunos constituyentes de la pruina y el ácido pirúvico actúan como catalizadores, en tanto que el dióxido de carbono, los ácidos grasos y elevados niveles de acetaldehído se comportan como inhibidores (Navarre, 1998).

2.4 La levadura

2.4.1 Generalidades

Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen sexualmente mediante ascosporas o basidiosporas y vegetativamente por gemación o fisión, generalmente anaerobios facultativos y estrictos quimiorganótrofos, esto quiere decir que requieren de fuentes de carbono en forma orgánica para su crecimiento, las cuales pueden ser azúcares simples, polioles, ácidos orgánicos, alcoholes alifáticos, hidrocarburos y diversos compuestos poliméricos. Se han identificado más de 700 especies, una proporción muy pequeña comparada con el total de la biodiversidad de levaduras existentes en el planeta pues aunque no son ubicuas, puede encontrárseles en gran diversidad de ambientes (Guilliermond, 1920; Walker, 1998).

2.4.2 Biología

2.4.2.1 Taxonomía

Las levaduras pertenecen al Reino *Fungi*, dentro del dominio *Eukarya*. Este reino se divide en *Ascomycota* y *Basidiomycota*. La levadura más utilizada a nivel industrial, *Saccharomyces cerevisiae*, pertenece a la primera división (Cuadro 2.5). Se reconocen alrededor de 100 diferentes géneros de levaduras (Walker, 2011).

Cuadro 2.5 Taxonomía de *Saccharomyces cerevisiae*

Clasificación taxonómica	
Reino	<i>Fungi</i>
División	<i>Ascomycota</i>
Clase	<i>Hemiascomycete</i>
Orden	<i>Endomycetales</i>
Familia	<i>Saccharomycetaceae</i>
Subfamilia	<i>Saccharomyetoideae</i>
Género	<i>Saccharomyces</i>
Especie	<i>S. cerevisiae</i>

(Walker, 2011).

2.4.2.2 Morfología

Las levaduras presentan formas muy variadas, generalmente son esféricas u ovoides pero también las hay apiculadas, cilíndricas, hifales, entre otras. La diversidad de formas en función del género de levadura se consigna en la Cuadro 2.6.

Las levaduras poseen una membrana muy delgada y la mayoría de ellas contienen vacuolas hialinas y gránulos opacos. La dimensión de las células varía entre 1 y 4 μ de ancho por 1 y 9 μ de largo (Guilliermond, 1920).

Cuadro 2.6 Diversidad de formas en las levaduras y ejemplos de géneros y especies asociadas a cada morfología

Forma	Ejemplos
Elíptica	<i>Saccharomyces</i>
Cilíndrica	<i>Schizosaccharomyces</i>
Apiculadas	<i>Hanseniaspora, Saccaromyces</i>
Ojival	<i>Dekkera, Brettanomyces</i>
Hifal	<i>Saccaromycopsis</i> spp.
Dimórfica	<i>Candida albicans, Saccharomycopsis fibuligera, Kluyveromyces marxianus, Malassezia furfur, Yarrowia lipolytica, Ophiostoma novo-ulmi, Sporothrix schenkii, Histoplasma capsulatum</i>
Triangular	<i>Trigonopsis</i>
Curvada	<i>Cryptococcus</i>
Esférica	<i>Debaryomyces</i>

(Modificado de Walker, 2011).

2.4.2.3 Fisiología

El desarrollo de esporas en la reproducción sexual representa un proceso de diferenciación morfológica, fisiológica y bioquímica de las células sexuales.

El apareamiento involucra la conjugación de dos células haploides (designadas como a y α , Figura 2.10). Se da entonces un contacto pared a pared seguido de la fusión de la pared para la formación de un citoplasma común, posteriormente hay una fusión nuclear que da como resultado un núcleo diploide el cual se divide mitóticamente cuando las condiciones nutrimentales del medio son las adecuadas.

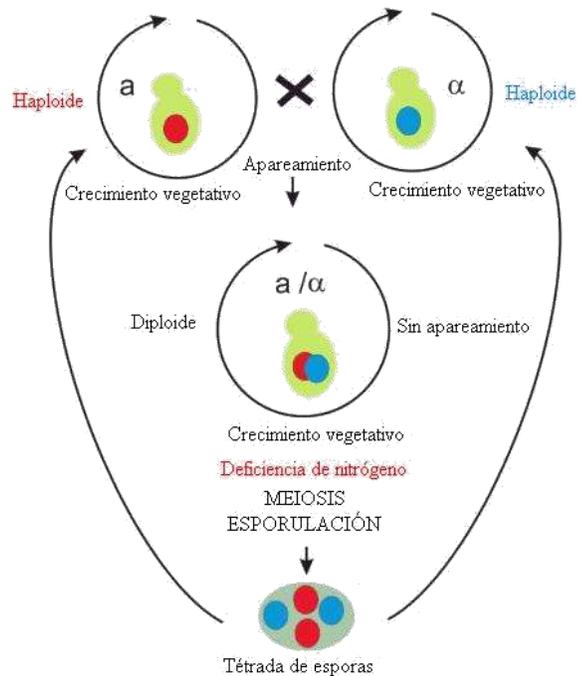


Figura 2.10. Ciclo vital de la levadura (Modificado de Feldmann, 2011).

En condiciones de deficiencia de nitrógeno, la célula diploide esporula formando cuatro esporas haploides que al ser colocadas de nuevo en medios balanceados, germinan y generan cuatro gemas haploides que pueden aparearse para regresar al estado diploide (Walker, 2011).

2.4.3 *Levaduras enológicas*

2.4.3.1 *Generalidades*

La levadura más importante en la industria enológica es la especie *Saccharomyces cerevisiae*, sin embargo, la uva procedente de la vendimia contiene una gran diversidad de microorganismos que se han adherido a la epidermis de la uva, entre ellos se encuentran diversos géneros de levaduras. A éstas se les ha denominado comúnmente levaduras nativas o naturales porque se originan en el viñedo o en la bodega, sin embargo esta denominación puede sugerir que otros géneros como *Saccharomyces* son “no naturales”. Para evitar ambigüedades se decidió clasificarlas en dos grupos distinguiendo las que pertenecen al

género *Saccharomyces* de las que no mediante el término “no-*Saccharomyces*” (Fugelsang y Edwards, 2007).

2.4.3.2 Fuentes de levadura

Existen dos tendencias en la elaboración de vino: a) el uso de cultivos puros de levadura o b) la utilización de la flora asociada a la uva. En este sentido se pueden distinguir las levaduras como inoculadas o no inoculadas. La primera opción ha sido adoptada por fábricas que manejan grandes volúmenes, en tanto que la segunda se emplea en fábricas pequeñas y en el caso de las regiones con denominación de origen como los vinos de “Chateaux” (García y López-Munguía, 1993; Bisson y Joseph, 2009).

Las no inoculadas son aquellas que están presentes en la vendimia de manera natural y que, después del estrujado de la uva comenzarán la fermentación alcohólica. En este caso la diversidad será variable año con año pues depende de múltiples factores como el clima y el manejo agronómico del cultivo (Bisson y Joseph, 2009). Entre las principales desventajas de su utilización se puede mencionar el poco control que se tiene sobre la fermentación, la potencial producción de sabores y aromas indeseables en el producto y una cinética fermentativa lenta que puede conducir a una fermentación incompleta. Otro de los grandes problemas es que, si no flocculan adecuadamente, dificultan la clarificación del vino (Medina *et al.*, 2007).

Respecto a las inoculadas, existen dos fuentes, la levadura comercial y la levadura nativa seleccionada para su uso en una determinada región. Las levaduras comerciales han sido aisladas en bodegas o por institutos de investigación debido a su capacidad para llevar a cabo fermentaciones eficientes. Se comercializan actualmente pudiendo encontrar en el mercado cientos de cepas en presentaciones para su uso a corto y mediano plazo (levadura seca activa) o para almacenamiento prolongado (levadura liofilizada) (Navarre, 1994; García y López-Munguía, 2003).

Este tipo de tecnología asegura un producto reproducible y reduce los riesgos de contaminación, sin embargo, el uso de estas levaduras ha causado controversia, siendo el principal argumento en contra que el uso de una misma levadura en diferentes regiones lleva a la obtención de vinos con características comunes (Di Maro, 2007).

Finalmente se tiene la levadura nativa seleccionada la cual permite sumar las ventajas de las levaduras comerciales a las de la fermentación espontánea mediante el aislamiento y caracterización de levaduras asociadas a la producción de una bodega particular, relacionadas íntimamente con un varietal inserto en una zona vitícola específica (Medina *et al.*, 2007).

Partiendo de este concepto se llega a la importancia de seleccionar levaduras ecológicamente pre-adaptadas tanto a las características de una región (por ejemplo, la temperatura) como a las peculiaridades de los mostos y de la microbiota presente (Vázquez *et al.*, 2005), pudiendo así asegurar tanto la conservación de las propiedades sensoriales de los vinos de dicha región como la eficiencia en el proceso enológico (Versavaud *et al.*, 1995).

2.4.4 Selección de levaduras nativas en enología

2.4.4.1 Géneros de interés

El estudio de las levaduras enológicas es relativamente reciente, año con año se obtienen nuevas cepas en diversas partes del mundo correspondientes a casi 20 géneros diferentes (Bisson y Joseph, 2009). Entre los géneros que sobresalen por la frecuencia con que son aislados están, al inicio de la fermentación, *Kloeckera*, *Hanseniaspora* y *Candida*; cuando la graduación alcohólica ronda entre 3 y 4% suelen observarse *Metschnikowia* y *Pichia*, finalmente, en las últimas etapas prevalece el género *Saccharomyces*. Otros géneros como *Brettanomyces*, *Kluyveromyces*, *Schizosaccharomyces*, *Torulaspota* y *Zygosaccharomyces* pueden encontrarse también presentes durante y después de la fermentación, sin embargo, varios de ellos pueden ocasionar alteraciones en el vino (Pretorius, 2000). Por su parte, Deak (2009) señala a *Hanseniaspora uvarum* como una especie con potencial aplicación en la enología.

2.4.4.2 Criterios de selección

Entre las características que se consideran para seleccionar una levadura con fines enológicos se encuentran: a) aquellas que contemplan la duración y eficiencia del proceso fermentativo (eficiencia en la conversión de alcohol, inicio de la fermentación, cinética

fermentativa, etc.); b) la capacidad de la levadura para adaptarse a condiciones propias del mosto (tolerancia al SO₂, al etanol, osmotolerancia, actividad a bajas temperaturas, etc.); c) la producción de metabolitos secundarios, tanto los que aportan aromas y originalidad al vino (glicerol, alcoholes superiores, etc.) como aquellos que pueden resultar en disminución de la calidad (anhídrido sulfuroso, ácido sulfhídrico, ácido acético, acetaldehído, etc.); y d) la interacción con otras especies (fenotipo *killer*) (Subden, 1990; Degre, 1993; Vázquez *et al.*, 2005).

2.4.4.3 *Proceso de selección*

Con la finalidad de incrementar la diversidad de microorganismos con que se cuenta así como tenerlos disponibles en cultivo puro, muchos institutos y bodegas constituyen colecciones de cepas de levaduras mediante un proceso que implica la selección, el estudio de las aptitudes tecnológicas, la identificación genética, la evaluación a nivel industrial y la conservación de las cepas obtenidas (Branger *et al.*, 2007).

La selección comienza con la recuperación de microorganismos presentes en la flora nativa, su propagación, generalmente en medio selectivo y su purificación. Posteriormente se evalúan las características enológicas de interés (eficiencia fermentativa, eficiencia en la conversión de azúcares a etanol, tolerancia a etanol, osmotolerancia, producción de compuestos de azufre, etc.) para descartar aquellas cepas con menor potencial (Subden, 1990; Delfini y Formica, 2001).

La evaluación industrial comprende, por una parte, el seguimiento de la fermentación a nivel de planta piloto y por otro lado la producción de la cepa a nivel comercial, el conocimiento de las condiciones de reproducción, la recuperación y el almacenamiento. Finalmente se debe mantener las cepas en crioconservación y asegurar el mantenimiento de su viabilidad (Branger *et al.*, 2007).

2.4.4.4 *Antecedentes a nivel mundial*

Habiéndose reconocido las bondades del empleo de levaduras nativas seleccionadas, la investigación enológica mundial se encuentra trabajando en esta área desde hace más de tres décadas, tanto en el estudio de la diversidad de microorganismos asociados a regiones vitícolas delimitadas (Poulard *et al.*, 1980; Vezinhet *et al.*, 1992;

Versavaud *et al.*, 1993), como en la identificación de cepas de interés presentes de manera natural durante los procesos de vinificación (Heard y Fleet, 1986; Frezier y Dubourdier, 1992; Vagnoli *et al.*, 1993).

Este tipo de trabajos continúan siendo realizados en países con amplia tradición vitivinícola como Francia (Sadoudi *et al.*, 2012), Argentina (Massera *et al.*, 2012), España (Barrajón-Simancas *et al.*, 2011) e Italia (Capece *et al.*, 2011; Suzzi *et al.*, 2012).

Recientemente, los países emergentes en la producción de vino muestran cada vez más interés en esta línea de investigación como se puede ver en Australia (Borneman *et al.*, 2012), China (Li *et al.*, 2011; Wang y Liu, 2013) y Corea (Hong y Park, 2013).

2.4.4.5 Avances a nivel regional

En México se cuenta con trabajos incipientes para la obtención de cepas nativas con potencial enológico (Martínez-Peniche *et al.*, 2014). En 2012 en Querétaro se comenzó con un proyecto para selección de levaduras en viñedos del estado. De alrededor de 100 cepas aisladas se seleccionaron ocho pertenecientes al género *Saccharomyces* (Cuadro 2.7) (Miranda, 2013) y ocho no-*Saccharomyces* (Cuadro 2.8) (Ortiz, 2013).

Cuadro 2.7 Cepas de algunas levaduras *Saccharomyces* seleccionadas en Querétaro y sus características de interés enológico

Característica	Cepas			
	N-5	SR-19	SR-25	SR-26
Especie	<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. paradoxus</i>	<i>S. cerevisiae</i>
Tolerancia a etanol	Elevada	Moderada a elevada	Elevada	Moderada
Tolerancia a SO ₂	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada
Rendimiento azúcar/etanol	16.3 g/°GL	16.9 g/°GL	18.2 g/°GL	16.8 g/°GL

Elaborado con base en Miranda (2013)

Entre las cepas de *S. cerevisiae* destaca N-5 por su elevada eficiencia en la conversión de azúcares en etanol (Cuadro 2.7), en tanto que N-39 del grupo no-*Saccharomyces* (*H. uvarum*) es la que produce la mayor cantidad de glicerol

(Cuadro 2.8), compuesto reconocido por aportar mayor viscosidad al vino (Jackson, 2014) lo que se traduce como “cuerpo” en la cata (Aleixandre, 2006).

Cuadro 2.8 Cepas de levaduras no-*Saccharomyces* seleccionadas en Querétaro y sus principales características de interés enológico

Característica	Cepas			
	NB-39	NR-77	NB-108	NB-31
Especie	<i>H. uvarum</i>	<i>H. uvarum</i>	<i>H. uvarum</i>	<i>H. uvarum</i>
Producción de glicerol	7.45 g/l	6.49 g/l	5.90 g/l	5.80 g/l
Tolerancia a etanol	Baja	Elevada	Baja	Moderada a elevada
Tolerancia a SO ₂	Media	Elevada	Elevada	Baja
Sobrevivencia en presencia de <i>S. cerevisiae</i>	Cuatro días	Cuatro a cinco días	Cuatro días	Cuatro días

Elaborado con base en Ortiz (2013)

III. OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar la calidad física, química y sensorial de vinos blancos y tintos obtenidos a partir de la fermentación con dos levaduras nativas seleccionadas en viñedos del estado de Querétaro.

ESPECÍFICOS

Estudiar el comportamiento fermentativo a nivel comercial y semicomercial de cepas de levaduras seleccionadas en el estado de Querétaro.

Analizar las características físicas, químicas y sensoriales de vinos de mesa obtenidos con levaduras nativas seleccionadas, elaborados a partir de uva producida en la región.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Material biológico y sitio experimental

4.1.1 Localización del sitio experimental

El presente trabajo se realizó tanto en el Laboratorio de Fermentaciones y Fisiología de Frutas y Hortalizas de la UAQ, así como en dos bodegas vinícolas comerciales establecidas en el estado de Querétaro, “Escuela del Vino Artesanal” (con el apoyo de “Viñedos Azteca”) y “Cía. Vinícola San Patricio”. Asimismo, se empleó material de los viñedos de la “Finca El Rosario”, ubicada a 3 Km de la comunidad ‘La Griega’ Mpio. de El Marqués y a aproximadamente 30 Km de la cd.de Querétaro y de “Rancho Tunas Blancas” ubicado en la carretera San Juan del Río-Cadereyta, Km 40+0.4, Mpio. de Ezequiel Montes (a 59 Km de la capital del estado) (Cuadro 4.1):

Cuadro 4.1. Ubicación y localización geográfica de los viñedos en el presente estudio

Viñedo	Municipio	Elevación (msnm)	Ubicación
“El Rosario”	El Marqués	1850	20° 50’ LN, 100° 09’ LO
“Tunas Blancas”	Ezequiel Montes	1950	20° 70’ LN, 99° 88’ LO

Fuente: Google Earth (2014).

4.1.2. Material biológico

4.1.2.1. Uva

Se utilizaron frutos de *Vitis vinifera* cv. ‘Merlot’ y ‘Syrah’ (50 Kg de cada una) para la elaboración de vinos tintos, así como ‘Chardonnay’ para la elaboración de vino blanco. En el caso de ‘Chardonnay’ la cosecha se realizó en la primera semana de agosto de 2012, en tanto que ‘Merlot’ y ‘Syrah’ se cosecharon en la segunda quincena del mismo mes; en todos los casos las bayas se encontraban en madurez tecnológica aparente.

‘Chardonnay’ es la variedad de uva blanca con la mayor superficie establecida en el mundo y reconocida para la elaboración de vinos blancos de calidad, especialmente por ser la única variedad blanca en la DO Champagne (Frank, 2008) y estar incluida en las DO Montrachet, Meursault y Chablis. Durante mucho tiempo se consideró uva blanca de ‘Pinot’ y es conocida con otras nomenclaturas como ‘Beaunois’ o ‘Aubain’. Es de suma importancia

en Francia y en la región vitícola de California, EE.UU. (Galet, 1979) y desarrolla bien en suelos medianamente fértiles, calcáreos y donde no hay sequías intensas. Sus bayas son redondas y pequeñas, de maduración temprana pudiendo emplearse tanto para vinos blancos secos como espumosos y licorosos. Los vinos de ‘Chardonnay’ presentan aromas complejos e intensos de frutos secos, de avellana, aromas tostados, de frutas exóticas y de mantequilla (Boidron *et al.*, 1995).

Por su parte, ‘Merlot’ es una de las variedades de uva para vino de mayor distribución en el estado, se conoce también con los nombres de ‘Petit merle’ y ‘Vittraille’ (Galet, 1979). La planta se adapta a suelos argilo-calcáreos, es vigorosa, de maduración temprana a intermedia y más productiva que ‘Cabernet Sauvignon’ (Boidron *et al.*, 1995). El racimo es cilíndrico, de entre 10 y 15 cm y suelto, pudiendo presentar un alerón. Las bayas son redondas de color negro azuláceo (Galet, 1979) y de tamaño mediano. Permite obtener vinos redondos, intensos, ricos en alcohol y color, de acidez relativamente baja y potencial para guarda. Los aromas de los vinos de ‘Merlot’ suelen ser complejos y elegantes (Boidron *et al.*, 1995).

Finalmente, también conocida como ‘Schiras’, ‘Hignin noir’ y ‘Serenne’, la variedad ‘Syrah’ se cultiva desde la época del Imperio Romano en el norte de las costas del Ródano (Galet, 1979). El cultivo es muy sensible a clorosis y difícilmente se adapta a suelos con elevados contenidos de carbonato de calcio activo (Boidron *et al.*, 1995) tendiendo a responder de manera muy particular en función del clima y suelo donde se cultive (Robinson, 2000). Se considera una variedad de ciclo corto, resaltando que el periodo de recolección es muy breve y se requiere, para decidir el momento de cosecha, tomar en cuenta no sólo azúcares y acidez sino el peso de las bayas (Boidron *et al.*, 1995). Los rendimientos suelen ser bajos, disminuyendo considerablemente la calidad al incrementar la producción. El racimo es mediano, cónico y compacto con bayas pequeñas, de forma elíptica y color negro azulado, sumamente jugosas y dulces (Galet, 1979). Los vinos de ‘Syrah’ son rojo intensos con buen grado alcohólico y aptos para su añejamiento, presentando aromas a violeta, olivas y cuero (Boidron *et al.*, 1995).

4.1.2.2 Levaduras

Para la fermentación alcohólica se utilizaron dos levaduras nativas seleccionadas en los viñedos antes mencionados durante el año 2012 (Miranda, 2013; Ortiz, 2013; Martínez-Peniche *et al.*, 2014). De la especie *S. cerevisiae* se emplearon la cepa nativa N-5 y, como testigo comercial, la cepa ICV-K1 (V1116) (Lallemand, 2014) (en adelante “K1”), así como la levadura nativa no-*Saccharomyces* NB-39 (*Hanseniaspora uvarum*). Las principales características de estas cepas se consignan en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2 Principales características de las cepas de levadura empleadas en el presente estudio

Característica	N-5	K1	NB-39
Especie	<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>H. uvarum</i>
Procedencia	El Marqués, Querétaro, México	Languedoc Rousillon, Francia	San Juan del Río, Querétaro, México
Características tecnológicas	Elevada tolerancia al sulfitado y al etanol. Fermentación completa y rápida.	Tolerante al sulfitado y al etanol. Fermentación completa y rápida.	Baja tolerancia a etanol, media al sulfitado. Desarrollo normal de la fermentación en presencia de K-1. Actividad β -glucosidasa positiva

Elaborado con base en Martínez-Peniche *et al.* (2014) y (Lallemand, 2014).

4.2 Ensayos de microvinificación en laboratorio

4.2.1 Multiplicación de las levaduras y preparación del pie de cuba

Para la propagación de las cepas de levaduras se tomó una azada a partir de cultivos puros en placa y se inocularon por separado en tubos de ensayo conteniendo medio NYDB enriquecido en dextrosa (3x), se mantuvieron durante 72 h a 24 °C y 200 rpm de agitación. Pasado este tiempo se realizaron recuentos en la cámara de Neubauer, ajustando la concentración a 1×10^6 UFC/ml (Sandoval *et al.*, 2011).

Los pies de cuba se prepararon utilizando 15 ml de mosto sin sulfitar de la variedad correspondiente, colocados en tubos de ensayo y mantenidos a 36 ± 1 °C, una vez observada

la actividad fermentativa (desprendimiento de anhídrido carbónico) los pies de cuba fueron escalados al volumen final (Navarre, 1994).

4.2.2 Vinificación en blanco

Para la vinificación en blanco las uvas de la variedad 'Chardonnay' fueron despalladas manualmente, se estrujaron e inmediatamente se prensaron con ayuda de una prensa vertical en malla de tergalina para obtener el mosto. El mosto se mantuvo durante 24 h a 2 °C para el desfangado, separando el líquido de los sedimentos mediante sifoneo. Debido a las condiciones de sanidad en que se encontraba la uva (elevada presencia de tierra), se realizó un tratamiento térmico similar a una termovinificación, manteniendo el mosto a 60 °C durante 20 min después de los cuales se enfrió nuevamente a 2 °C, se reposó durante 24 h y se hizo un segundo desfangado para eliminar una mayor cantidad de sólidos suspendidos (Hornsey, 2007).

Posteriormente se colocaron 800 ml del mosto en matraces Erlenmeyer de 1000 ml y se inocularon con la cepa de levadura *S. cerevisiae* correspondiente para iniciar la fermentación. Para el caso de los tratamientos que además incluyeron a la levadura no-*Saccharomyces*, ésta se inoculó con 36 horas de antelación, pasado ese tiempo el mosto se sulfitó para proseguir con la inoculación de la levadura *S. cerevisiae* (Clemente-Jiménez *et al.*, 2005; Medina *et al.*, 2012).

Al momento de la inoculación los mostos se encontraban de 25 a 27 °C; una vez iniciada la fermentación alcohólica (inoculación con *S. cerevisiae*) y durante el curso de ésta, la temperatura se mantuvo a 18±1 °C. Para el seguimiento y control de la fermentación se tomaron mediciones de la densidad y de temperatura. Se consideró terminada la fermentación cuando la densidad fue menor a 1000 g/l.

El vino obtenido se embotelló evitando en lo posible el contacto con el aire para prevenir del daño por bacterias acéticas. Para la clarificación y la estabilización tartárica se reposó a 2 °C durante tres meses, se trasegó y se realizaron las determinaciones físicas, químicas y sensoriales correspondientes (Navarre, 1994).

4.2.3 Vinificación en tinto

La obtención de vino tinto inició con el despalillado y estrujado de bayas de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ utilizando una despalilladora mecánica. Para las vinificaciones 800 ml de mosto se encubaron en matraces Erlenmeyer de 1000 ml en presencia de los orujos y se inocularon con la cepa de *S. cerevisiae* para iniciar la fermentación alcohólica, iniciando con una temperatura de 25 °C y manteniéndola en 22±1 °C durante el curso de ésta. En el caso de los tratamientos que incluían a la cepa no-*Saccharomyces*, ésta se inoculó con 36 horas de antelación, pasado ese tiempo el mosto se sulfitó (10 g/hl de K₂S₅O₂ equivalentes a 5 g/hl de SO₂) para proseguir con la inoculación de la levadura *S. cerevisiae* (Clemente-Jiménez *et al.*, 2005; Medina *et al.*, 2012).

La maceración tuvo una duración de cinco días, al final se separaron los orujos escurriendo primero el vino flor y después sometidos a prensado en malla de tergalina en una prensa vertical de aluminio.

A partir del prensado se midieron la densidad y la temperatura obteniendo las curvas correspondientes. Al igual que en los vinos blancos, se consideró completa la fermentación cuando la densidad fue menor a 1000 g/l, se embotelló y se conservó a 2±1 °C durante tres meses para la estabilización tartárica y la clarificación. Finalizado este periodo se procedió a realizar los análisis físicos, químicos y sensoriales correspondientes (Navarre, 1994).

4.3 Vinificaciones en bodegas

4.3.1 Bodega San Patricio

Se trabajó con 100 hl de mosto de la variedad ‘Ruby Cabernet’ (*Vitis vinifera* ‘Cabernet Sauvignon’ x ‘Carignan’) mediante vinificación tradicional en tinto en cubas de acero inoxidable y manteniendo el control de la temperatura. Previo a la inoculación se sulfitó a una dosis de 15 g/hl. Para el pie de cuba se emplearon 1000 ml de inóculo ajustado a 1x10⁸ UFC/ml de levaduras de la cepa N-5. El tratamiento se comparó con otra vinificación similar en la cual sólo se sulfitó a la misma dosis para favorecer una fermentación espontánea con las levaduras nativas del mosto. Muestras de los vinos

obtenidos fueron entregadas al Laboratorio de Fermentaciones para su análisis físico y químico.

4.3.2 Escuela de Vino Artesanal

Se emplearon 800 l de mosto de la variedad ‘Cabernet Sauvignon’ y se sometieron a vinificación tradicional en tinto. Para el pie de cuba se inocularon 1500 ml de una suspensión de la cepa N-5 a una concentración de 1×10^8 UFC/ml. Los vinos obtenidos fueron colocados en barrica durante ocho meses después de los cuales se embotellaron. Se entregaron muestras representativas al Laboratorio de Fermentaciones para proceder a su análisis utilizando como testigo un vino obtenido bajo las mismas condiciones pero a partir de una levadura comercial.

4.4 Análisis de los vinos obtenidos

4.4.1 Físicos y químicos

4.4.1.1 Densidad

Se determinó mediante picnometría (Pyrex, 25 ml), haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{W_M - W_v}{V}$$

Donde ρ es la densidad expresada en g/ml, W_M el peso del picnómetro con la muestra medida en gramos, W_v el peso en gramos del picnómetro vacío y V el volumen calibrado del picnómetro en ml (OIV, 2014c). La determinación se hizo por triplicado para cada repetición.

4.4.1.2 Potencial de hidrógeno

Se cuantificó el pH por triplicado mediante potenciómetro calibrado a dos puntos (pH=4.01 y 7.00) (OIV, 2014c).

4.4.1.3 Acidez total titulable

Se determinó mediante titulación con una solución de NaOH 0.1N, valorada con una solución de ácido clorhídrico 0.1N. Se tomaron por triplicado para cada repetición

alícuotas de 5 ml de mosto diluidas con agua destilada a un volumen de 50 ml y se titularon con la solución de NaOH 0.1N hasta alcanzar un pH de 7.0, la acidez se expresó en g/l de ácido tartárico (OIV, 2014c).

4.4.1.4 Acidez volátil

Se determinó por el método de García-Tena: Una alícuota de 11 ml de vino se sometió a destilación, se desechó la primera fracción equivalente a un volumen de 5.1 ml, la segunda fracción (3.2 ml) se colectó y se tituló con NaOH 0.009N utilizando fenolftaleína como indicador. El vire de incoloro a rosa indicó el fin de la titulación. La acidez volátil se expresó en g/l de ácido acético (OIV, 2014c).

4.4.1.5 Grado alcohólico

Se colocaron 100 ml de en un matraz bola y se destilaron $\frac{3}{4}$ de la muestra aproximadamente, el producto recolectado se vació a un matraz volumétrico de 100 ml aforando con agua destilada, se determinó la densidad por picnometría basándose en tablas (Anexo I) y haciendo el ajuste de temperatura (OIV, 2014c).

4.4.1.6 Contenido de glicerol

Para la cuantificación de glicerol se empleó el paquete enzimático Enzytec® Glycerol (r-biopharm). Para la reacción 1 ml de solución tampón de glicilglicina (NADD+ATP+PEP) fue adicionado de 0.1 ml de vino y a 0.01 ml de una suspensión de piruvato kinasa y L-lactato deshidrogenasa, se agregaron 1.9 ml de agua bidestilada, se agitó y pasados cinco minutos se agregaron 0.01 ml de una suspensión de glicerokinasa. La mezcla se agitó nuevamente, se reposó cinco minutos y se leyó la absorbancia a 340 nm empleando una celda de 1.00 cm de espesor. Se repitió la lectura pasados dos minutos. La reacción se detalla en el Anexo II.

4.4.1.7 Sustancias reductoras

Con base en el método de Fehling, se colocaron 10 ml de vino sin decolorar en un matraz volumétrico y se ajustó a 50 ml con agua destilada, la dilución se vertió en una bureta. En paralelo, 10 ml de licor de Fehling fueron adicionados de 50 ml de agua destilada

y tres gotas de azul de metileno, se calentó la mezcla con agitación hasta ebullición, momento en que se inició la titulación con la solución de la muestra. Se consideró alcanzado el punto de neutralidad al observar que el sobrenadante se tornaba incoloro. Para determinar el título del licor de Fehling se empleó una solución de glucosa 0.2 % (OIV, 2014c).

4.4.1.8 Características cromáticas

Para la determinación de las características cromáticas se eliminó el mayor contenido posible de CO₂ con agitación y se realizaron diluciones 1/10 en agua destilada. Se determinaron por triplicado para cada repetición las absorbancias a $\lambda = DO_{420}$, DO_{520} y DO_{620} nm mediante un espectrofotómetro UV-VIS. Se calcularon la intensidad colorante (Abs_{420} para blancos y $Abs_{420}+Abs_{520}+Abs_{620}$ para tintos), así como el matiz en los vinos tintos (Abs_{420}/Abs_{520}) (OIV 2014c).

4.4.2 Análisis sensorial

En el ensayo de microvinificaciones, a partir de las repeticiones (cinco para ‘Chardonnay’ y nueve para cada variedad tinta), se tomaron alícuotas para obtener una mezcla final de 1500 ml. Se embotellaron y se mantuvieron a 2 ± 1 °C hasta su empleo. A cada muestra se le asignó una clave conformada por letras y dígitos de manera aleatoria; los vinos se sirvieron en copas tipo tulipán y se acomodaron sobre una mesa en orden de degustación; dicho orden se obtuvo mediante aleatorización para cada juez. Se contó con la presencia de 36 panelistas no entrenados.

El análisis consistió de dos pruebas: hedónica no estructurada con tres acotaciones, neutral en el centro y en los extremos “me gusta mucho” y “me disgusta mucho” y prueba de Kramer, en que se pidió a los jueces que clasificasen las muestras de vinos por orden decreciente de preferencia según su apreciación. En ambas pruebas se solicitó la evaluación de los aspectos visual, olfativo, gustativo y aceptabilidad general.

4.5 Métodos estadísticos

4.5.1 Diseño del experimento

4.5.1.1 Vinificación en blanco

Se realizó un experimento bifactorial bajo un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, siendo los factores a evaluar la cepa de levadura *S. cerevisiae* (nativa seleccionada N-5 y testigo comercial K-1) y el empleo de una cepa del tipo no-*Saccharomyces* (con y sin *Hanseniaspora uvarum* NB-39). La unidad experimental consistió de 800 ml de mosto.

4.5.1.2 Vinificación en tinto

En un arreglo trifactorial completo se evaluaron: 1) la cepa de levadura *S. cerevisiae* utilizada para la fermentación alcohólica (nativa seleccionada N-5 y comercial K-1); 2) el empleo de una cepa del tipo no-*Saccharomyces* (con y sin *Hanseniaspora uvarum* NB-39) y 3) el cepaje de vid ('Merlot' y 'Syrah'). El diseño experimental fue completamente al azar con nueve repeticiones. La unidad experimental consistió de 800 ml de mosto.

4.5.2 Variables evaluadas

4.5.2.1 Físicas y químicas

Se evaluaron densidad, potencial de hidrógeno, acidez total titulable, grado alcohólico, acidez volátil, contenido de glicerol, sustancias reductoras, intensidad colorante y matiz.

4.5.2.2 Sensoriales

Se analizaron los aspectos visual, olfativo, gustativo y aceptación general.

4.6 Análisis estadístico

Los datos de las variables obtenidas fueron sometidos a análisis de varianza de Fisher y pruebas de medias de Student (análisis físicos y químicos) y de Tukey (prueba sensorial hedónica no estructurada) utilizando el programa estadístico "STATGRAPHICS Centurion XVI.I", así como la comparación con base en las tablas de Kramer (1963) en el caso de la prueba de preferencia en el análisis sensorial (Anexo IV).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Microvinificaciones en laboratorio

5.1.1 Seguimiento de la fermentación

5.1.1.1 Vinos de 'Chardonnay'

En todos los tratamientos se observaron fermentaciones completas ($\rho \leq 1000$ g/l). En los mostos de 'Chardonnay' (Figura 5.1) las fermentaciones con N-5 (cepa nativa seleccionada) y con K-1 (cepa testigo) terminan al día seis alcanzando valores similares de densidad final (990.5 g/l para N-5 vs. 990.7 g/l para K-1).

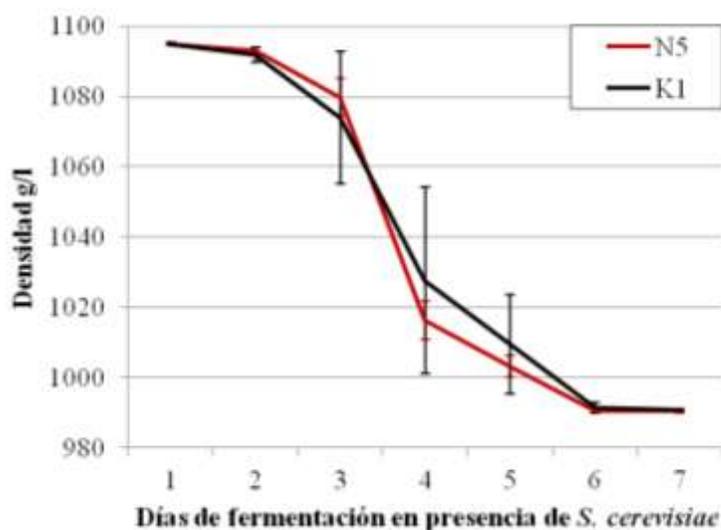


Figura 5.1 Evolución de la densidad de mosto de la variedad 'Chardonnay' durante la fermentación alcohólica con las cepas de *S. cerevisiae* N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial).

Por otro lado, al incorporar a la cepa NB-39 (*H. uvarum*) se observa que, independientemente de la cepa de *S. cerevisiae*, el final de la fermentación se alcanza al día cinco, es decir, se obtiene un adelanto de la fermentación de un día (Figura 5.2). Lo cual podría tener un efecto en la composición química del vino, a este respecto, Remize *et al.* (1999) encontraron una mayor concentración de glicerol en los vinos cuando la fermentación se completaba alrededor de 30 horas antes que el testigo.

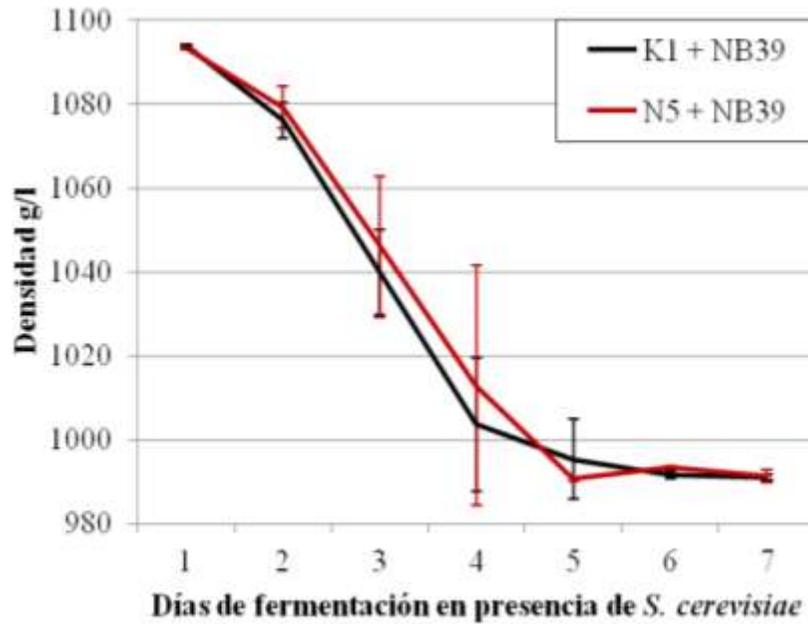


Figura 5.2. Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Chardonnay’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de *S. cerevisiae* N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial) en presencia de la levadura no-*Saccharomyces* NB-39 (*H. uvarum*).

En contraste con el presente estudio, Andorrà *et al.* (2010) reportan fermentaciones incompletas al utilizar un cultivo mixto de *H. uvarum/S. cerevisiae*, lo cual podría deberse a la proporción de la mezcla de cepas del inóculo, pues mientras ellos la usaron en una única inoculación a una razón 9:1, respectivamente, en el presente estudio se inoculó 1:1 de manera secuencial.

Por su parte, Medina *et al.* (2012) reportan diferencias en el crecimiento poblacional de *S. cerevisiae* en función de la proporción *H. vineae: S. cerevisiae* (10:1 vs. 1:1) inoculadas de manera secuencial (*H. vineae* 24 h antes que *S. cerevisiae*), teniendo como consecuencia una disminución de 25% en el crecimiento de *S. cerevisiae* al incrementar el inóculo de *H. vineae* y una lenta velocidad de fermentación.

Sin embargo, el empleo de cepas no-*Saccharomyces* no siempre afecta la velocidad fermentativa, de hecho, Viana *et al.* (2011) aseguran que la inoculación con una cepa de *H. vineae* no tuvo efectos, ni en la fermentación, ni en el crecimiento de *S. cerevisiae*, sin importar la proporción de las cepas ni la forma de inocularlas (mixta o secuencial). En el presente estudio se trabajaron proporciones idénticas de ambos microorganismos inoculados

de manera secuencial, además, el sulfitado posterior a la primera inoculación pudo haber contribuido a disminuir la población de *H. uvarum*, evitando así un posible efecto sobre el crecimiento de *S. cerevisiae*.

5.1.1.2 Vinos tintos

En cuanto a los vinos tintos, en el caso particular de ‘Merlot’, ambas levaduras terminan la fermentación al día 7 (Figura 5.3).

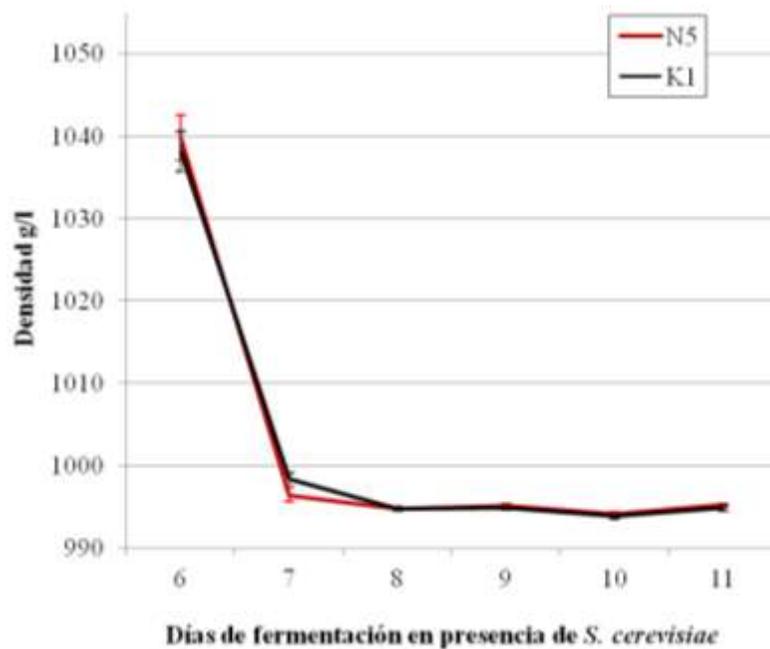


Figura 5.3. Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Merlot’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de *S. cerevisiae* N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial).

Por otro lado en presencia de *H. uvarum* el tiempo de fermentación disminuye de manera desigual (5 d para K-1 vs. 6 d para N-5) (Figura 5.4).

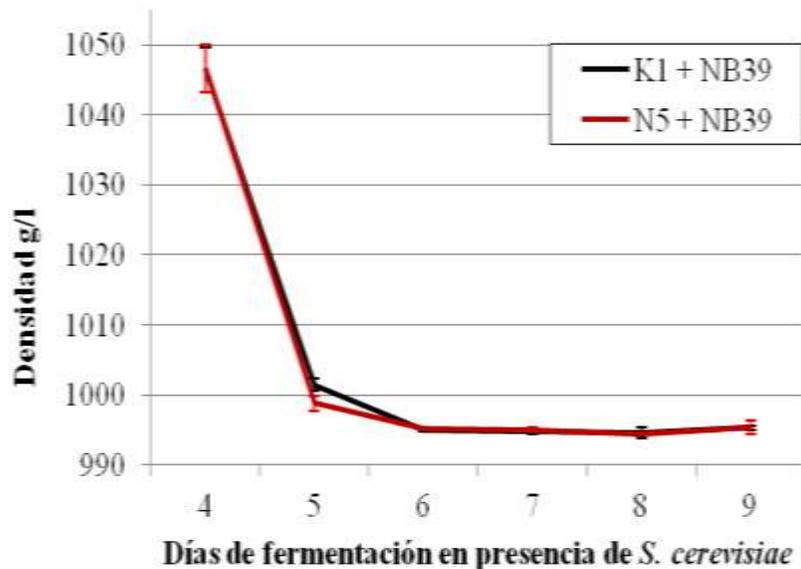


Figura 5.4 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Merlot’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de *S. cerevisiae* N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial) en presencia de la levadura no-*Saccharomyces* NB-39 (*H. uvarum*).

Por lo que respecta al cultivar ‘Syrah’, la cepa N-5 tarda un día más en terminar la fermentación respecto a K-1 (8 d vs. 7 d, respectivamente) (Figura 5.5), este comportamiento se repite en presencia de *H. uvarum*, donde además se adelanta un día el final de la fermentación (6 d para K-1 vs. 7 d para N-5) (Figura 5.6).

Las diferencias observadas en los tiempos de fermentación en los diferentes mostos podrían deberse tanto a la composición nutrimental propia de cada mosto como a las interacciones entre las diferentes especies de levaduras. Si bien ambos cultivares tintos se encontraban en estados fisiológicos similares y requieren las mismas condiciones de temperatura para alcanzar su maduración (Gladstones, 2011), bajo climas muy cálidos Merlot es más susceptible a cambios en su composición (Skelton, 2007).

Respecto a la interacción entre los distintos géneros de levaduras, Ciani *et al.* (2010) también observaron diferencias en la velocidad de fermentaciones con cultivos mixtos que contenían a *H. uvarum*, lo cual atribuyeron a la posible competencia por vitaminas y otros nutrientes.

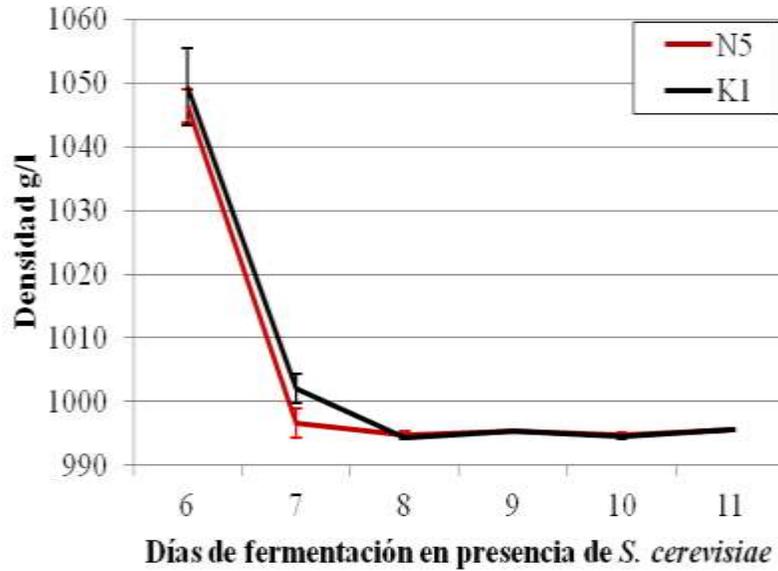


Figura 5.5 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Syrah’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de *S. cerevisiae* N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial).

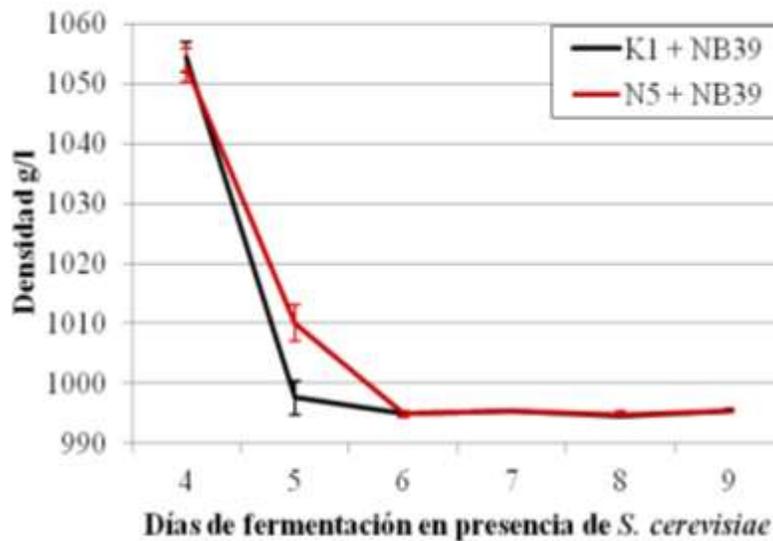


Figura 5.6 Evolución de la densidad de mosto de la variedad ‘Syrah’ durante la fermentación alcohólica con las cepas de *S. cerevisiae* N-5 (nativa seleccionada) y K-1 (testigo comercial) en presencia de la levadura no-*Saccharomyces* NB-39 (*H. uvarum*).

Además de la glucosa y la fructosa, el nitrógeno es reconocido como el principal nutriente presente en el mosto, y su disponibilidad afectará la cinética de reproducción de las levaduras y, por lo tanto, la velocidad de fermentación (Guzzon *et al.*, 2011; Medina *et al.*, 2012). Otros nutrientes como la tiamina tienen también efectos importantes en el crecimiento de las diversas poblaciones de levaduras presentes en el mosto (Bataillon *et al.*, 1996) y su deficiencia puede limitar el crecimiento de las diversas poblaciones.

Finalmente, es importante destacar que todas las fermentaciones se llevaron a cabo en mostos que no fueron enriquecidos con nitrógeno ni con enzimas, práctica recurrente en la región y que, además de incrementar los costos de producción, fomenta la formación de compuestos tóxicos como aminas biogénicas (Bach *et al.*, 2011).

5.1.2 Análisis físicos y químicos

5.1.2.1 Potencial de hidrógeno, acidez total titulable y acidez volátil

El vino presenta una gran diversidad de ácidos en su composición, éstos pueden provenir de la propia uva (ácido tartárico, málico, cítrico, etc.) o bien, formarse durante la fermentación (ácido acético, pirúvico, láctico, etc.) y en conjunto están expresados como acidez total titulable, mientras que el potencial de hidrógeno se refiere exclusivamente a la concentración de iones hidroxonio (H_3O^+) en el vino, pero es la acidez volátil la variable más importante que marca la sanidad de los vinos, no pudiendo ser ésta mayor a 1.1 g/l de ácido acético, de acuerdo con las disposiciones legales (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006b).

a) Vinos de ‘Chardonnay’

No se observan diferencias entre tratamientos respecto a los niveles de pH, acidez total titulable ni acidez volátil para los vinos obtenidos con ‘Chardonnay’, ni en la interacción de los dos factores [a) cepa de *S. cerevisiae* y b) empleo de la cepa *H. uvarum*] (Cuadro 5.1). En todos los tratamientos los valores de pH se encuentran dentro del rango normal para vinos (2.8 a 4.0) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006b), la acidez total titulable es baja pues se ubica en un rango de 4.52 a 4.59 g/l, valores inferiores al mínimo recomendado de 5.0 g/l (Jackish, 1985) y se cumple con los límites legales de acidez volátil siendo ésta un

poco más baja para ‘Chardonnay’ (0.16-0.17 g/l de ácido acético) que para los vinos tintos (0.21 a 0.23 g/l de ácido acético). Estos resultados son similares a los obtenidos por Miranda (2013) y Ortiz (2013) al trabajar con las mismas cepas en la obtención de vinos tintos.

Cuadro 5.1 Valores de potencial de hidrógeno (pH), acidez total titulable (ATT) y acidez volátil (AV) de vinos de la variedad ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Factor	Tratamiento	pH ¹	ATT ¹ (g/l de ácido tartárico)	AV ² (g/l de ácido acético)
A) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	N-5	3.16 a	4.52 a	0.17 a
	K-1	3.14 a	4.59 a	0.16 a
	Valor de “F”	0.18 ^{NS}	1.02 ^{NS}	2.06 ^{NS}
B) Levadura <i>H. uvarum</i>	Presencia	3.15 a	4.54 a	0.16 a
	Ausencia	3.15 a	4.57 a	0.17 a
	Valor de “F”	0.00 ^{NS}	0.11 ^{NS}	0.03 ^{NS}
	%CV	0.11	0.61	0.48
	DMS	0.06	0.16	0.03
	Valor de “F” de la interacción	0.04 ^{NS}	0.59 ^{NS}	0.10 ^{NS}

¹ Promedios de 30 valores individuales. ² Promedios de 10 valores individuales. ^{NS} No significativo ($p \leq 0.05$). Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadísticas para cada factor. %CV=Porcentaje de coeficiente de variación. DMS=Diferencia mínima significativa (Student $p \leq 0.05$).

La acidez volátil representa la cantidad generada de ácido acético que puede provenir del metabolismo de los ácidos cítrico, málico, tartárico y glucónico, así como de las hexosas, las pentosas y el glicerol y dan lugar a lo que se conoce como avinagrado del vino, haciendo imposible su comercialización (Jackson, 2014). Valores elevados de acidez volátil se deben mayoritariamente a la actividad de bacterias acéticas presentes en el medio ambiente pues aunque levaduras del género *Saccharomyces* pueden producirlo, lo hacen en muy bajas concentraciones (0.1 a 0.3 g/l de ácido acético) (Zamora, 2009).

Los resultados de acidez volátil obtenidos en el presente estudio coinciden con los reportados por Ciani *et al.* (2006) quienes no encontraron diferencias en el contenido de acidez volátil al emplear cultivos secuenciales de *H. uvarum* y *S. cerevisiae* en comparación con cultivos únicos de *S. cerevisiae* en mostos de ‘Chardonnay’.

b) Vinos tintos

En los vinos tintos se encontraron diferencias únicamente entre cepajes de vid para el pH (3.52 en ‘Merlot’ vs. 3.66 en ‘Syrah’) y la acidez volátil (0.21 g/l de ácido acético en ‘Merlot’ vs. 0.23 g/l en ‘Syrah’) (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2 Valores de potencial de hidrógeno (pH), acidez total titulable (ATT) y acidez volátil (AV) de vinos tintos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Factor	Tratamiento	pH ¹	ATT ¹ (g/l de ácido tartárico)	AV ² (g/l de ácido acético)
A) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	N-5	3.59 a	3.49 a	0.22 a
	K-1	3.60 a	3.52 a	0.22 a
	Valor de “F”	0.30 ^{NS}	0.39 ^{NS}	0.17 ^{NS}
B) Levadura <i>H. uvarum</i>	Presencia	3.60 a	3.47 a	0.23 a
	Ausencia	3.59 a	3.55 a	0.21 a
	Valor de “F”	0.24 ^{NS}	2.46 ^{NS}	3.76 ^{NS}
C) Cepaje de vid	‘Merlot’	3.52 a	3.51 a	0.21 a
	‘Syrah’	3.66 b	3.51 a	0.23 b
	Valor de “F”	53.00**	0.01 ^{NS}	7.28**
	%CV	0.20	1.19	0.43
	DMS	0.04	0.10	0.15

¹ Promedios de 54 valores individuales. ² Promedios de 18 valores individuales. ^{NS, **} No significativo y altamente significativo ($p \leq 0.01$), respectivamente. Medias con letras distintas en una columna denotan diferencias estadísticas para cada factor. %CV=Porcentaje de coeficiente de variación. DMS=Diferencia mínima significativa (Student $p \leq 0.05$).

Las diferencias en el pH pueden deberse a la composición inicial propia de cada cultivar en cuanto a su contenido inicial de ácidos, no así en el caso de la acidez volátil, pues se sabe que ésta se debe a la formación de ácidos durante la fermentación. Al respecto, Ribéreau-Gayon *et al.* (2006b) mencionan que la formación de ácido acético puede provenir no exclusivamente de la oxidación microbiana del etanol sino también de su oxidación enzimática o química.

Entre los principales compuestos que protegen a un vino de la oxidación se encuentran los polifenoles extraídos durante la maceración en presencia del orujo y, en ocasiones, del raquis. Un ejemplo de la relación entre la presencia de compuestos fenólicos y

la acidez volátil del vino está reportado en el trabajo de Spranger *et al.* (2004) en el cual la maceración en presencia del raquis arroja valores menores de acidez volátil.

El perfil fenólico está fuertemente determinado por el genotipo de la uva (Jin *et al.*, 2009) pero además se ve influenciado por variaciones climáticas y por el manejo agronómico del cultivo por lo que un menor contenido de estos compuestos en los mostos de la variedad ‘Syrah’ en comparación con los de ‘Merlot’ empleados en el presente estudio pudo haber resultado en su mayor concentración de acidez volátil, no obstante, a nivel tecnológico esta diferencia dista de ser importante.

Respecto a los efectos de interacción éstos son altamente significativos en el caso de la cepa no-*Saccharomyces* x la variedad de uva (F=10.93**), así como en la interacción de segundo orden para los tres factores (F=6.10**) (Cuadro 5.3).

Cuadro 5.3 Significancia estadística y valor de “F” de las interacciones para el potencial de hidrógeno (pH), la acidez total titulable (ATT) y la acidez volátil (AV) de vinos tintos

Interacción	pH	ATT	AV
SC x NS	0.00 ^{NS}	0.65 ^{NS}	1.98 ^{NS}
SC x CV	0.21 ^{NS}	1.95 ^{NS}	0.04 ^{NS}
NS x CV	0.04 ^{NS}	0.03 ^{NS}	10.93**
SC x NS x CV	0.03 ^{NS}	0.02 ^{NS}	6.10**

SC: Cepa de *Saccharomyces cerevisiae*; NS: Empleo de *Hanseniaspora uvarum*; CV: Variedad de uva. ^{NS}, ^{**} No significativo y altamente significativo ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Con respecto a la interacción entre el uso de la cepa no-*Saccharomyces* y la variedad de uva, en la Figura 5.7 puede apreciarse un efecto diferencial de la cepa de *H. uvarum* sobre la acidez volátil en función del cepaje de uva pues mientras en el caso de ‘Merlot’ prácticamente no hay efecto de la levadura, en ‘Syrah’ la acidez volátil se incrementa en presencia de *H. uvarum*, esto podría deberse a que el metabolismo de la cepa no-*Saccharomyces* NB-39 sea afectado por la composición del mosto de tal manera que pueda dar como resultado una composición química del vino que favorezca la acetificación.

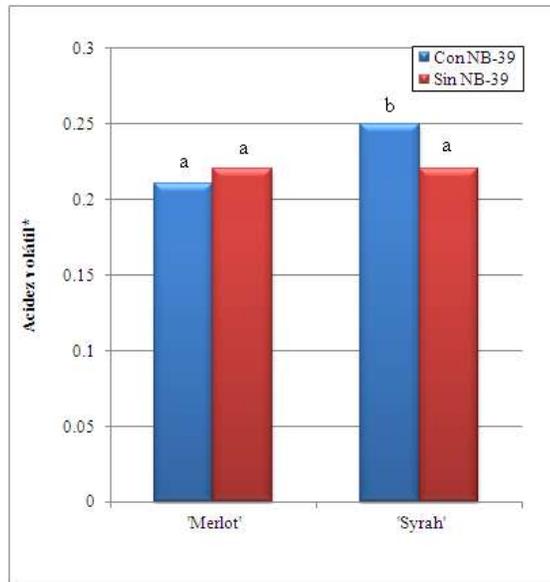


Figura 5.7 Análisis gráfico del efecto de interacción entre el uso de la cepa no-*Sacchaormyces* (NB-39) y la variedad de uva sobre la acidez volátil. Medias con letras distintas denotan diferencias estadísticas. Diferencia mínima significativa = 0.015 (Student $p \leq 0.05$).

Finalmente, en el caso de la interacción entre los tres factores el tratamiento con menor acidez volátil fue la fermentación de ‘Syrah’ con la cepa K-1 en ausencia de la no-*Saccharomyces* (0.197 g/l de ácido acético) y el mayor valor se obtuvo con K-1 en presencia de la cepa *H. uvarum*, igualmente en mosto de ‘Syrah’ (0.263 g/l) (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.4 Valores de acidez volátil para los diferentes tratamientos en vinos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Tratamiento	Acidez volátil (g/l de ácido acético)
K-1 sin <i>H. uvarum</i> , ‘Syrah’	0.197 a
K-1 con <i>H. uvarum</i> , ‘Merlot’	0.200 ab
N-5 con <i>H. uvarum</i> , ‘Merlot’	0.212 abc
N-5 sin <i>H. uvarum</i> , ‘Merlot’	0.214 abc
K-1 sin <i>H. uvarum</i> , ‘Merlot’	0.218 bc
N-5 sin <i>H. uvarum</i> , ‘Syrah’	0.227 cd
N-5 con <i>H. uvarum</i> , ‘Syrah’	0.237 d
K-1 con <i>H. uvarum</i> , ‘Syrah’	0.263 e

Medias con letras distintas denotan diferencias estadísticas. Diferencia mínima significativa = 0.018 (Student $p \leq 0.05$).

Con el objetivo de entender a qué se deben estos resultados se podrían probar estas cepas en mostos sintéticos de composición homogénea, así como realizar ensayos enfocados a entender la interacción entre las dos cepas en cuanto al consumo de nutrientes y la síntesis de metabolitos que pudieran estar relacionados con la posterior formación de ácido acético.

No es extraño este comportamiento desigual entre tratamientos, pues se ha demostrado que tanto el varietal (De la Cruz *et al.*, 2012) como la cepa de *S. cerevisiae* (Barbosa *et al.*, 2009) y de *H. uvarum* (Jolly *et al.*, 2006) pueden afectar ya sea positiva o negativamente la concentración de ácido acético en función de la composición del mosto, la capacidad de las cepas para formar etanol y el estado fisiológico de la uva.

5.1.2.2 Grado alcohólico y contenido de glicerol

a) ‘Chardonnay’

Los dos alcoholes de mayor importancia en el vino son el etanol y el glicerol. En los vinos de ‘Chardonnay’ no hay diferencias significativas en la graduación alcohólica asociadas a los efectos principales ni a la interacción (Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5 Graduación alcohólica y contenido de glicerol en vinos de la variedad ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Factor	Tratamiento	Grado alcohólico ¹ (°GL)	Glicerol ¹ (g/l)
A) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	N-5	12.60 a	6.91 a
	K-1	12.37 a	6.91 a
	Valor de “F”	1.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}
B) Levadura <i>H. uvarum</i>	Presencia	12.31 a	6.93 a
	Ausencia	12.63 a	6.88 a
	Valor de “F”	2.72 ^{NS}	0.27 ^{NS}
	%CV	1.56	0.43
	DMS	0.42	0.13
	Valor de “F” de la interacción	0.01 ^{NS}	1.05 ^{NS}

¹ Promedios de 10 valores individuales. ^{NS} No significativo. Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadística para cada factor. %CV=Porcentaje de coeficiente de variación. DMS=Diferencia mínima significativa (Student $p \leq 0.05$).

El contenido legal de alcohol en vinos de mesa se encuentra entre 7 y 13.9 °GL (Zraly, 2009), productores de la región comentan que los vinos suelen presentar contenidos

de alcohol que, sin estar fuera de norma, ellos consideran bajos (alrededor de 10 °GL), sin embargo, esto depende mucho de la fecha de cosecha y de la variedad de uva, se sabe de vinos de ‘Garnacha’ obtenidos en el estado que llegan a rondar hasta 15 °GL (C.P. Cardoso, 2012). En el presente estudio se demuestra que es posible obtener vinos cuya graduación alcohólica sea adecuada para la comercialización, si bien esto varía entre años y cepajes.

b) Vinos tintos

Una de las principales razones por la que el contenido de alcohol final en el vino se ve fuertemente afectado en la región es la ocurrencia de lluvias en la época de cosecha con la consecuente disminución de la concentración de azúcares presentes en la uva, De la Cruz *et al.* (2012) encontraron valores de 9.1 y 11.7 °GL en vinos de ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Merlot’, respectivamente, a partir de la cosecha correspondiente a 2011 de viñedos del estado utilizando una levadura comercial *S. cerevisiae*.

En cuanto al contenido de glicerol no se observan diferencias relacionadas a ninguna de las cepas, cabe destacar que los valores obtenidos (6.88 a 6.91 g/l) son considerablemente superiores a los reportados en muchos estudios los cuales varían entre 1.44 (Clemente-Jiménez *et al.*, 2005) hasta 5.8 a 6.0 g/l (Andorrà *et al.*, 2012) cuando se emplean inoculaciones mixtas con diversos géneros, sobresaliendo cepas del género *Candida* spp.

Respecto a los vinos tintos no se observan diferencias en el contenido de alcohol asociadas al empleo de *H. uvarum* (Cuadro 5.6), esto es lógico puesto que esta especie, dependiendo de la cepa, sólo es capaz de producir entre 2.4 y 4.5 de etanol (% v/v) (Ciani *et al.*, 2006; Estela *et al.*, 2011), mucho menos de lo que en promedio presenta un vino de mesa.

Al comparar las cepas de *S. cerevisiae* se obtiene una concentración ligeramente mayor con K-1 que con N-5 (11.23 vs. 11.05 °GL) (Cuadro 5.6), resultado que contrasta con lo reportado por Miranda (2014) donde N-5 supera a K-1 (15.22 vs. 14.93 °GL, respectivamente).

Cuadro 5.6 Graduación alcohólica y contenido de glicerol en vinos tintos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Factor	Tratamiento	Grado alcohólico ¹ (°GL)	Glicerol ¹ (g/l)
A) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	N-5	11.05 b	3.46 a
	K-1	11.23 a	3.38 a
	Valor de “F”	6.47**	0.96 ^{NS}
B) Levadura <i>H. uvarum</i>	Presencia	11.12 a	3.42 a
	Ausencia	11.16 a	3.41 a
	Valor de “F”	0.27 ^{NS}	0.02 ^{NS}
C) Cepaje de vid	‘Merlot’	10.96 b	3.49 a
	‘Syrah’	11.32 a	3.34 b
	Valor de “F”	26.95**	3.69**
	%CV	0.74	1.17
	DMS	0.14	0.10

¹ Promedios de 18 valores individuales. ^{NS}, ^{**} No significativo y altamente significativo ($p \leq 0.01$), respectivamente. Medias con letras distintas en una columna denotan diferencias estadísticas para cada factor. %CV=Porcentaje de coeficiente de variación. DMS=Diferencia mínima significativa (Student $p \leq 0.05$).

Esto pudiera deberse a dos razones, la primera, que la cepa presente una elevada inestabilidad genética y durante la multiplicación se haya visto afectada en cuanto a su capacidad fermentativa, sin embargo esto es poco probable pues *S. cerevisiae* es reconocida por sus múltiples mecanismos supresores de inestabilidad genética (Kolodner *et al.*, 2002) y la baja ocurrencia de eventos de polimorfismo (Dujon, 2010).

La segunda razón, y la más probable, es la diferencia de composición de los mostos utilizados en ambos estudios pues ésta no sólo se remite a la variabilidad entre cosechas, sino también a las diferentes variedades utilizadas (‘Cabernet Sauvignon’, ‘Merlot’, ‘Syrah’ y ‘Cabernet Franc’ de la cosecha 2012 en el estudio de Miranda (2013) vs. ‘Merlot’ y ‘Syrah’ de la cosecha 2013 en el presente estudio), asimismo, en el trabajo realizado con la cosecha 2012, los mostos fueron ajustados a 25 °Brix y pH=3.5 (Miranda, 2013), sin embargo, en ambos casos la diferencia entre cepas es despreciable a nivel tecnológico. Palacios *et al.* (2007) afirman de manera categórica que *S. cerevisiae* es incapaz de marcar diferencias en el grado alcohólico y que, en todo caso, las diferencias reportadas en otros

estudios son debidas en muy baja proporción a la cepa de *S. cerevisiae* utilizada. Para fines prácticos el presente estudio confirma dicha afirmación.

En cuanto al contenido de glicerol, al igual que en el caso de los vinos de ‘Chardonnay’, no se observan diferencias relacionadas con ninguna de las levaduras empleadas (Cuadro 5.6). Si bien *H. uvarum* en su estado anamorfo (*Kloeckera apiculata*) ha sido reportada como una especie sobresaliente en la producción de glicerol (Ranieri y Pretorius, 2000), su comportamiento difiere entre cepas.

Diversos estudios coinciden con lo encontrado en este trabajo en cuanto a la producción de glicerol por *H. uvarum*, por ejemplo, Ciani y Maccarelli (1997) obtuvieron valores promedio de 4.26 g/l al usar esta especie contra 7.28 g/l obtenidos por *S. cerevisiae*, ambas levaduras en cultivos individuales en mostos corregidos (27% de azúcares) de la variedad ‘Trebiano Toscano’. En mostos de Macabeo, Andorrà *et al.* (2010) no encontraron diferencias en el contenido de glicerol al emplear un cultivo mixto de *S. cerevisiae* y *H. uvarum* respecto a un cultivo puro de *S. cerevisiae*. Utilizando la cepa NB-39, Ortiz (2013) encontró un valor promedio de 7.45 g/l en mostos corregidos (21 °Brix y pH=3.5).

Por lo que respecta al cepaje de vid se obtuvo una mayor concentración en ‘Merlot’ que en ‘Syrah’, se sabe que las levaduras tienden a favorecer la síntesis de glicerol cuando se encuentran en condiciones de estrés osmótico o bien, de escasez de nutrientes nitrogenados por lo que las diferencias en la composición entre ambos mostos pudieron haber fomentado este metabolismo (Scanes *et al.*, 1998). Esto se confirma con el hecho de que los vinos de ‘Merlot’ hubieran alcanzado menores concentraciones de etanol pues ambos metabolismos (la síntesis de etanol y la de glicerol) compiten en la célula a partir de la fosforilación de la glucosa que, bajo condiciones óptimas se convierte de manera equimolar en gliceraldehído-3-fosfato para la formación de etanol y en dihidroxiacetona-fosfato para la síntesis de glicerol (Scanes *et al.*, 1998).

De manera general se busca incrementar la concentración de glicerol en los vinos pues esta sustancia mejora la estructura, si bien el contenido de glicerol en los vinos de mesa se encuentra en un rango de 1 a 15 g/l (Pretorius, 2000). Los valores encontrados en los vinos tintos en este estudio son bajos (entre 3.34 y 3.49 g/l), especialmente si se comparan con los vinos de ‘Chardonnay’ (de 6.98 a 6.93 g/l) pues suelen haber mayores proporciones

de glicerol en los vinos tintos que en los blancos, esto podría tener un efecto negativo a nivel sensorial pudiendo los vinos ser calificados como pobres en cuanto a cuerpo pues el umbral de detección para el glicerol es de 5.2 g/l (Pretorius, 2000). Por último, ninguna de las interacciones fue significativa ni para grado alcohólico ni en cuanto a glicerol (Cuadro 5.7).

Cuadro 5.7 Significancia estadística y valor de “F” de las interacciones para el grado alcohólico y el contenido de glicerol en vinos tintos

Interacción	Grado alcohólico	Glicerol
SC x NS	0.22 ^{NS}	0.38 ^{NS}
SC x CV	0.65 ^{NS}	0.01 ^{NS}
NS x CV	3.47 ^{NS}	1.60 ^{NS}
SC x NS x CV	0.05 ^{NS}	0.60 ^{NS}

SC: Cepa de *Saccharomyces cerevisiae*; NS: Empleo de *Hanseniaspora uvarum*; CV: Variedad de uva. ^{NS}, No significativo.

5.1.2.3 Sustancias reductoras

a) Vinos de ‘Chardonnay’

En cuanto a sustancias reductoras se cumple con los valores legales para clasificar el vino como seco (máximo 2.5 g/l) (Ewart, 2003). No se observaron diferencias entre tratamientos para ninguna de las variables.

Cuadro 5.8 Contenido de sustancias reductoras en vinos de la variedad ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Factor	Tratamiento	Sustancias reductoras ¹ (g/l)
A) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	N-5	0.60 a
	K-1	0.64 a
	Valor de “F”	0.50 ^{NS}
B) Levadura <i>H. uvarum</i>	Presencia	0.63 a
	Ausencia	0.61 a
	Valor de “F”	0.68 ^{NS}
	%CV	1.92
	DMS	0.09
	Valor de “F” de la interacción	0.77 ^{NS}

¹ Promedios de 10 valores individuales. ^{NS} No significativo. Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadística para cada factor. %CV=Porcentaje de coeficiente de variación. DMS=Diferencia mínima significativa (Student $p \leq 0.05$).

b) Vinos tintos

Los valores de sustancias reductoras son mayores que los de los vinos de ‘Chardonnay’ encontrándose en un rango de 1.46-1.58 g/l lo que igualmente los clasificaría como vinos secos, no se observan diferencias entre tratamientos para esta variable (Cuadro 5.9).

Cuadro 5.9 Contenido de sustancias reductoras en vinos tintos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Factor	Tratamiento	Sustancias reductoras ¹ (g/l)
A) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	N-5	1.49 a
	K-1	1.55 a
	Valor de “F”	0.94 ^{NS}
B) Levadura <i>H. uvarum</i>	Presencia	1.57 a
	Ausencia	1.48 a
	Valor de “F”	2.25 ^{NS}
C) Cepaje de vid	‘Merlot’	1.58 a
	‘Syrah’	1.46 a
	Valor de “F”	3.69 ^{NS}
	%CV	4.37
	DMS	0.15

¹ Promedios de 18 valores individuales. ^{NS} No significativo. Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadística para cada factor. %CV=Porcentaje de coeficiente de variación. DMS=Diferencia mínima significativa (Student $p \leq 0.05$).

Asimismo, del análisis de varianza se desprende que no hay efecto de las interacciones sobre el contenido de sustancias reductoras (Cuadro 5.10).

Cuadro 5.10 Significancia estadística y valores de “F” de las interacciones para sustancias reductoras en vinos tintos

Interacción	Sustancias reductoras
SC x NS	2.45 ^{NS}
SC x CV	0.99 ^{NS}
NS x CV	2.50 ^{NS}
SC x NS x CV	0.91 ^{NS}

SC: Cepa de *Saccharomyces cerevisiae*; NS: Empleo de *Hanseniaspora uvarum*; CV: Variedad de uva. ^{NS,**} No significativo y altamente significativo ($p \leq 0.01$), respectivamente.

5.1.2.4 Características cromáticas

a) Vinos de ‘Chardonnay’

El uso de *H. uvarum* incrementa la intensidad colorante (DO $\lambda=420$ nm) de los vinos de ‘Chardonnay’ (1.05 vs. 0.95 en ausencia) en tanto que no hay diferencias debidas a la cepa de *S. cerevisiae* (Cuadro 5.11).

El color es una variable prácticamente ignorada en el caso de los vinos blancos, salvo cuando se presentan problemas de oscurecimiento, en este sentido Bonilla *et al.* (2001) y Razmkhab *et al.* (2002) proponen la adición de biomasa de *S. cerevisiae* con la finalidad de aclarar vinos blancos que presentan oscurecimiento, observando que a mayor concentración de biomasa, mayor aclarado (Razmkhab *et al.*, 2002).

Las levaduras poseen en su pared celular manoproteínas que presentan cargas negativas, lo que las hace capaces de interactuar con los componentes del vino dando como resultado la adsorción de una gran diversidad de éstos (Caridi, 2007), esta característica difiere entre especies y cepas, por los resultados aquí mostrados pudiera decirse que la cepa NB-39 (*H. uvarum*) posee una baja capacidad de adsorción parietal con respecto a las cepas N-5 y K-1 (*S. cerevisiae*) así, al emplearla en cultivo puro, *S. cerevisiae* tiene una mayor disponibilidad de nutrientes y por lo tanto una mayor posibilidad de producir biomasa capaz de adsorber compuestos colorantes con la consecuente obtención de vinos menos coloreados que aquellos obtenidos en conjunto con *H. uvarum*. En general se obtuvieron vinos de baja intensidad colorante con tonalidades paja y reflejos verdosos (Figura 5.8). No se observa efecto de la interacción (Cuadro 5.11).

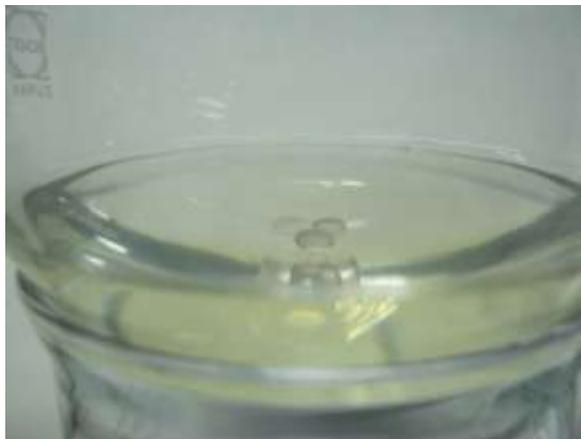


Figura 5.8 Detalle de la coloración de vinos de ‘Chardonnay’.

Cuadro 5.11 Intensidad colorante de vinos de la variedad ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Factor	Tratamiento	Intensidad ($DO_{\lambda=420}$)
A) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	N-5	1.03 a
	K-1	0.97 a
	Valor de “F”	1.29 ^{NS}
B) Levadura <i>H. uvarum</i>	Presencia	1.05 a
	Ausencia	0.95 b
	Valor de “F”	3.78*
	%CV	17.57
	DMS	0.06
	Valor de “F” de la interacción	2.01 ^{NS}

Promedios de 10 valores individuales. ^{NS} No significativo. Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadística para cada factor. %CV=Porcentaje de coeficiente de variación. DMS=Diferencia mínima significativa (Student $p \leq 0.05$).

b) Vinos tintos

En los vinos tintos las características cromáticas comprenden la intensidad colorante ($DO_{\lambda=420} + DO_{\lambda=520} + DO_{\lambda=620}$) correspondiendo valores numéricamente mayores a vinos más coloreados, y el matiz o tonalidad ($DO_{\lambda=420}/DO_{\lambda=520}$). Se emplean estos valores de λ por ser los máximos de absorción de los colores amarillo (420 nm), rojo (520 nm) y azul (620 nm). El matiz permite tener idea del añejamiento del vino pues en función de esta relación se distingue entre vinos jóvenes (0.5- 0.79), añejos (0.8- 1.2) y oxidados (valores mayores a 1.2) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006b).

En este estudio hay diferencias en la intensidad colorante asociadas a todos los factores, mientras que en el matiz no hay efecto del cepaje de vid (Cuadro 5.12). En general se obtiene la mayor intensidad con el uso de K-1 que con N-5 (12.33 vs. 11.77, respectivamente) lo que podría indicar una mayor tendencia a la adsorción de compuestos colorantes (antocianos y sus derivados) en la pared celular de N-5 respecto a K-1, pudiendo esto afectar la calidad de vinos provenientes de cepajes que se caracterizan por su baja intensidad colorante como es el caso de ‘Garnacha’. Situación similar fue observada por Medina *et al.* (2007) quienes detectaron diferencias en la intensidad colorante en función de

la cepa de *S. cerevisiae*, en vinos obtenidos con levaduras nativas encontradas en la variedad ‘Tannat’.

Cuadro 5.12 Características cromáticas vinos tintos de las variedades ‘Merlot’ y ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Factor	Tratamiento	Intensidad colorante ($DO_{\lambda=420+520+620}$)	Matiz ($DO_{\lambda=420/520}$)
A) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	N-5	11.77 b	0.72 a
	K-1	12.33 a	0.68 b
	Valor de “F”	5.80**	17.60**
B) Levadura <i>H. uvarum</i>	Presencia	11.63 b	0.72 a
	Ausencia	12.48 a	0.68 b
	Valor de “F”	13.15**	12.90**
C) Cepaje de vid	‘Merlot’	12.93 a	0.70 a
	‘Syrah’	11.17 b	0.70 a
	Valor de “F”	56.52**	1.14^{NS}
	%CV	8.23	0.26
	DMS	0.33	0.02

Promedios de 18 valores individuales. ^{NS}, ^{**} No significativo y altamente significativo, respectivamente. Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadística para cada factor. %CV=Porcentaje de coeficiente de variación. DMS=Diferencia mínima significativa (Student $p \leq 0.05$).

Se sabe además que la adsorción parietal cambia en función del antociano de que se trate, Morata *et al.* (2003) observaron para cierta cepa de *S. cerevisiae* una mayor adsorción de la peonidina y sus copigmentos respecto a la malvidina, lo cual explica por qué en otros trabajos (Medina *et al.*, 2005) se ha encontrado que el grado de adsorción de antocianos en la pared celular no tiene una relación lineal con la disminución de la intensidad colorante. Esta adsorción diferencial podría tener también efecto en el matiz ya que cambiaría la proporción de sustancias colorantes responsables de la tonalidad (por ejemplo, en tanto que la petunidina presenta un color rojo oscuro a púrpura, la malvidina cambia de rojo a azul en función del pH). En el presente estudio se observan efectivamente cambios en el matiz asociados a la cepa de levadura tanto para *S. cerevisiae* como para *H. uvarum*, aunque en todos los casos los vinos cumplen con las características de matiz propias de un vino joven (0.68 a 0.72) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006b).

En general, en ausencia de *H. uvarum* hay una mayor intensidad colorante (12.48 vs. 11.63 en presencia de NB-39), aunque en apariencia esto se contrapone con lo observado para ‘Chardonnay’, no hay que dejar de lado que los antocianos son los responsables de la coloración en los vinos tintos pero están ausentes en los vinos blancos de blancos (obtenidos a partir de uva blanca). Al igual que para N-5, este resultado sugiere que la utilización de esta cepa podría estar restringida en vinos tintos que por su origen pudieran presentar problemas debido a una baja intensidad colorante.

Si bien tanto ‘Merlot’ como ‘Syrah’ son considerados en general como cepajes que dan vinos con elevada intensidad colorante, en el presente estudio ‘Merlot’ muestra una mayor intensidad de color que los de ‘Syrah’ (12.93 vs. 11.17), un resultado opuesto reportan Romero-Cascales *et al.* (2005) quienes obtuvieron una mayor intensidad en vinos de ‘Syrah’ con respecto a vinos de ‘Merlot’ en un mismo experimento.

En la región se han realizado estudios previos con la variedad ‘Merlot’ habiéndose obtenido una intensidad colorante promedio de 9.02 para la cosecha 2011 (De la Cruz *et al.*, 2012), casi 3 unidades menor a lo que aquí se reporta para este cepaje (12.93, Cuadro 5.12). Además de las ya señaladas, es muy probable que una de las causas por la cual la coloración es menor a la generalmente esperada tanto en ‘Merlot’ como en ‘Syrah’, sea que en la región se suele cosechar antes de que dichos cepajes logren completar su maduración fenólica.

Los resultados pueden ser muy cambiantes al comparar el color tanto de bayas como de vino entre variedades debido a que el contenido de polifenoles en la uva se ve afectado por múltiples factores como la luz y la temperatura (Downey *et al.*, 2006), la variedad de uva (Jensen *et al.*, 2008), el manejo agronómico, el estado de madurez de la baya en general (Garde-Cerdán *et al.*, 2009), y de la epidermis y la semilla en particular (Nadal *et al.*, 2004), así como el año de cosecha (Jin *et al.*, 2009).

En el caso específico del manejo agronómico son muy importantes las prácticas asociadas al control de la producción pues se sabe que elevar los rendimientos, especialmente en ‘Syrah’, afecta negativamente la calidad de los mostos (Galet, 1979).

Asimismo, el color se ve afectado tanto por la interacción entre las dos especies de levaduras como por la interacción entre el uso de *H. uvarum* y el cepaje (Cuadro 5.13).

Cuadro 5.13 Significancia estadística y valores de “F” de las interacciones para las características cromáticas de vinos tintos

Interacción	Intensidad	Matiz
SC x NS	4.86**	2.98 ^{NS}
SC x CV	0.20 ^{NS}	0.27 ^{NS}
NS x CV	5.16**	0.00 ^{NS}
SC x NS x CV	1.64 ^{NS}	1.52 ^{NS}

SC: Cepa de *Saccharomyces cerevisiae*; NS: Empleo de *Hanseniaspora uvarum*; CV: Variedad de uva. ^{NS}, ^{**} No significativo y altamente significativo, respectivamente ($p \leq 0.05$).

En el primer caso al emplear la cepa nativa NB-39 (*H. uvarum*) hay una disminución en el color con respecto a no utilizarla cuando la fermentación alcohólica es realizada por la cepa K-1 (*S. cerevisiae*), en tanto que para la cepa nativa N-5 (*S. cerevisiae*) no se dan cambios entre utilizarla sola o en conjunto con la no-*Saccharomyces* NB-39 (Figura 5.9).

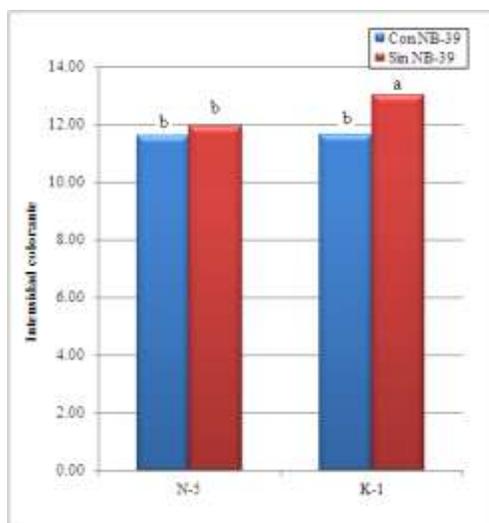


Figura 5.9 Análisis gráfico del efecto de la interacción entre la cepa de levadura *S. cerevisiae* y el empleo de la no-*Saccharomyces* (NB-39) sobre la intensidad colorante de vinos tintos. Medias con letras distintas denotan diferencias estadísticas. Diferencia mínima significativa = 0.47 (Student $p \leq 0.05$).

En función de los cultivares la mayor intensidad la tiene ‘Merlot’ cuando se fermenta en ausencia de la cepa no-*Saccharomyces* (NB-39), por su parte ‘Syrah’ muestra la misma intensidad de color independientemente de si es tratada o no con la cepa NB-39 (Figura 5.10).

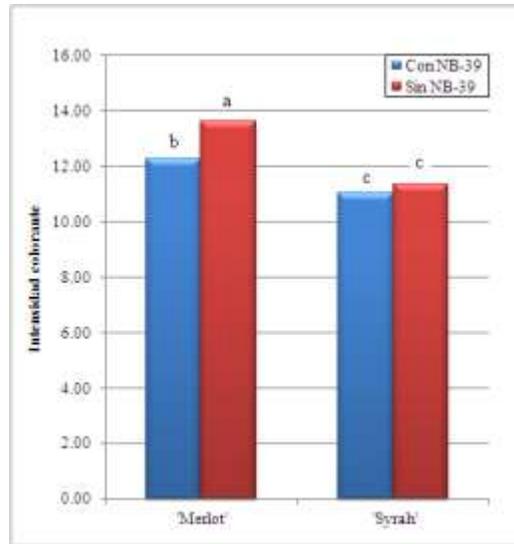


Figura 5.10 Análisis gráfico del efecto de la interacción entre el cepaje de vid y el empleo de la levadura no-*Saccharomyces* (NB-39) sobre la intensidad colorante de vinos tintos. Medias con letras distintas denotan diferencias estadísticas. Diferencia mínima significativa = 0.47 (Student $p \leq 0.05$).

5.2 *Análisis sensoriales*

5.2.1 *Vinos de 'Chardonnay'*

5.2.1.1 *Prueba hedónica no estructurada*

Recordemos que se realizó un análisis sensorial con 36 jueces no entrenados mediante una prueba hedónica no estructurada (Anexo III) para cada variedad. En el caso de 'Chardonnay' se empleó como testigo comercial un vino blanco dulce de la misma variedad. En todos los aspectos evaluados (visual, sensorial, gustativo y general) el testigo comercial resultó ser el mejor calificado (Cuadro 5.14). En aspecto general K-1 es comparable al testigo.

En el aspecto visual son comparables al testigo los vinos obtenidos con la levadura K-1 y con la combinación de N-5 y NB-39, si bien en los análisis de laboratorio no hay diferencias entre tratamientos en cuanto intensidad colorante ni sobre el matiz al emplear *H. uvarum*. Esta diferencia entre los resultados químicos y la apreciación sensorial podría estar asociada a la turbidez del vino pues sólo se realizó una clarificación natural, aunque todos los vinos mostraban brillo similar.

Cuadro 5.14 Resultados de la prueba hedónica de vinos de ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial

Muestra	Aspecto evaluado			
	Visual	Olfativo	Gustativo	General
N-5	5.1 b	4.2 b	3.3 b	4.0 b
K-1	5.4 ab	4.6 b	3.9 b	5.5 ab
N-5 + NB-39	5.6 ab	4.8 b	3.9 b	4.6 b
K-1 + NB-39	5.2 b	4.7 b	4.1 b	4.6 b
Testigo comercial	6.5 a	7.2 a	7.4 a	7.3 a
DMS	1.2	1.2	1.2	2.1
Valor de “F”	3.58**	14.97**	28.58**	5.75**

Promedios de 36 valores individuales. ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$). Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadística para cada factor. DMS=Diferencia mínima significativa (Tukey $p \leq 0.05$).

La menor apreciación a nivel de gusto por los vinos correspondientes a los tratamientos no necesariamente se debe a las características aportadas por cada levadura sino al hecho de que el testigo contuviera dulce pues en general el mexicano acostumbra consumir bebidas muy endulzadas, principalmente refresco, pero también jugos y aguas saborizadas a partir de preparados sintéticos con un elevado contenido de azúcares (Salbe *et al.*, 2004; Reed *et al.* 2006).

5.2.1.2 Prueba de preferencia de Kramer

En esta prueba de preferencia el juez acomoda las muestras en orden decreciente de agrado y se asigna un número (1 para la de mayor agrado, 2 para la segunda y así hasta $n =$ número de muestras), la sumatoria para cada tratamiento permite hacer comparaciones entre ellos con base en la tabla de Kramer (1963) (Anexo IV) donde se asigna un rango en función de la cantidad de muestras y el número de jueces participantes correspondiendo el menor valor al límite entre preferencia e indiferencia y el mayor valor al límite entre indiferencia y rechazo, por lo que las sumatorias que se ubiquen por debajo del valor inferior se considera fueron de muestras preferidas sobre las demás y las sumatorias mayores al valor superior resultan rechazadas.

En el caso de los vinos de ‘Chardonnay’ todos los tratamientos fueron indiferentes al gusto del jurado en tanto que el testigo comercial, un ‘Chardonnay’ dulce producido en la

región, fue el preferido (Cuadro 5.15), resultados que coinciden con la prueba hedónica. Como se comentaba anteriormente, esto puede deberse a que hay tendencia en el gusto de la población por las bebidas endulzadas.

Cuadro 5.15 Resultados de la prueba de preferencia de vinos de ‘Chardonnay’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial

Muestra	Aspecto evaluado			
	Visual	Olfativo	Gustativo	General
N-5	126	126	124	133
K-1	121	116	126	118
N-5 + NB-39	114	134	133	138
K-1 + NB-39	113	114	119	115
Testigo comercial	81	64	54	51
Rango	94-146			

Sumatorias de 36 mediciones. Rango obtenido con base en las tablas de Kramer ($P \leq 0.05$).

5.2.2 Vinos tintos

La comparación de estos vinos se realizó con un vino tinto de mezcla ‘Cabernet Sauvignon’ con ‘Malbec’. Estos cultivares comparten algunas características con ‘Merlot’ y ‘Syrah’ en cuanto al perfil aromático, ‘Cabernet Sauvignon’ se caracteriza por su gusto herbáceo, especiado y con algunos aromas frutales, ‘Malbec’ es sumamente tánico con aromas especiados, a tabaco y a frutos rojos, por su parte, ‘Merlot’ suele recordar los aromas de ciruelas negras, grosella y moras dulces que en el añejamiento evolucionan a chocolate, especias, cuero, tabaco y compuestos minerales y ‘Syrah’, muy tánico cuando es joven, presenta aromas frutales de frambuesa, zarzamora y ciruela negra, aromas especiados de canela y pimienta, chocolate, cuero, minerales y tabaco (Fischer, 2001).

5.2.2.1 ‘Merlot’

a) Prueba hedónica no estructurada

No se observan diferencias entre tratamientos ni con el testigo en ninguno de los aspectos evaluados (Cuadro 5.16).

Cuadro 5.16 Resultados de la prueba hedónica de vinos de ‘Merlot’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial

Muestra	Aspecto evaluado			
	Visual	Olfativo	Gustativo	General
N-5	7.1 a	6.2 a	5.3 a	5.5 a
K-1	7.2 a	6.9 a	4.6 a	5.3 a
N-5 + NB-39	6.4 a	6.3 a	5.2 a	5.5 a
K-1 + NB-39	6.7 a	6.2 a	4.9 a	5.5 a
Testigo comercial	7.0 a	5.7 a	5.0 a	5.5 a
DMS	0.9	1.3	1.5	1.3
Valor de “F”	1.87 ^{NS}	1.76 ^{NS}	0.55 ^{NS}	0.07 ^{NS}

Promedios de 36 valores individuales. ^{NS} No significativo. Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadística para cada factor. DMS=Diferencia mínima significativa (Tukey $p \leq 0.05$).

b) Prueba de preferencias de Kramer

En los vinos de ‘Merlot’ no hay diferencias en los aspectos visual ni olfativo, en tanto que el tratamiento con las levaduras nativas N-5 (*S. cerevisiae*) y NB-39 (*H. uvarum*) resultó preferido a nivel gustativo y general (Cuadro 5.17).

Cuadro 5.17 Resultados de la prueba de preferencia de vinos de ‘Merlot’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial

Muestra	Aspecto evaluado			
	Visual	Olfativo	Gustativo	General
N-5	125	103	108	103
K-1	94	97	113	95
N-5 + NB-39	119	108	87	87
K-1 + NB-39	102	112	116	102
Testigo comercial	100	118	116	108
Rango			94-146	

Sumatorias de 36 mediciones. Rango obtenido con base en las tablas de Kramer ($p \leq 0.05$).

5.2.2.2 ‘Syrah’

a) Prueba hedónica no estructurada

Al igual que lo observado con ‘Merlot’, no se encontraron diferencias en la variedad ‘Syrah’ entre tratamientos ni con respecto al testigo (Cuadro 5.18).

Cuadro 5.18 Resultados de la prueba hedónica de vinos de ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial

Muestra	Aspecto evaluado			
	Visual	Olfativo	Gustativo	General
N-5	6.7 a	5.7 a	5.1 a	5.6 a
K-1	7.2 a	5.7 a	4.6 a	5.1 a
N-5 + NB-39	7.1 a	5.8 a	5.3 a	5.6 a
K-1 + NB-39	7.0 a	6.1 a	4.7 a	5.6 a
Testigo comercial	7.2 a	5.9	4.8 a	5.5 a
DMS	0.7	1.2	1.2	1.1
Valor de “F”	1.23 ^{NS}	0.24 ^{NS}	0.76 ^{NS}	0.75 ^{NS}

Promedios de 36 valores individuales. ^{NS} No significativo. Medias con letras iguales en una columna denotan equivalencia estadística para cada factor. DMS=Diferencia mínima significativa (Tukey $p \leq 0.05$).

b) Prueba de preferencias de Kramer

Sólo se observa preferencia en el aspecto gustativo del tratamiento donde se conjuntan las cepas de levaduras nativas N-5 y NB-39, todos los demás tratamientos resultaron indiferentes en los cuatro aspectos evaluados (Cuadro 5.19), lo que coincide con las calificaciones vertidas en la prueba hedónica no estructurada.

Cuadro 5.19 Resultados de la prueba de preferencia de vinos de ‘Syrah’ obtenidos con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro vs. un testigo comercial

Muestra	Aspecto evaluado			
	Visual	Olfativo	Gustativo	General
N-5	108	115	99	110
K-1	110	110	127	127
N-5 + NB-39	112	115	93	105
K-1 + NB-39	96	100	115	112
Testigo comercial	99	100	106	101
Rango	94-146			

Sumatorias de 36 mediciones. Rango obtenido con base en las tablas de Kramer ($p \leq 0.05$).

En general las calificaciones son bajas para todos los vinos si se considera que la escala es de 0 a 10 donde 0 significa total desagrado y 10 total agrado (Anexo III), en todos los casos se trata de vinos secos a los que no se les indujo la fermentación maloláctica por lo que no pueden considerarse terminados o al menos en el momento más adecuado para su

consumo, sin embargo es destacable que el uso de las levaduras nativas N-5 y NB-39 en varietales tintos es considerado por los consumidores participantes como de igual calidad que vinos elaborados con la cepa comercial K-1 cuyo desempeño en la fermentación alcohólica es destacado y ampliamente reconocido a nivel mundial. Asimismo, emplear estas cepas nativas permitiría a los productores de la región obtener vinos sin mermar la calidad.

Efectivamente en múltiples estudios a nivel mundial se ha observado un efecto positivo sobre las cualidades organolépticas de vinos obtenidos a partir de levaduras nativas seleccionadas (Hyma *et al.*, 2011; Carrascosa *et al.*, 2012; Liang *et al.*, 2012), lo cual se ha asociado a la síntesis de monoterpenos (Medina *et al.*, 2007), ésteres y alcoholes superiores que enriquecen la complejidad aromática del vino (Suárez-Lepe y Morata, 2012).

Es de destacar que la combinación de la cepas nativas seleccionadas N-5 (*S. cerevisiae*) y NB-39 (*H. uvarum*) haya resultado preferida para los jueces en los vinos tintos independientemente de la variedad de uva pues esto podría indicar un potencial para su uso en otros cepajes con la finalidad de elaborar vinos tintos de calidad física y química comparable a los elaborados con cepas comerciales.

5.3 Vinificaciones en bodega

A nivel comercial se probó la levadura nativa seleccionada N-5 (*S. cerevisiae*) en dos bodegas, la primera, 'Cía. Vinícola San Patricio' donde se trabajó con la variedad 'Ruby Cabernet' y se comparó con un vino elaborado a partir de fermentación espontánea. La segunda bodega que participó en este estudio fue la Escuela del Vino Artesanal, en este caso se comparó el vino obtenido con N-5 con uno fermentado mediante una levadura comercial.

En ambos casos se trabajó con la cosecha 2013, obteniéndose vinos jóvenes sin añejamiento en barrica. En general los vinos tuvieron un tratamiento similar, salvo el correspondiente a 'Ruby Cabernet' con N-5 en el que accidentalmente se inició una descomposición acética.

Los valores de pH se ubican de 3.6 a 3.7 para todos los vinos, encontrándose en un rango aceptable (Cuadro 5.20) (Ribéreau-Gayon, 2006b), resultados comparables a los obtenidos por De la Cruz *et al.* (2012) en las variedades 'Cabernet Sauvignon' y 'Merlot' (3.38 y 3.33, respectivamente) durante la cosecha 2011. La acidez total titulable es

ligeramente mayor en el caso de ‘Ruby Cabernet’ que en ‘Cabernet Sauvignon’ pero en los cuatro tratamientos se consideraría baja pues es menor a 5 g/l de ácido tartárico (Jackish, 1985).

Esta baja acidez total podría estar provocada por una sobremaduración pues, con la finalidad de alcanzar mayores concentraciones de azúcares, los productores suelen cosechar de manera tardía (cuando se ha alcanzado la madurez de la semilla), con lo cual los ácidos orgánicos se degradan (Amerine y Joslyn, 1970). Por lo que una recomendación para los viticultores del estado sería emplear índices de cosecha adecuados a las condiciones climáticas de la región con la finalidad de asegurar un balance entre los azúcares, los ácidos orgánicos y los polifenoles de la baya en conjunto.

Cuadro 5.20 Potencial de hidrógeno (pH), acidez total titulable (ATT), acidez volátil (AV), contenido de etanol (°GL) y contenido de glicerol de vinos tintos obtenidos a nivel comercial con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Tratamientos	pH ¹	ATT (g/l de ácido tartárico)	AV (g/l de ácido acético)	Alcohol (°GL)	Glicerol (g/l)
‘Ruby Cabernet’ + N-5	3.7	4.03	1.6	11.9	6.36
‘Ruby Cabernet’ espontánea	3.6	4.02	0.9	12.2	7.35
‘Cabernet Sauvignon’ + N-5	3.6	3.97	1.2	10.6	6.66
‘Cabernet Sauvignon’ comercial	3.6	3.96	1.1	11.1	6.03

¹ Promedios de tres repeticiones técnicas. Sin análisis estadísticos.

En cuanto a la acidez volátil ésta se encuentra fuera de los límites legales en todos los casos salvo en el tratamiento de ‘Ruby Cabernet’ con fermentación espontánea, lo cual pudiera estar asociado a que el manejo en bodega complica más la protección del vino del contacto con el aire por lo que se requiere mejorar el manejo en bodega para evitar enfermedades en el vino.

El contenido de alcohol fue menor en los vinos elaborados con la levadura nativa seleccionada N-5. Para los vinos de ‘Ruby Cabernet’ esta diferencia es de 0.3 °GL en tanto que para los de ‘Cabernet Sauvignon’ es de 0.5 °GL, siendo en este último cepaje todos los valores superiores a los reportados por De la Cruz *et al.* (2012) para este mismo cultivar en la región.

Si bien al carecer de repeticiones no se pueden establecer comparaciones con todo rigor estadístico, es de llamar la atención que en la ‘Cía. Vinícola San Patricio’ se obtengan contenidos aceptables de etanol al realizar una fermentación espontánea. Probablemente en la maquinaria de la bodega se encuentre ya instalada una cepa que podría considerarse nativa si en las instalaciones se ha trabajado sin inocular con levadura comercial durante varios años, o bien, en caso contrario, que la que se encuentre presente sea precisamente una levadura comercial que ya se ha adaptado a esas superficies y sobrevive entre un ciclo y otro, capacidad que ha sido observada en *S. cerevisiae* en bodegas comerciales (Constantí *et al.*, 1997). De tratarse de una cepa nativa, sería conveniente aislarla para su posible selección.

En cuanto a la concentración de glicerol el rango es de 6.03 a 7.35 g/l y el máximo valor se da en el vino ‘Ruby Cabernet’ de fermentación espontánea probablemente debido a la presencia en el medio de múltiples especies de cepas no-*Saccharomyces* con una elevada capacidad de producir glicerol y competir suficientemente en las primeras etapas de la fermentación (Suárez-Lepe y Morata, 2012).

Respecto a las sustancias reductoras se obtuvieron valores menores en bodega que a nivel microescala (0.6 a 0.8 vs. 1.46 a 1.58 g/l en laboratorio) (Cuadro 5.21), sin embargo, hay que recordar que se trata de cuatro cultivares distintos.

Cuadro 5.21 Sustancias reductoras (SR) y características cromáticas de vinos tintos obtenidos a nivel comercial con levaduras nativas seleccionadas en Querétaro

Tratamientos	SR¹ (g/l)	Intensidad colorante (DO_{λ=420+520+620})	Matiz (DO_{λ=420/520})
‘Ruby Cabernet’ + N-5	0.60	19.5	0.7
‘Ruby Cabernet’ espontánea	0.64	17.4	0.8
‘Cabernet Sauvignon’ + N-5	0.80	7.1	0.9
‘Cabernet Sauvignon’ comercial	0.70	7.8	0.9

¹ Promedios de tres repeticiones técnicas. Sin análisis estadístico.

En las características cromáticas se observan diferencias importantes en la intensidad colorante entre los vinos de ‘Ruby Cabernet’ y los de ‘Cabernet Sauvignon’ (17.4 a 19.5 vs. 7.1 a 7.8, respectivamente). Esto es algo contradictorio, se esperaría que tuvieran

características muy similares ya que ‘Ruby Cabernet’ es un híbrido de ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Carignan’ muy empleado en California por su adaptación a climas cálidos (Pinney, 2005).

La baja coloración de los vinos de ‘Cabernet Sauvignon’ podría corresponder más al manejo en bodega que al cepaje en sí, De la Cruz *et al.* (2012) obtuvieron valores promedio de intensidad colorante de 9.05 para esta variedad en la cosecha 2011. Por su parte, la diferencia en ‘Ruby Cabernet’ entre la cepa N 5 y la fermentación espontánea es de más de dos unidades (19.5 *vs.* 17.4, respectivamente), como ya se discutía anteriormente, esto puede estar asociado a la actividad parietal de las diferentes cepas de levaduras, siendo mayor el índice de adsorción al realizar una fermentación espontánea.

Respecto al matiz, considerando que se trata de vinos jóvenes, los valores más elevados de lo que correspondería a un vino joven (0.50-0.79) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006b) son probablemente debidos a un proceso prematuro de oxidación, como ya se había comentado al analizar la acidez volátil, por lo que es necesario implementar mejoras en el manejo en bodega enfocadas a evitar en la mayor de las posibilidades el contacto del vino con el aire.

VI. CONCLUSIONES

Dinámica fermentativa

La fermentación alcohólica con la levadura nativa seleccionada N-5 (*S. cerevisiae*) ya sea en conjunto con la NB-39 (*H. uvarum*) o en ausencia de ésta, muestra una evolución similar a la observada con la levadura comercial K-1, sin la ocurrencia de alteraciones en el curso de la fermentación o un proceso incompleto, además, el empleo de la cepa NB-39 acelera la velocidad fermentativa en mostos de ‘Merlot y ‘Syrah’.

Características físicas y químicas

La levadura NB-39 incrementó la intensidad colorante de los vinos ‘Chardonnay’. Los valores obtenidos para el resto de las variables no difieren en función de la levadura y se encuentran en los rangos considerados normales.

En los vinos tintos las mayores diferencias se dan entre variedades, encontrándose niveles más elevados de pH, acidez volátil y alcohol en ‘Syrah’, en tanto que ‘Merlot’ es superior en intensidad colorante y contenido de glicerol.

Los únicos cambios asociados al empleo de las levaduras nativas seleccionadas se observan en la intensidad colorante siendo ésta menor tanto con N-5 como con NB-39 en comparación con la levadura comercial. El matiz en todas las muestras es el correspondiente a vinos tintos jóvenes y aunque en pH y glicerol se reportan niveles menores a lo recomendado, todos los vinos cumplen con las características establecidas legalmente para su comercialización.

Análisis sensoriales

El testigo comercial, un vino blanco dulce, fue preferido sobre los tratamientos tanto en la prueba de Kramer como en la hedónica no estructurada.

Para vinos tintos, no se detectaron diferencias entre el testigo y los tratamientos en ninguno de los aspectos evaluados para la prueba hedónica, no así en la prueba de Kramer donde se destacan a nivel gustativo los vinos tintos obtenidos con ambos cepajes utilizando la mezcla de levaduras nativas (N-5 + NB-39) y a nivel general el mismo tratamiento con la

variedad 'Merlot', lo que hace ver como prometedor el empleo de esta mezcla de cepas de levaduras en la obtención de vinos tintos para la entidad.

Vinificaciones en bodega

La mayoría de los vinos obtenidos en bodega muestran valores elevados de acidez volátil, salvo en el caso de 'Ruby Cabernet' fermentado de manera espontánea. La acidez total titulable es baja en todos los vinos pero con mayor notoriedad en los de 'Cabernet Sauvignon'. La intensidad colorante es muy baja en los vinos de 'Cabernet Sauvignon' y elevada en los de 'Ruby Cabernet'. En el matiz se encuentran valores que, por la edad del vino, están asociados a un contacto excesivo de los vinos con el aire por lo que se requiere mejorar las prácticas en bodega para disminuir el riesgo de alteraciones.

El resto de las variables se encuentran en los rangos adecuados para la comercialización del vino. Es de destacar el contenido alcohólico obtenido en el vino elaborado a partir de fermentación espontánea en la bodega 'San Patricio' pues por las características del vino obtenido bajo este tratamiento, podría considerarse a esta vinícola como probable fuente de obtención de más levaduras nativas con potencial para su uso comercial en la región.

Como conclusión general se tiene que el empleo de las cepas nativas seleccionadas N-5 (*S. cerevisiae*) y NB-39 (*H. uvarum*) en procesos de vinificación correctamente controlados permite la obtención de vinos de mesa que cumplan con los requerimientos legales para su colocación en el mercado y, específicamente para el caso de vinos tintos, sean del agrado del consumidor.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aleixandre, J.J. 2006. La cultura del vino: Cata y degustación. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 345 p.
- Amerine, M.A. & Joslyn, M.A. 1970. Table Wines. University of California Press. Los Angeles, USA. 997 p.
- Amerine, M.A. & Singleton, V.L. 1977. Wine: An Introduction. University of California Press. Los Angeles, USA. 370 p.
- Andorrà, I., Berradre, M., Mas, A., Esteve-Zarzoso, B. & Guillamón, J.M. 2012. Effect of mixed culture fermentations on yeast populations and aroma profile. *Food Science and Technology* 49: 8-13.
- Andorrà, I., Berradre, M., Rozès, N., Mas, A., Guillamón, J.M. & Esteve, B. 2010. Effect of pure and mixed cultures of the main wine yeast species on grape must fermentations. *European Food and Research Technology* 231: 215-224.
- André, V. 2008. Aprende a conocer los vinos. Robinbook. Barcelona, España. 256 p.
- Asselin, C. et Delteil, D. 1998. Vinifications: Principales Opérations Unitaires Communes. pp: 669-716. *In: (Enologie. Fondements Scientifiques et Technologiques. Flanzky, C. (Éd.). Technique et Documentation. Paris, France. 1311 p.*
- AVQ. 2011. Estudio de impacto productivo de un viñedo. Ed. Asociación de Vitivinicultores de Querétaro. Querétaro, México. 111 p.
- AVQ. 2014. Asociación de Vitivinicultores de Querétaro. Querétaro, México.
- Bach, B., Colas, S., Massini, L., Bamavon, L. & Vuchot, P. 2011. Effect of nitrogen addition during alcoholic fermentation on the final content of biogenic amines in wine. *Annals of Microbiology* 61(1): 185-190.
- Bailly de Merliux, C.F., Bixio, A. et Malepeyre, F. 1836. *Maison Rustique du XIX^e Siecle. Tome troisième. Libraire Agricole. Paris, France. 480 p.*
- Bakker, J. & Clark, R. 2011. Wine: Flavour Chemistry. 2nd ed. John Wiley & Sons. Oxford, UK. 336 p.
- Barbosa, C., Falco, V., Mendes-Faia, A. & Mendes-Ferreira, A. 2009. Nitrogen addition influences formation of aroma compounds, volatile acidity and ethanol in nitrogen deficient media fermented by *Saccharomyces cerevisiae* wine strains. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 108(2): 99-104.

- Barrajón-Simancas, N., Giese, E., Arévalo-Villena, M., Úbeda, J. & Briones, A. 2011. Amino acid uptake by wild and commercial yeasts in single fermentations and co-fermentations. *Food Chemistry* 127: 441-446.
- Bataillon, M., Rico, A., Sablayrolles, J.M. & Salmon, J.M. 1996. Early Thiamin Assimilation by Yeasts under Enological Conditions: Impact on Alcoholic Fermentation Kinetics. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 82(2): 145-150.
- Bisson, L. & Joseph, C.M.L. 2009. Yeasts. pp: 47-60. *In: Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine.* König, H., Uden, G. & Frölich, J. (Eds.). Springer Science & Business Media. New York, USA. 522 p.
- Blouin, J. y Peynaud, É. 2003. *Enología práctica. Conocimiento y elaboración del vino.* 4ª ed. Mundi-Prensa. Barcelona, España. 353 p.
- Boidron, R., Boursiquot, J.M., Doazan, J.P., Leclair, P. et Walter, B. 1995. *Catalogue des variétés et clones de vigne cultivés en France.* Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation. Éd. CTPS. Marsella, France. 355 p.
- Bonilla, F., Mayen, M., Merida, J. & Medina, M. 2001. Yeasts used as fining treatment to correct browning in White wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(4): 1928-1933.
- Borneman, A.R., Schmidt, S. & Pretorius, I.S. 2012. At the cutting-edge of grape and wine biotechnology. *Trends in Genetics* 29(4): 263-271.
- Boss, P.K. & Davies, C. 2009. Molecular Biology of Anthocyanin Accumulation in Grape Berries. pp: 263-292. *In: Grapevine Molecular Physiology & Biotechnology.* Roubelakis-Angelakis, K.A. (Ed.). Springer Science & Business Media. New York, USA. 646 p.
- Bouquet, A. 2011. Grapes and Viticulture. pp: 1-29. *In: Genetics, Genomics and Breeding of Grapes.* Françoise, A., Blondon, A., Martínez-Zapater, J.M. & Kole, C. (Eds.). CRC Press. Enfield, USA. 360 p.
- Branger, A., Richer, M.M. & Roustel, S. 2007. *Microbiochimie et alimentation.* Educagri Editions. Dijon, France. 343 p.
- Capece, A., Pietrafesa, R. & Romano, P. 2011. Experimental approach for target selection of wild wine yeasts from spontaneous fermentation of "Inzolia" grapes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27: 2775-2783.
- Cardoso, J. 2012. *Enólogo de Viñedos Azteca, Ezequiel Montes, Querétaro, México.* Comunicación personal. Correo-e: jcardoso@vinedosazteca.com.
- Caridi, A. 2007. New perspectives in safety and quality enhancement of wine through selection of yeasts based on the parietal adsorption activity. *International Journal of Food Microbiology* 120: 167-172.

- Carrascosa, A.V., Bartolome, B., Robredo, S., Leon, A., Cebollero, E., Juega, M., Nunez, Y.P., Martínez, M.C., Martínez-Rodríguez, A.J. 2012. Influence of locally-selected yeast on the chemical and sensorial properties of Albariño white wines. *Food Science and Technology* 46: 319-325.
- Cavalier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 73(03): 203-266.
- Chamorro, M.C., Losada, M. y Losada, M.M. 2002. El análisis sensorial de los quesos. Mundi-Prensa. Barcelona, España. 235 p.
- Ciani, M. & Maccarelli, F. 1997. Oenological properties of non-*Saccharomyces* yeasts associated with wine-making. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 14: 199-203.
- Ciani, M., Beco, L. & Comitini, F. 2006. Fermentation behavior and metabolic interactions of multistarter wine yeast fermentations. *International Journal of Food Microbiology* 108: 239-245.
- Ciani, M., Comitini, F., Mannazzu, I. & Domizio P. 2010. Controlled mixed culture fermentation: A new perspective on the use of non-*Saccharomyces* yeasts in winemaking. *Federation of European Microbiological Societies, Yeast Research* 10: 123-133.
- Clemente-Jiménez, L., Mignorance-Cazorla, L., Martínez-Rodríguez, S., Las Heras-Vázquez, F.J. & Rodríguez-Vico, F. 2005. Influence of sequential yeast mixtures on wine fermentations. *International Journal of Food Microbiology* 98: 301-308.
- Coipel, J., Rodríguez-Lovelle, B., Sipp, C. & Leeuwen, V. 2006. “Terroir” effect as a result of environment stress depends more on soil depth than on soil type (*Vitis vinifera* L. cv. Grenache noir, Côtes du Rhône, France, 2000). *International Journal of Vine and Wine Sciences* 40(4): 177-185.
- Constantí, M., Poblet, M., Arola, L., Mas, A. & Guillamón, J.M. 1997. Analysis of Yeast Populations During Alcoholic Fermentation in a Newly Established Winery. *American Journal of Enology and Viticulture* 48(3): 339-344.
- Cooke, G.M. 2004. *Making Table Wine at Home*. University of California Press. Oakland, USA. 44 p.
- Corrieu, G. et Luquet, F. 2008. *Bactéries lactiques. De la génétique aux ferments*. Ed. Lavoisier. Paris, France. 872 p.
- Creasy, G.L. & Creasy, L.L. 2009. *Grapes*. CABI. Oxfordshire, UK. 331 p.
- Dami, I. 2013. *Determining Grape Maturity and Fruit Sampling*. Extension Department. Ohio State University. http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/1000/pdf/HYG_1436_13.pdf. Fecha de consulta: 07 de noviembre de 2014.

- De la Cruz, M.A., Martínez-Peniche, R.Á., Becerril-Román, A.E. y Chávaro-Ortiz, M.S. 2012. Caracterización física y química de vinos producidos en Querétaro. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(5): 61-67.
- De Rosa, T. 1998. *Tecnología de los vinos blancos*. Mundi-Prensa. Barcelona, España. 527 p.
- Deak, T. 2009. Ecology and Biodiversity of Yeast with Potential Value in Biotechnology. pp: 151-168. *In: Yeast Biotechnology: Diversity and Applications*. Satyanarayana T. & Kunze, G. (Eds.). Springer Science & Business Media. New York, USA. 765 p.
- Degre, R. 1993. Selection and commercial cultivation of wine yeast and bacteria. pp: 421-448. *In: Wine Microbiology and Biotechnology*. Fleet, G. (Ed.). Taylor & Francis Eds. London, UK. 510 p.
- Delfini, C. & Formica, J.V. 2001. *Wine Microbiology: Science and Technology*. CRC Press. Boca Raton, USA. 496 p.
- Di Maro, E. 2007. Identificación Molecolare di Lieviti Ricorrenti nella Fermentazione Spontanea di Alcuni Vini dell'Italia Meridionale. Tesis de Doctorado. Università degli Studi di Napoli Federico II. Napoli, Italia. 256 p.
- DOF, 2005. Diario Oficial del martes 1º de marzo de 2005. Declaratoria de la vigencia de las normas mexicanas que se indican. Secretaría de Economía. <http://www.cre.gob.mx/documento/579.pdf>. Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2014.
- Doligez, A., Audiot, E., Baumes, R. & This, P. 2006. QTLs for muscat flavor and monoterpenic odorant content in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Molecular Breeding* 18(2): 109-125.
- Downey, M.O., Dokoozlian, N.K. & Krstic, M.P. 2006. Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine: A Review of Recent Research. *American Journal of Enology and Viticulture* 57(3): 257-267.
- Dujon, B. 2010. Yeast Evolutionary Genomics. *Nature Reviews Genetics* 11: 512-524.
- Estela, W., Rychtera, M., Melzoch, K., Hatta, B., Quillama, E., Ludeña, Z., Sarmiento, V. y Chaquilla, G. 2011. Actividad fermentativa de *Hanseniaspora uvarum* y su importancia en la producción de bebidas fermentadas. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 31: 57-63.
- Estreicher, S. 2006. *Wine: From Neolithic Times to the 21st Century*. Algora Publishing. New York, USA. 186 p.
- Ewart, A. 2003. White Wines. pp: 89-106. *In: Fermented Beverage Production*. 2nd ed. Lea, A. & Piggott, J.R. Eds. Springer Science & Business Media. New York, USA. 423 p.

- Farkaš, J. 1988. Technology and Biochemistry of Wine. Vol. 2. Gordon & Breach Science Publishers. Montreux, Switzerland. 744 p.
- Feldmann, H. 2011. Molecular and Cell Biology. Wiley Blackwell. New Jersey, USA. 348 p.
- Fischer, J.R. 2001. The Evaluation of Wine: A Comprehensive Guide to the Art of Wine Tasting. Dover Publications. New York, USA. 349 p.
- Fournier-Level, A., Le Cunff, L., Gomez, C., Doligez, A., Ageorges, A., Roux, C., Bertrand, Y., Souquet, J.M., Cheynier, V. & This, P. 2009. Quantitative Genetic Bases of Anthocyanin Variation in Grape (*Vitis vinifera* L. ssp. *sativa*) Berry: A Quantitative Trait Locus to Quantitative Trait Nucleotide Integrated Study. *Genetics* 183(3): 1127-1139.
- Frezier, V. & Dubourdieu, D. 1992. Ecology of Yeast Strain *Saccharomyces cerevisiae* During Spontaneous Fermentation in a Bordeaux Winery. *American Journal of Enology and Viticulture* 43: 375–380.
- Fugelsang, K.C. & Edwards, C.G. 2007. Wine Microbiology: Practical Applications and Procedures. Springer. New York, USA. 393 p.
- Galet, P. 1979. A Practical Ampelography: Grapevine Identification. Cornell University Press. New York, USA. 248 p.
- Galet, P. 1983. Précis de Viticulture. 4^a éd. Imprimerie Dehan. Montpellier, France. 582 p.
- Galet, P. 1985. Précis d'Ampelographie Pratique. 5^a éd. Imprimerie Dehan. Montpellier, France. 256 p.
- García, A. 1997. La viticultura de Jerez. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona, España. 163 p.
- García, J. 2011. Enología avanzada. Ed. Vértice. Málaga, España. 411 p.
- García, M. y López-Munguía, A. 1993. Bebidas alcohólicas no destiladas. pp: 263-312. *In*: Biotecnología alimentaria. García, M., Quintero, R. y López-Munguía, A. (Eds.). Limusa. D.F., México. 636 p.
- Garde-Cerdán, T., Lorenzo, C., Lara, J.F., Pardo, F., Ancín-Azpilicueta, C. & Salinas, M.R. 2009. Study of the Evolution of Nitrogen Compounds during Grape Ripening. Application to Differentiate Grape Varieties and Cultivated Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 2410-2419.
- Gil, M., García, F. y García P. 2009. El vino y su servicio. Parainfo. Madrid, España. 352 p.
- Gladstones, J.S. 2011. Wine, Terroir and Climate Change. Wakefield Press. Kent Town, Australia. 279 p.

- González, R., Muñoz, R. & Carrascosa, A. 2011. Production of Wine Starter Cultures. pp: 279-302. *In: Molecular Wine Microbiology*. Carrascosa, A., Muñoz, R. & González, R. (Eds.). Academic Press. London, UK. 372 p.
- Goode, J. 2005. *The Science of Wine: From Vine to Glass*. University of California Press. Los Angeles, USA. 216 p.
- Google Earth. 2014. Mapa satelital de los Mpios. de Ezequiel Montes y El Marqués, Querétaro, México. <https://earth.google.com>. Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2014.
- Grainger, K. 2009. *Wine Quality. Tasting and Selection*. John Wiley & Sons. West Sussex, UK. 184 p.
- Guilliermond, A. 1920. *Yeasts. Culture, Identification and Microbiology*. Watchmaker Publishing. Boston, USA. 448 p.
- Guzzon, R., Widman, G., Settanni, L., Malacarne, M., Francesca, N. & Larcher, R. 2011. Evolution of yeast populations during different biodynamic winemaking processes. *South African Journal of Enology and Viticulture* 32(2): 242-250.
- Heard, G.M. & Fleet, G.H. 1986. Occurrence and growth of yeast species during the fermentation of some Australian wines. *Food Technology Association of Australia* 38: 22-25.
- Heinonen, I.M. & Meyer A.S. 2002. Antioxidants in Fruit, Berries and Vegetables. pp: 23-51. *In: Fruit and Vegetable Processing*. Jongen, W.M.F. (Ed.). Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, UK. 388 p.
- Henderson, J.P. & Rex, D. 2011. *About Wine*. 2nd ed. DELMAR CENGAGE Learning. New York, USA. 664 p.
- Henschke, P.A. & Jiranek, V. 1993. Yeasts-Metabolism of Nitrogen Compounds. pp: 77-164. *In: Wine Microbiology and Biotechnology*. Fleet, G.H. (Ed.). CRC Press. New York, USA. 510 p.
- Hidalgo, L. 2002. *Tratado de viticultura general*. 3^a ed. Mundi-Prensa Libros. Madrid, España. 1235 p.
- Hidalgo-Togores, J. 2011. *Tratado de enología*. Mundi-Prensa Libros. Madrid, España. 1823 p.
- Hong, Y.A. & Park, H.D. 2013. Role of non-*Saccharomyces* yeasts in Korean wines produced from Campbell Early grapes: Potential use of *Hanseniaspora uvarum* as a starter culture. *Food Microbiology* 34: 207-214.
- Hornsey, I. 2007. *The Chemistry and Biology of Winemaking*. Royal Society of Chemistry Ed. Cambridge, UK. 457 p.

- Hui, R. & Wen, J. 2007. *VITIS Linnaeus*, Sp. Pl. 1:202. 1753. Flora of China 12: 210-222.
- Hyma, K.E., Saerens, S.M., Verstrepen, K.J. & Fay, J. 2011. Divergence in wine characteristics produced by wild and domesticated strains of *Saccharomyces cerevisiae*. Federation of European Microbiological Societies, Yeast Research 11: 540-551.
- Jackish, P. 1985. Modern Winemaking. Cornell University Press. New York, USA. 289 p.
- Jackson, D.I. & Lombard, P.B. 1993. Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality-A Review. American Journal of Enology and Viticulture 44(4): 409-430.
- Jackson, R.S. 2009. Wine Tasting: A Professional Handbook. 2nd ed. Academic Press. San Diego, USA. 512 p.
- Jackson, R.S. 2014. Wine Science. Principles and Applications. 4th. Ed. Academic Press. San Diego, USA. 978 p.
- Jensen, J.S., Demiray, S., Egebo, M. & Meyer, A.S. 2008. Prediction of Wine Color Attributes from the Phenolic Profiles of Red Grapes (*Vitis vinifera*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 1105-1115.
- Jin, Z.M., He, J.J., Bi, H.Q., Cui, X.Y. & Duan C.Q. 2009. Phenolic Compound Profiles in Berry Skins from Nine Red Wine Grape Cultivars in Northwest China. Molecules 14: 4922-4935.
- Jolly, N.P., Augustyn, O.P.H. & Pretorius I.S. 2006. The Role and Use of Non-*Saccharomyces* Yeasts in Wine Production. South African Journal of Enology and Viticulture 27(1): 15-39.
- Kennedy, J. 2002. Understanding grape berry development. Practical Winery and Vineyard Journal. <http://www.practicalwinery.com/julyaugust02/julaug02p14.htm>. Fecha de consulta: 19 de mayo de 2013.
- Kerridge, G. & Antcliff, A. 1999. Wine Grape Varieties. CSIRO Publishing. Melbourne, Australia. 205 p.
- Kolodner, R., Putnam, C. & Muyng, K. 2002. Maintenance of Genome Stability in *Saccharomyces cerevisiae*. Science 297: 552-557.
- Kramer, A. 1963. Revised Tables for Determining Significance of Differences. Food Technology 17: 1596-1597.
- Laguna-Lumbreras, E. 2003. Sobre las formas naturalizadas de *Vitis* L. (*Vitaceae*) en la comunidad Valenciana, I. Especies. Flora Montibérica 23:46-82.

- Lallemand. 2014. Lalvin ICV-K1 (V1116). http://www.lallemandwine.com/catalog/img/catalog/description_activity_image_1216219043_Lalvin%20ICV%20K1.pdf. Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2014.
- Larrea, A. 1978. Vides americanas. Portainjertos. 2ª ed. Publicaciones de Capacitación Agraria. Madrid, España. 193 p.
- Lawless, H.T. 2013. Quantitative Sensory Analysis: Psychophysics, Models and Intelligent Design. John Wiley & Sons Inc. New York, USA. 416 p.
- Li, E., Liu, A., Xue, B. & Liu, Y. 2011. Yeasts species associated with spontaneous wine fermentation of Cabernet Sauvignon from Ningxia, China. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27: 2475-2482.
- Liang, H.Y., Chen, J.Y., Reeves, M. & Han, B.Z. 2012. Aromatic and sensorial profiles of young Cabernet Sauvignon wines fermented by different Chinese autochthonous *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Food Research International* 51: 855-865.
- Lissarrague, J.R. 2008. Tema 1: Morfología de la vid. pp: 1-13. *In: Curso de Viticultura, Departamento de Producción Vegetal. Fitotecnia. Baeza, P., Lissarrague, J.R., Sánchez, P., Sotés, V. y Ruiz, C. (Eds.). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 252 p.*
- Lissarrague, J.R. y Baeza, P. 2008. Tema 2: Biología de la vid. pp: 14-42. *In: Curso de Viticultura, Departamento de Producción Vegetal. Fitotecnia. Baeza, P., Lissarrague, J.R., Sánchez, P., Sotés, V. y Ruiz, C. (Eds.). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 252 p.*
- Lonvaud-Funel, A., Renouf, V. et Strehaiano, P. 2010. Microbiologie du vin, bases fondamentales et applications. Ed. Lavoisier. Paris, France. 380 p.
- Lutz, H. 1922. Viticulture and Brewing in the Ancient Orient. Applewood Books. Bedford, USA. 180 p.
- Martínez-Peniche, R.Á., Arvizu-Medrano, S., Pacheco-Aguilar, J.R., Hernández-Iturriaga, M., Miranda-Castillejas, D., Ortiz-Barrera, E., Chávaro-Ortiz, M.S., Sandoval-Chávez, R.A. y Mendoza-Araujo, S. 2014. Catálogo de Levaduras Enológicas. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 25 p.
- Massera, A., Assf, M., Sturm, M.E., Sari, S., Jofré, V., Cordero-Otero, R. & Combina, M. 2012. Selection of indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains to ferment red musts at low temperature. *Annals of Microbiology* 62: 367-380.
- Medina, K., Boido, E., Dellacassa, E. & Carrau, F. 2005. Yeast Interactions with Anthocyanins during Red Wine Fermentation. *American Journal of Enology and Viticulture* 56(2): 104-109.

- Medina, K., Boido, E., Dellacassa, E. & Carrau, F. 2012. Growth of non-*Saccharomyces* yeasts affects nutrient availability for *Saccharomyces cerevisiae* during wine fermentation. *International Journal of Food Microbiology* 157: 245-250.
- Medina, K., Fariña, L., Capra, A., Pérez, G., Ferreri, L., Coniberti, A., Jubany, S., Boido, E., Disegna, E., Gaggero, C., Dellacassa, E., Henschke, P.A y Carrau, F.M. 2007. Impacto del uso de levaduras nativas seleccionadas en la enología de mínima intervención. *Revista Enología* 1(IV): 1-11.
- Miranda, D.E. 2013. Selección de levaduras enológicas del género *Saccharomyces* nativas de viñedos establecidos en Querétaro. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Querétaro, México. 112 p.
- Morata, A., Gómez-Cordovés, M.C. Suberviola, J., Bartolomé, B., Colomo, B. & Suárez, J.A. 2003. Adsorption of Anthocyanins by Yeast Cell Walls during the Fermentation of Red Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 4084-4088.
- Moreno, J. & Peinado, R. 2012. *Enological Chemistry*. Academic Press. London, UK. 442 p.
- Mullins, M., Bouquet, A. & Williams, L. 1992. *Biology of the Grapevine*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 239 p.
- Nadal, M. 2010. Phenolic maturity in red grapes. pp: 389-409. *In: Methodologies and Results in Grapevine Research*. Delrot, S., Medrano, H., Or, E., Bavaresco, L. & Grando, S. (Eds.). Springer Science & Business Media. New York, USA. 448 p.
- Nadal, M., Volschenk, N. & Hunter, J.J. 2004. Phenolic extraction during fermentation as affected by ripeness level of Syrah/R99 grapes. *Joint International Conference on Viticultural Zoning*. Cape-Town, South Africa. November, 15-19.
- Navarre, C. 1994. *Manuel d'Œnologie*. 5ème. Éd. J.B. Baillière. Paris, France. 287 p.
- Navarro, F. & Wiesenthal, M. 2011. *Todo lo que debes saber sobre vino para impresionar en la mesa a tus amigos*. Aguilar. Madrid, España. 264 p.
- NMX-V-012-1986. *Bebidas alcohólicas. Vinos. Especificaciones. Alcoholic beverages. Wines. Specifications. Normas Mexicanas. Dirección Central de Normas*. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-012-1986.PDF>. Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2014.
- OIV, 2014a. *Wine and Vine Outlook 2008-2009*. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. Herent, Belgium. 84 p.
- OIV, 2014b. *Code International des Pratiques Œnologiques, Édition Révisée*. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. Paris, France. 339 p.
- OIV, 2014c. *Recueil des Méthodes Internationales d'Analyse des Vins et des Mouts. Vol. 1*. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. Paris, France. 521 p.

- Ortiz, E. 2013. Aislamiento, selección e identificación de levaduras enológicas nativas no-*Saccharomyces* en viñedos establecidos en Querétaro. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Querétaro, México. 99 p.
- Palacios, A., Suárez, C., Heras, J.M., Dulau, L., Augustin, C., Soto, F., Raginel, F. y Ortiz-Julien, A. 2007. ¿Puede *Saccharomyces cerevisiae* por sí misma marcar diferencias en el grado alcohólico del vino según la cepa empleada? La respuesta es no. *Revista Enología* 5(IV): 1-11.
- Pellechia, T. 2006. *Wine: The 8,000 Year-old Story of the Wine Trade*. Thunder's Mouth Press. New York, USA. 248 p.
- Peynaud, E. & Blouin, J. 1996. *The Taste of Wine*. John Wiley & Sons Inc. New York, USA. 346 p.
- Peynaud, E. 1984. *Knowing and Making Wine*. John Wiley & Sons. New York, USA. 391 p.
- Pinney, T. 2005. *A History of Wine in America: From Prohibition to the Present*. Vol. 2. University of California Press. Berkeley, USA. 532 p.
- Poulard, A., Simon, L. et Cuinier, C. 1980. Variabilité de la microflore levurienne de quelques terroirs viticoles du pays Nantais. *Connaissance Vigne et Vin* 14: 219-238.
- Pretorius, I. 2000. Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of winemaking. *Yeast* 16: 675-729.
- Prince, W.R. & Prince, W. 1830. *A Treatise on the Vine*. T. & J. Swords. New York, USA. 355 p.
- Puerta, A. 2000. *Elaboración de vino*. Intermediate Technology Development Group. Lima, Perú. 41 p.
- Rainieri, S. & Pretorius, I.S. 2000. Selection and improvement of wine yeasts. *Annals of Microbiology* 50: 15-31.
- Razmkhab, S., Lopez-Toledano, A., Ortega, J.M., Mayen, M., Merida, J. & Medina, M. 2002. Adsorption of phenolic compounds and browning products in White wines by yeasts and their cell walls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(25): 7432-7437.
- Reed, D.R., Tanaka, T. & McDaniel, A.H. 2006. Diverse tastes: Genetics of sweet and bitter perception. *Physiology Behaviour* 88(3): 215-226.
- Remize, F., Roustan, J.L., Sablayrolles, J.M., Barre, P. & Dequin, S. 1999. Glycerol Overproduction by Engineered *Saccharomyces cerevisiae* Wine Yeast Strains Leads to Substantial Changes in By-Product Formation and to a Stimulation of Fermentation Rate in Stationary Phase. *Applied and Environmental Microbiology* 65(1): 143-149.

- Renouf, V. 2013. La fermentation malolactique dans les vins: Mécanismes et applications pratiques. Ed. Lavoisier. Paris, France. 232 p.
- Reynier, A. 2002. Manual de viticultura. 6ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 497 p.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B. & Lonvaud, A. 2006a. Handbook of Enology, Volume 1. The Microbiology of Wine and Vinifications. 2nd ed. John Wiley & Sons. West Sussex, UK. 512 p.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B. & Lonvaud, A. 2006b. Handbook of Enology, Volume 2. The Chemistry of Wine, Stabilization and Treatments. 2nd ed. John Wiley & Sons. West Sussex, UK. 451 p.
- Robinson, J. 2000. How to Taste: A Guide to Enjoying Wine. Simon & Schuster Eds. New York, USA. 208 p.
- Romero-Cascales, I., Ortega-Regules, A., López-Roca, J.M., Fernández-Fernández, J.I. & Gómez-Plaza, E. 2005. Differences in Anthocyanin Extractability from Grapes to Wines According to Variety. *American Journal of Enology and Viticulture* 56(3): 212-219.
- Sablayrolles, J.M. 1998. Conduite de la fermentation alcoolique. pp: 454-468. *In: Œnologie. Fondements Scientifiques et Technologiques*. Flanzy, C. (Éd.). Technique et Documentation. Paris, France. 1311 p.
- Sablayrolles, J.M. et Salmon, J.M. 2009. Déroulement et contrôle de la fermentation. pp: 81-90. *In: Le Vin Rosé*. Flanzy, C., Masson, G. et Millo, F. (Éds.). Éd. Féret. Bordeaux, France. 334 p.
- Sadoudi, M., Tourdot-Maréchal, R., Rousseaux, S., Steyer, D., Gallardo-Chacón, J.J., Ballester, J., Vichi, S., Guérin-Schneider, R., Caixach, J. & Alexandre, H. 2012. Yeast-yeast interactions revealed by aromatic profile analysis of Sauvignon Blanc wine fermented by single or co-culture of non-*Saccharomyces* and *Saccharomyces* yeasts. *Food Microbiology* 32: 243-253.
- SAGARPA. 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Comunicado de prensa Núm. 557/12. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2012/octubre/Documents/2012B557.pdf>. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2013.
- Salazar, M. y López, I. 2006. Ampelografía Básica Tomo II. 1ª ed. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 136 p.
- Salbe, A.D., DelParigi, A., Pratley, R.E., Drewnowski, A. & Tataranni, P.A. 2004. Taste preferences and body weight changes in an obesity-prone population. *American Journal of Clinical Nutrition* 79(3): 372-378.

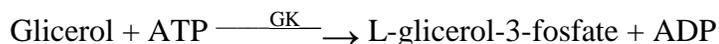
- Sánchez, L. 2007. La industria vinícola y el desarrollo económico. Tesis doctoral en Ciencias Económicas. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete, España. 189 p.
- Sancho, J., De Castro, J.J. y Bota, E. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Universidad de Barcelona. Barcelona, España. 336 p.
- Sandoval, R. A.; Martínez, R. Á.; Hernández, M.; Fernández, E.; Arvizu, S. y Soto, L. 2011. Control biológico y químico contra *Fusarium stilboides* en pimiento morrón en poscosecha. Revista Chapingo Serie Horticultura 17 (2): 161-172.
- Scanes, K.T., Hohmann, S. & Priori, B.A. 1998. Glycerol Production by the Yeast *Saccharomyces cerevisiae* and its Relevance to Wine: A Review. South African Journal of Enology and Viticulture 19(1): 17-24.
- SEDEA. 2012. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Querétaro. Avance del año agrícola, 2012. Perennes, por municipio, riego + temporal. http://www2.queretaro.gob.mx/sede/Estadisticas/agricola/PE_2012_RT_M.pdf. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2013.
- SEDEA. 2013. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Querétaro. Avance del año agrícola, 2013. Perennes, por municipio, riego + temporal. http://www2.queretaro.gob.mx/sede/Estadisticas/agricola/PE_2013_RT_M.pdf. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2013.
- Skelton, S. 2007. Viticulture. An introduction to commercial grape growing for wine production. Stephen Skelton MW. London, UK. 238 p.
- Small, E. 2009. Top 100 Food Plants. NRC Press. Ottawa, Canada. 636 p.
- Small, R.W. & Couturier, M. 2011. Beverage basics. Understanding and appreciating wine, beer and spirits. John Wiley & Sons. New Jersey, USA. 464 p.
- Spranger, M.I., Clímaco, M.C., Sun, B., Eiriz, N., Fortunato, C., Nunes, A., Leandro, M.C., Avelar, M.L. & Belchior, A.P. 2004. Differentiation of red winemaking technologies by phenolic and volatile composition. Analytica Chimica Acta 513: 151-161.
- Suárez-Lepe, J.A. & Morata, A. 2012. New trends in yeast selection for winemaking. Food Science and Technology 23: 39-50.
- Subden, R.E. 1990. Wine Yeast: Selection and Modification. pp: 113-138. *In: Yeast Strain Selection*. Panchal, C. (Ed.). Marcel Dekker Ed. New York, USA. 368 p.
- Suzzi, G., Arfelli, G., Schirone, M., Corsetti, A., Perpetuini, G. & Tofalo, R. 2012. Effect of grape indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains on Montepulciano d'Abruzzo red wine quality. Food Research International 46: 22-29.
- Toussaint, M. 2009. A History of Food. 2nd ed. John Wiley & Sons. West Sussex, UK. 776 p.

- Unwin, P.T.H. 1996. *Wine & the Vine*. Routledge. London, UK. 415 p.
- Vagnoli, P., Musmanno, R.A., Cresti, S., Di Maggio, T. & Coratza, G. 1993. Occurrence of killer yeasts in spontaneous wine fermentations from the Tuscany region of Italy. *Applied Environmental Microbiology* 59: 4037–4043.
- Van Leeuwen, C., Bois, B., Pieri, P. y Gaudillere, J.P. 2007. Clima como un componente del “terroir”. *Revista Enología* 2(IV): 1-14.
- Vanasse, A. & Drapenau, P. 2005. *The Encyclopedia of Home Winemaking. I. Fermentation and Winemaking Methods*. XYZ Publishing. Quebec, Canada. 240 p.
- Vázquez, F., Nally, M.C., Maturano, P. y Toro, M.E. 2005. Selección de cepas de levaduras autóctonas para vinificación. El concepto de levadura plenamente adaptada: 1ª parte. *Revista Enología* 5(2): 1-3.
- Versavaud, A., Courcoux, P., Roulland, C., Dulau, L. & Hallet, J.N. 1995. Genetic diversity and geographical distribution of wild *Saccharomyces cerevisiae* strains from the wine producing area of Charentes, France. *Applied and Environmental Microbiology* 61(10): 3521–3529.
- Versavaud, A., Dulau, L. et Hallet, J.N. 1993. Etude écologique de la microflore levurienne spontanée du vignoble des Charentes et approche moléculaire de la diversité intra spécifique chez *Saccharomyces cerevisiae*. *Revue Française d’Enologie* 142: 20-28.
- Veziñhet, F., Hallet, J.N., Valade, M. & Poulard, A. 1992. Ecological survey of wine yeast strains by molecular methods of identification. *American Journal of Enology and Viticulture* 43: 83-86.
- Viana, F., Belloch, C., Vallés, S. & Manzanares, P. 2011. Monitoring a mixed starter of *Hanseniaspora vineae*-*Saccharomyces cerevisiae* in natural must: Impact on 2-phenylethyl acetate production. *International Journal of Food Microbiology* 151: 235-240.
- Walker, G.M. 1998. *Yeast Physiology and Biotechnology*. John Wiley & Sons. West Sussex, UK. 350 p.
- Walker, G.M. 2011. Yeasts. pp: 3-18. *In: Eucaryotic Microbes*. Schaechter, M. (Ed.). Academic Press. California, USA. 479 p.
- Wang, C. & Liu, Y. 2013. Dynamic study of yeast species and *Saccharomyces cerevisiae* strains during the spontaneous fermentation of Muscat blanc in Jingyang, China. *Food Microbiology* 33: 172-177.
- White, R.E. 2003. *Soils for Fine Wines*. Oxford University Press. New York, USA. 312 p.
- Winkler, A, Cook, J.A., Kliewer, W.M. & Lider L.A. 1974. *General Viticulture*. 2nd ed. University of California Press. California, USA. 710 p.

- Zamora, F. 2009. Biochemistry of Alcoholic Fermentation. pp: 3-26. *In*: Wine Chemistry and Biochemistry. Moreno, M.V. & Polo, M.C. (Eds.). Springer. New York, USA. 735 p.
- Zoecklein, B. 2002. A Review of *Méthode Champenoise* Production. Virginia Cooperative Extension. Publication 463-017W. Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia, USA. 28 p.
- Zraly, K. 2009. Windows on the World Complete Wine Course. Sterling Publishing. New York, USA. 338 p.

Anexo II. Reacción enzimática de la determinación de glicerol conforme a las especificaciones del paquete enzimático Enzytec® Glycerol (r-biopharm)

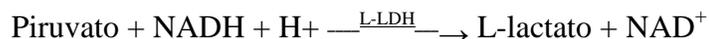
El glicerol es fosforilado por la adenosina-5'-trifosfato (ATP) a L-glicerol-3-fosfato en una reacción catalizada por la glicerolquinasa (GK):



El adenosine-5'-difosfato (ADP) formado en esta reacción es reconvertido en ATP mediante el fosfoenolpiruvato (PEP) con la ayuda de la piruvatoquinasa (PK) dando lugar a la formación de piruvato:



En presencia de la enzima L-lactato deshidrogenasa (L-LDH), el piruvato es reducido a L-lactato por el dinucleótido de nicotinamida y adenina reducido (NADH) con la oxidación de ésta a NAD:



El contenido de NADH oxidado es equivalente estequiométricamente a la cantidad de glicerol y se determina midiendo la absorbancia a 334 nm.

Anexo III. Fichas empleadas en los análisis sensoriales

Hoja de respuesta para prueba hedónica no estructurada

Nombre. _____ Fecha. _____

Marque con una X el punto en la línea de acuerdo a su preferencia. Siga el orden evaluando la muestra indicada en los recuadros y no comente sus resultados con nadie.

Muestra		Me disgusta mucho		Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Visual	----- -----		----- -----
	Aroma	----- -----		----- -----
	Sabor	----- -----		----- -----
	Aceptación General	----- -----		----- -----
 <input type="checkbox"/>	Visual	----- -----		----- -----
	Aroma	----- -----		----- -----
	Sabor	----- -----		----- -----
	Aceptación General	----- -----		----- -----

Comentarios (Opcional):

Hoja de respuesta para prueba de preferencia o de Kramer

Nombre. _____ Fecha. _____

Instrucciones. Con la ayuda de las tarjetas, clasifique estas muestras por orden decreciente de preferencia (de mayor a menor). Finalmente anote sus resultados en el recuadro apropiado.

Nota:

- Obsérvelas las veces que sea necesario
- No comente sus decisiones con nadie

1	2	3	4	5
<input type="text"/>				

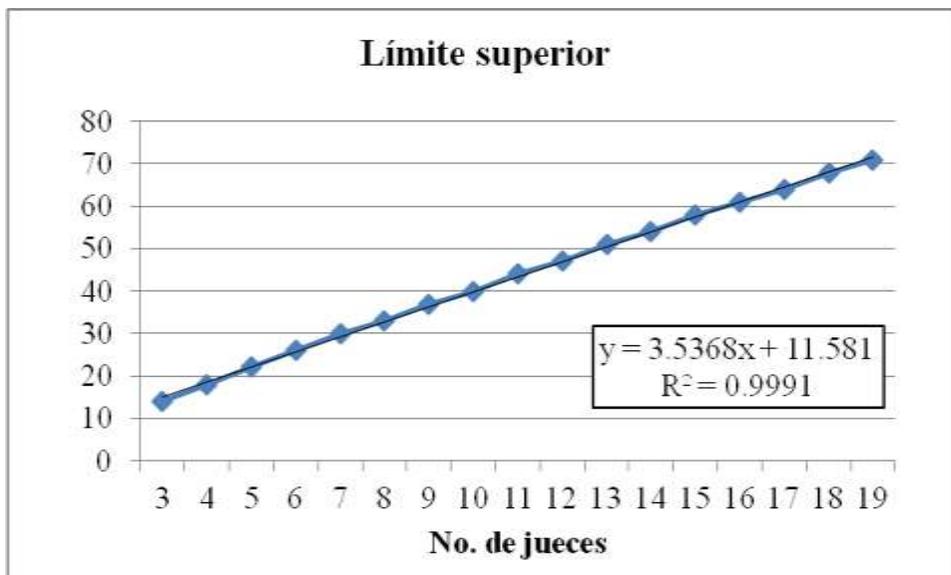
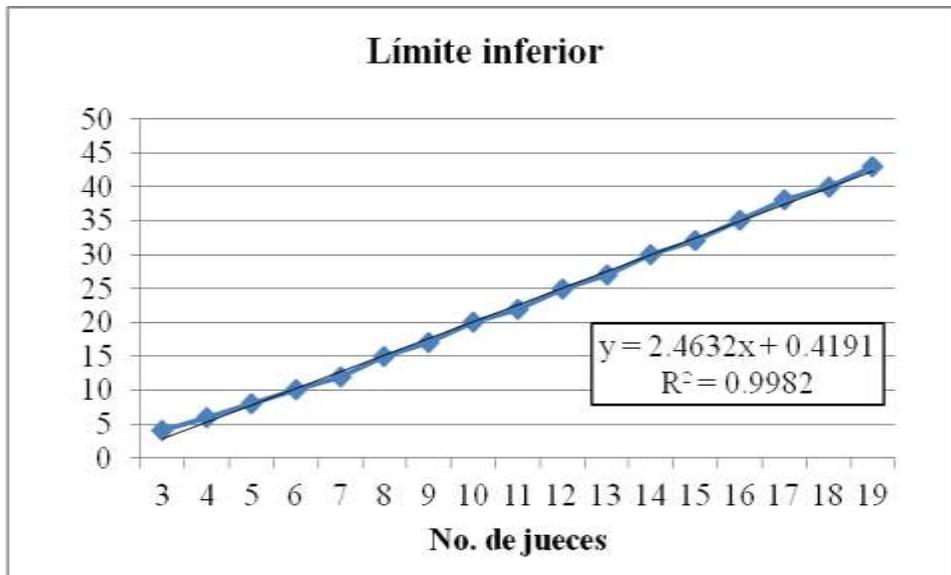
Comentarios (opcional):

Anexo IV. Tablas de Kramer (1936) y ajuste utilizado para 36 jueces

Los cuatro bloques de números significan:
 Suma más baja de niveles sin significación en cualquier tratamiento.
 Suma más alta de niveles sin significación en cualquier tratamiento.
 Suma más baja de niveles sin significación en el tratamiento predeterminado.
 Suma más alta de niveles sin significación en el tratamiento predeterminado.

Número de Repeticiones	Número de tratamientos o muestras ordenadas								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	4-18
	-	-	-	4-14	4-17	4-20	4-23	5-25	5-28
4	-	4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-25
	-	5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36
5	-	5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31
	-	6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43
6	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38
	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51
7	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45
	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58
8	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51
	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-58	24-64
9	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57
	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	28-71
10	11-16	14-22	17-28	20-34	23-40	26-46	29-52	32-58	35-64
	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78
11	12-18	16-24	19-31	23-37	26-44	30-50	33-57	37-63	40-70
	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-68	34-76	36-85
12	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76
	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91
13	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-75	50-82
	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-86	45-96
14	17-22	21-31	23-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89
	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	42-84	46-94	50-104
15	18-24	23-33	28-42	33-51	38-60	44-68	49-77	54-86	59-95
	19-26	23-37	28-47	32-58	37-68	41-79	46-89	51-99	56-109
16	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	59-91	65-100
	20-28	25-39	30-50	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-116
17	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	63-97	69-107
	22-29	27-41	32-53	38-64	43-76	48-88	53-100	58-112	63-124
18	22-29	28-40	33-50	41-61	48-71	54-82	61-92	68-103	75-114
	23-21	29-43	34-56	40-68	46-80	51-93	57-105	64-116	71-127
19	24-30	30-42	37-53	44-64	51-75	58-86	65-97	72-108	79-119
	24-23	30-46	37-58	43-71	49-84	55-97	61-110	67-123	73-136
19	25-32	32-44	39-56	47-67	54-79	62-90	69-102	76-114	84-114

Para encontrar los valores correspondientes al rango para 36 jueces se graficaron por separado los valores máximos y mínimos de los rangos a utilizarse para cinco muestras (señalados con recuadros negros en la tabla) y en ambos casos se encontró una correlación lineal altamente significativa, lo que permitió ubicar mediante extrapolación el rango adecuado a 36 jueces, siendo 93 el límite mínimo y 146 el máximo. Se muestran los gráficos para cada conjunto de valores y los coeficientes de correlación.



Anexo V. Reporte de estancia en la Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE QUÍMICA
PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS DEL
CENTRO DE LA REPÚBLICA (PROPAC)



REPORTE FINAL

Estancia de investigación en la Facultad de Enología de la
Universitat Rovira i Virgili. Tarragona, España.

Presenta:

María del Socorro Chávaro Ortiz

CONTENIDO

	Página
I. Caracterización del perfil fenólico de bayas y vinos cvs. ‘Garnacha’, ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Marselan’	3
<i>Introducción</i>	3
<i>Materiales y métodos</i>	3
<i>Resultados y discusión</i>	6
a) <i>Evolución de las familias de polifenoles en la maduración del cv. ‘Marselan’</i>	6
b) <i>Perfil fenólico al momento de la vendimia de bayas de ‘Marselan’, ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Garnacha’</i>	11
c) <i>Perfil fenólico de vinos tintos de ‘Marselan’, ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Garnacha’</i>	13
<i>Conclusiones</i>	14
<i>Bibliografía</i>	15
II. Experiencia en viticultura	17
a) <i>Visita a Vilafranca del Penedès</i>	17
b) <i>Manejo cultural del viñedo</i>	19
c) <i>Medición de variables en el viñedo con fines de investigación</i>	20
d) <i>Plagas y enfermedades</i>	22
e) <i>Mejoramiento genético</i>	24
f) <i>Visita a la DOC Priorato</i>	25
III. Cata y degustación de vinos de la región del Priorato y Montsant	27
a) <i>Feria de vinos de Falset</i>	27
b) <i>Cata en Vitec</i>	28
AGRADECIMIENTOS	29

I. Caracterización del perfil fenólico de bayas y vinos cvs. ‘Garnacha’, ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Marselan’

Introducción

En 2008 Giogi y Lionello dieron a conocer un estudio predictivo sobre el efecto del cambio climático en la región del Mediterráneo, siendo la principal conclusión que, especialmente durante el verano, la temperatura se incrementaría en tanto que las precipitaciones serían más escasas. Recientemente se ha observado que esto tiene un efecto cada vez más importante sobre la fenología de la vid y la composición de la uva. La temperatura es determinante en la composición de ciertos polifenoles como los antocianos, encontrándose mayores contenidos de éstos dentro del rango de 14 – 29 °C (Mira de Orduña, 2010).

La composición de la baya cambia drásticamente durante el proceso de maduración. Con el envero inicia la acumulación de antocianos, la cual está directamente relacionada con la acumulación de azúcares. Muchos factores pueden afectar dicha acumulación, tales como la temperatura, la radiación solar, el estado hídrico de la viña y las prácticas culturales. El estado hídrico influye directamente no sólo sobre la acumulación de fenoles sino sobre el crecimiento de la baya y los atributos sensoriales de los vinos obtenidos (Kennedy *et al.*, 2002). Por otro lado es también sabido que el estado hídrico se ve afectado tanto por el cultivar como por el portainjerto (Iacono *et al.*, 1998).

En la DOCa Priorat se cultivan variedades tanto blancas (‘Garnacha blanca’, ‘Macabeo’, ‘Pedro Ximenez’ y ‘Xenin’) como tintas propias de la región (‘Garnacha negra’ y ‘Cariñena’); además, recientemente se han introducido cepajes nobles no autóctonos, tales como ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Merlot’ y ‘Syrah’ (Savé *et al.*, 2010). Asimismo se propone la utilización de la variedad ‘Marselan’ (‘Garnacha’ X ‘Cabernet Sauvignon’) la cual es resistente a los ácaros y poco sensible al oídio, con ella se obtienen vinos tintos de coloraciones intensas, razón por la cual se mezcla con vinos de ‘Garnacha’ para aportar a estos color y estructura (Reynier, 2012).

Por todo lo anterior, desde hace siete años se ha evaluado en la región el efecto tanto del portainjerto como del clima sobre la composición fenólica de uvas y vinos de distintas variedades bajo las condiciones propias del Mediterráneo.

Materiales y métodos

Los estudios se han realizado en la comunidad de Constantí, provincia de Tarragona, en el viñedo experimental Mas dels Frares de la URV (41° 08’ LN, 11° 50.5’ LE). El suelo es profundo, ligeramente arcilloso y pedregoso. La plantación cuenta con siete años de edad

y se encuentra establecida a una distancia de 1.0 m entre plantas y 2.4 m entre hileras. La conducción es en cordón bilateral sobre espaldera. El diseño experimental es de bloques al azar con tres repeticiones bajo un diseño de tratamientos factorial siendo los factores las variedades ('Garnacha', 'Cabernet Sauvignon' y 'Marselan') y el portainjerto (Richter 110, 140 Ruggeri, 41 B Millardet y Fercal). Además, para la variedad 'Marselan' se introdujo la poda en verde como tercer factor con dos tratamientos, con poda (RD: régimen defoliado) y sin poda (RV: régimen vegetativo).

Para evaluar el perfil fenólico en 2013 se obtuvieron bayas de cada tratamiento al momento de la vendimia. En el caso de la variedad 'Marselan' se obtuvieron además bayas al inicio del envero y en tres estados de maduración posteriores a éste (Tabla 1.1). Asimismo, se realizaron microvinificaciones por la técnica de vinificación tradicional en tinto. La extracción y el análisis en HPLC tanto de las bayas como del vino se realizaron siguiendo la metodología de Gómez-Alonso *et al.*, (2007).

Tabla 1.1 Fechas de muestreo de bayas de la variedad 'Marselan'.

Fecha	Clave
22 / VII / 2013	MAD 0C (Envero)
24 / VII / 2013	MAD 1C
29 / VII / 2013	MAD 3C
26 / VIII / 2013	MAD 8C
10 / IX / 2013	MAD 9C (Vendimia)

La separación cromatográfica se llevó a cabo en el Parque Tecnológico del Vino – VITEC. Se utilizó una columna de rápida resolución de 4.6x250 nm; 5 μ *Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18*, la temperatura durante el análisis fue de 20 °C. Las fases móviles utilizadas fueron: solvente A: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 50 mM pH: 2.6; solvente B: 80% acetonitrilo más 20% de solvente A, y solvente C: H_3PO_4 200 mM pH: 1.5. El flujo de trabajo fue 1.0 ml/min. Las longitudes de onda del detector de DAD (detector acoplado de diodos) para las diferentes familias fueron: 280 nm (ácidos hidroxibenzóicos), 300 nm (estilbenos), 320 nm (ácidos hidroxicinámicos), 360 nm (flavonoles), 520 nm (antocianos) (Figura 1.1), los flavan-3-oles y el tirosol (sólo en vino) se determinaron con el detector de FLD (detector de fluorescencia) a la longitud de onda de excitación de 280 nm y de emisión de 320 nm. Los datos cromatográficos fueron recogidos, almacenados y analizados con el programa *ChemStation (Agilent Technologies, California, USA)* (Brull, 2014). Los compuestos identificados para cada familia se detallan en la tabla 1.2.

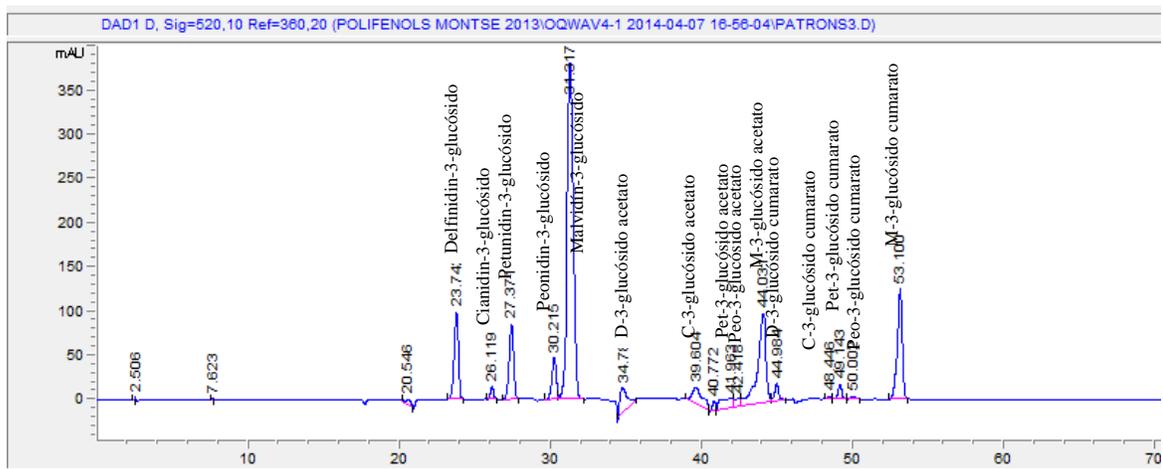


Figura 1.1 Cromatograma de lectura de detector acoplado de diodos (DAD) a $\lambda = 520 \text{ nm}$ para cuantificación de antocianos.

Tabla 1.2 Compuestos identificados para las diferentes familias.

Familia	Compuestos
Ácidos hidroxibenzóicos	Ácido gálico
	Ácido protocatecúico
	Ácido hidroxibenzóico
	Ácido p-hidroxibenzóico
	Ácido siríngico
Estilbenos	Resveratrol
Ácidos hidroxicinámicos	Ácido caftárico
	Ácido caféico
	Ácido p-cumárico
	Ácido ferúlico
	Ácido trans-ferúlico
	Miricetín-3-glucósido
	Quercetín-3-galactósido
Flavonoles	Rutina
	Quercetín-3-glucósido
	Quercetín-3-O-glucósido
	Isoramnetina
Antocianos	Delfinidín-3-glucósido
	Cianidin-3-glucósido
	Malvidín-3-glucósido
	Petunidín-3-glucósido

Tabla 1.2 Compuestos identificados para las diferentes familias (cont.).

Familia	Compuesto
Antocianos	Peonidín-3-glucósido
	Delfinidín-3-glucósido acetato
	Cianidin-3-glucósido acetato
	Malvidín-3-glucósido acetato
	Petunidín-3-glucósido acetato
	Peonidín-3-glucósido acetato
	Delfinidín-3-glucósido cumarato
	Cianidin-3-glucósido cumarato
	Malvidín-3-glucósido cumarato
	Petunidín-3-glucósido cumarato
Flavan-3-oles	Peonidín-3-glucósido cumarato
	Procianidina B1
	Procianidina B2
	Procianidina B3
	Catequina
Ácidos no carboxílicos	Epicatequina
	Tirosol

En cuanto a las variables climatológicas se evaluaron a lo largo del año las temperaturas máximas, mínimas y promedio, la precipitación y la evapotranspiración. Mediante una cámara tipo Scholander se determinó el potencial hídrico de hojas de ‘Marselan’ a las 7:00 y a las 12:00 con la finalidad de evaluar el estado hídrico de la planta.

Para el análisis estadístico se obtuvo la concentración final de polifenoles y se calcularon los porcentajes correspondientes a cada familia, dichos porcentajes fueron transformados a grados angulares para ser sometidos al análisis de varianza y se realizó una separación de medias de Tukey mediante el paquete estadístico *Statgraphics Centurion XVI.1*.

Resultados y discusión

a. Evolución de las familias de polifenoles en la maduración del cv. ‘Marselan’

Los ácidos fenólicos se encuentran presentes en diversos frutos (Mattila *et al.*, 2006) y su contenido tanto en las uvas como en el vino es importante debido a los beneficios que sobre la salud humana tienen sus propiedades antioxidantes (Monagas *et al.*, 2005). Por su

parte, los antocianos son los responsables de la coloración del vino tinto, las catequinas aportan amargor y astringencia, se sintetizan durante el crecimiento inicial de la baya y termina en el envero para dar lugar a la aparición de sus formas poliméricas, las procianidinas, las cuales están relacionadas con el carácter de redondez en boca (Ojeda, 2007).

Respecto al contenido de ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóicos y ácido hidroxicinámicos) puede observarse que hay mayores concentraciones al momento del envero (MAD 0C) en el tratamiento con deshoje, encontrándose alrededor de 300 ppm en R110 y en 140 Ru y alrededor de 200 ppm en 41 B y Fercal; sin embargo, al momento de la vendimia (MAD 9C) los valores se encuentran entre 25 y 100 ppm para todos los portainjertos independientemente del tipo de poda (Figura 1.2). Fernández *et al.* (1992) mencionan que la síntesis de ácidos cinámicos presenta una tendencia a disminuir a lo largo del proceso de maduración, contrario a lo que sucede con los ácidos benzóicos, en uva ‘Cencibel’.

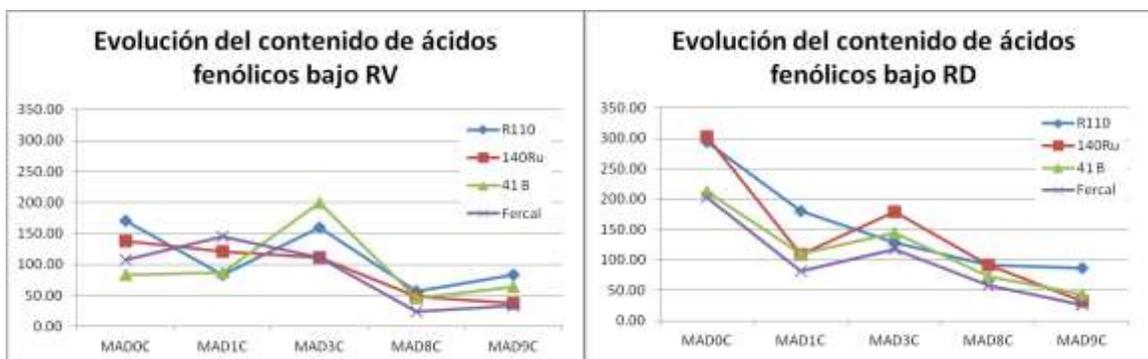


Figura 1.2 Evolución del contenido de ácidos fenólicos en uva ‘Marselan’ bajo RV (sin poda) y RD (deshoje).

En cuanto a los antocianos se observan muy bajas concentraciones durante los primeros tres muestreos pero a partir de la MAD 8C se nota un incremento drástico. Para la fecha de vendimia, en el caso del tratamiento sin poda, los mayores valores son obtenidos en R110 y 41B. En el tratamiento con deshoje destaca 41 B con la concentración más alta. Los menores valores se obtienen con Fercal en ambos tratamientos de poda (Figura 1.3).

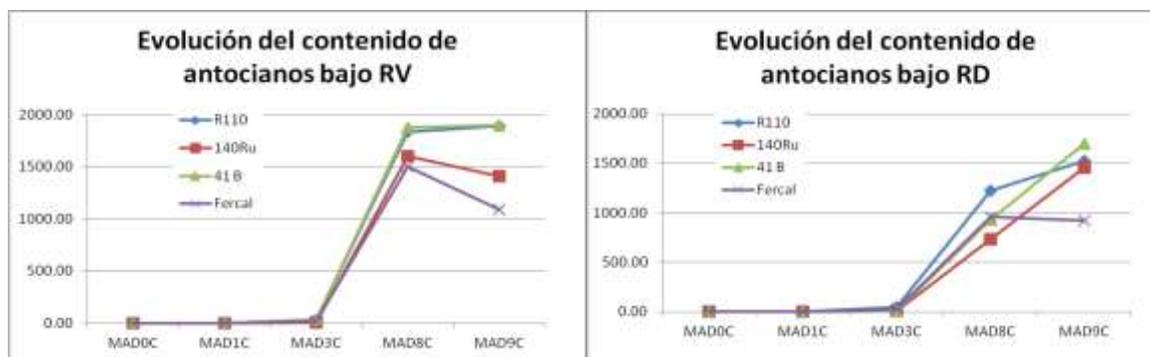


Figura 1.3 Evolución del contenido de antocianos en uva ‘Marselan’ bajo RV (sin poda) y RD (deshoje).

El contenido máximo de catequinas se encuentra en la fecha correspondiente a la MAD 3C salvo para Fercal en el tratamiento sin deshoje. En ambos sistemas de poda los valores finales son menores a 250 ppm (Figura 1.4). De Freitas y Glories (1999) observaron la mayor concentración de catequinas durante el envero que en maduración, momento en el cual se alcanzan los valores más bajos.

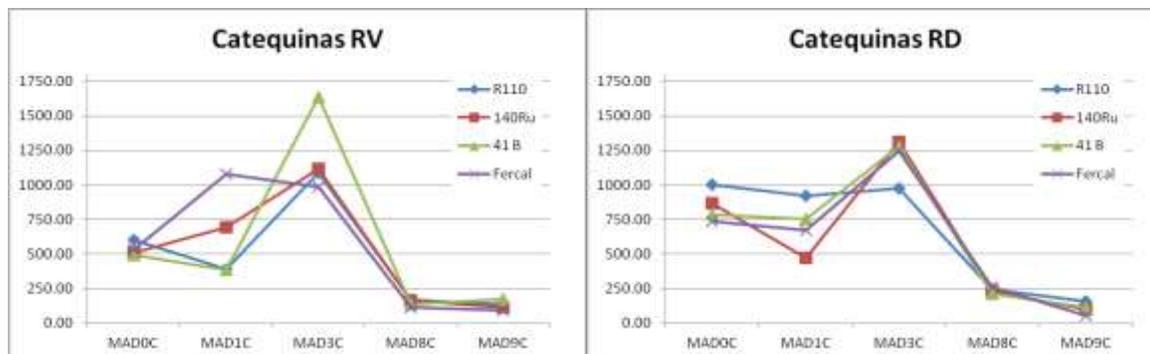


Figura 1.4 Evolución del contenido de catequinas en uva ‘Marselan’ bajo RV (sin poda) y RD (deshoje).

Finalmente, por lo que respecta a las procianidinas, el comportamiento es similar a las catequinas. La concentración en la fecha de vendimia no supera 200 ppm e ninguno de los tratamientos aunque se aprecia ligeramente una menor concentración en Fercal sin poda y destaca R110 en el tratamiento con deshoje (Figura 1.5). De Freitas y Glories (1999) adjudican este comportamiento a la posible síntesis de procianidinas durante la etapa de crecimiento y su detención posterior.

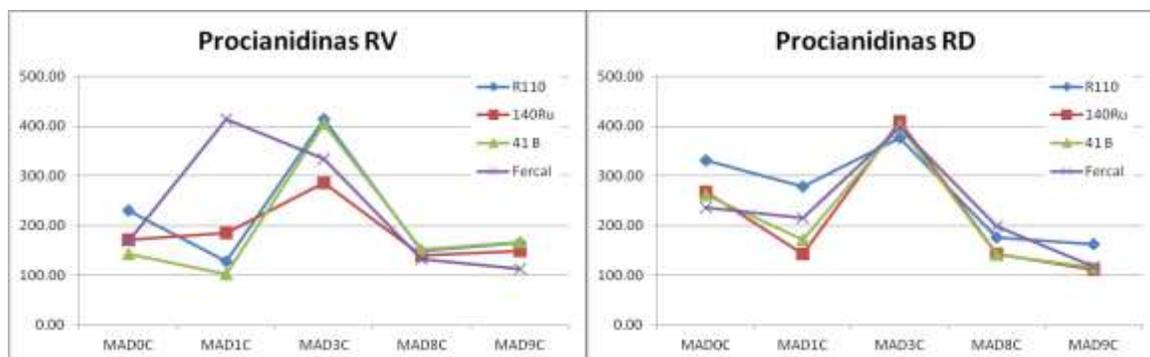


Figura 1.5 Evolución del contenido de procianidinas en uva ‘Marselan’ bajo RV (sin poda) y RD (deshoje).

Durante 2013 se observaron importantes precipitaciones en los primeros meses del año, disminuyendo hacia el verano, a la par se registraron incrementos en la temperatura y en la evapotranspiración. Los portainjertos con un estado de déficit hídrico más acusado al medio día fueron, bajo el sistema sin poda, 140 Ru y bajo el tratamiento con deshoje, R110 y 41 B (Figura 1.6).

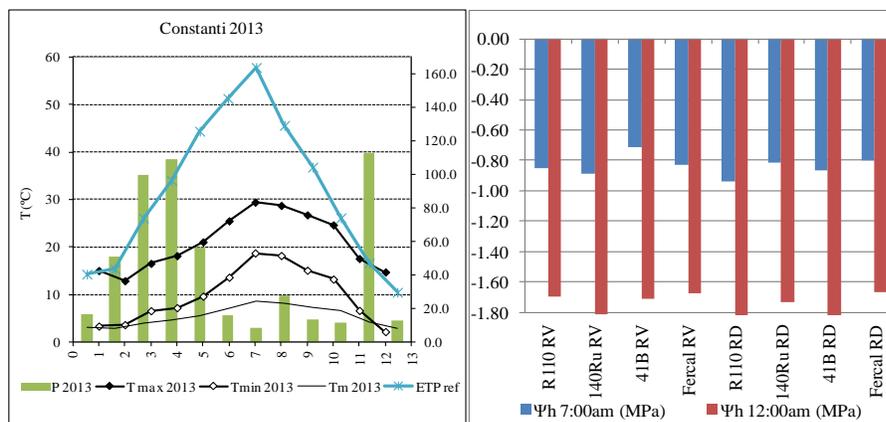


Figura 1.6 Constantes climatológicas durante 2013 en la zona de estudio (izq.), potencial hídrico en los diferentes tratamientos de la variedad ‘Marselan’ a las 7:00 y 12:00 h en la fecha de vendimia (der.).

El portainjerto R110 es el que muestra mayores valores en casi todas las familias, excepto en ácidos hidroxibenzóicos y flavan-3-oles donde no se obtuvieron diferencias entre portainjertos. Asimismo, los contenidos más bajos se encuentran en Fercal; éste es un portainjerto medianamente vigoroso en tanto que R110 confiere elevado vigor (Tabla 1.3).

Tabla 1.3 Análisis de varianza y separación de medias para las diferentes familias de polifenoles en función del portainjerto.

Portainjerto	Familia						
	OHB ¹	Estilbenos	OHC	Flavonoles	Antocianos	Flavan-3-oles	Polifenoles totales
R-110	3.5 a	4.8 a	41.0 a	49.9 a	218.5 a	213.7 a	531.3 a
140 Ru	2.9 a	3.6 ab	36.1 ab	34.6 b	214.7 a	182.7 a	433.9 b
41 B	3.1 a	4.9 a	32.3 ab	35.6 b	173.9 ab	192.4 a	482.9 ab
Fercal	3.3 a	3.2 b	27.0 b	30.6 b	150.4 b	207.5 a	422.0 b
DMS	0.9	1.6	11.6	10.0	56.2	47.8	95.8
Valor de F	1.12	3.86	3.55	9.72	4.67	1.19	3.72

¹ Promedios de 30 valores individuales, tipografía en negritas señala diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). DMS=Diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$)

Respecto al manejo de la canopia, el defoliado disminuye la concentración de estilbenos y de antocianos, probablemente debido a una sobreexposición solar que degrada estos compuestos, aunque se incrementan los ácidos hidroxicinámicos (Tabla 1.4)

Tabla 1.4 Análisis de varianza y separación de medias para las diferentes familias de polifenoles en función del manejo de la canopia.

Poda	Familia						
	OH B	Estilbenos	OHC	Flavonoles	Antocianos	Flavan-3-oles	Polifenoles totales
R. vegetativo	3.0 a	5.1 a	28.8 b	36.1 a	219.9 a	188.6 a	481.6 a
R. defoliado	3.4 a	3.1 b	39.4 a	39.2 a	158.9 b	209.5 a	453.5 a
DMS	0.5	0.8	6.2	3.1	30.2	25.7	51.5
Valor de F	2.05	21.59	11.16	1.34	16.08	2.61	1.17
Valor de F interacción	1.55	131.85	0.94	0.23	0.19	0.51	0.11

¹ Promedios de 60 valores individuales, tipografía en negritas señala diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). DMS=Diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

Koundouras *et al.* (2009) no encontraron diferencias en la concentración de diversas familias de polifenoles en función del portainjerto al comparar uno vigoroso (1103P) vs. uno débil (SO4), sin embargo, esta respuesta diferencial podría estar asociada a una diferente

respuesta del portainjerto al estrés hídrico, Ojeda *et al.* (2002) observaron un incremento en la síntesis de flavonoles y antocianos bajo estados de fuerte estrés hídrico en la variedad ‘Syrah’. Se sabe que R110 es un portainjerto tolerante a sequía, lo que podría tener un efecto en la síntesis de polifenoles de la variedad ‘Marselan’.

b. Perfil fenólico al momento de la vendimia de bayas de ‘Marselan’, ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Garnacha’

Al momento de la vendimia no se observan diferencias entre cepajes en la concentración de ácidos hidroxicinámicos ni en la de antocianos (Tabla 1.5). En general ‘Garnacha’ suele presentar menores concentraciones de antocianos que los otros dos cepajes, sin embargo, ‘Cabernet Sauvignon’ es una variedad de maduración tardía (Parker, 2008) por lo que probablemente no habría concluido su maduración al momento de la vendimia con lo que aún estaba en proceso de síntesis de antocianos.

Tabla 1.5 Tratamientos sobresalientes en el análisis de varianza para las diferentes familias de polifenoles cuantificadas en bayas de la cosecha 2013.

Familia	Fuente de variación		
	Variedad	Portainjerto	Interacción
OHB ¹	GX MN CS ³	FERCAL R110 140R 41B	140R X GX; FERCAL X GX
Estilbenos	MN GX CS	NS	140R X MN; FERCAL X MN
OHC ²	NS	NS	NS
Flavonoles	GX CS MN	R110 140R 41B FERCAL	NS
Antocianos	NS	R110 41B FERCAL R110	NS
Flavan-3-oles	MN GX CS	FERCAL	140R X MN; FERCAL X MN

¹OHB: Ácidos hidroxibenzóicos. ²OHC: Ácidos hidroxicinámicos. ³ GX: ‘Garnacha’, MN: ‘Marselan’, CS: ‘Cabernet Sauvignon’. En azul se indican las variedades, portainjertos e interacciones que resultaron significativamente mayores y en rojo las variedades y los portainjertos significativamente menores ($P \leq 0.05$).

La variedad ‘Garnacha’ muestra los mayores valores de flavonoles (al igual que ‘Cabernet Sauvignon’) y de ácidos hidroxicinámicos, además, la síntesis y acumulación de dichos ácidos se ve potenciada por la combinación de ‘Garnacha’ con los portainjertos 140 Ruggeri y Fercal. Por su parte, ‘Marselan’ se destaca por su contenido de estilbenos (resveratrol) y flavan-3-oles, en ambos casos hay un efecto sinérgico con los portainjertos 140 Ruggeri y Fercal. Ambos portainjertos tienen en común una mediana tolerancia a sequía y el conferir vigor mediano a elevado (Reynier, 2012), lo que podría resultar en un estado de

deficiencia hídrica importante. Ojeda (2007) menciona que el grado de taninos polimerizados puede ser incrementado con una restricción hídrica. En contraparte, R110 aunque tiene elevado vigor también muestra una alta tolerancia a sequía por lo que el estrés hídrico sería menor en este portainjerto y, si bien 41 B no tiene un desempeño sobresaliente frente a la falta de agua, el bajo vigor que presenta en los primeros años (Reynier, 2012) implica también una menor tasa de transpiración y, posiblemente, un estado hídrico más balanceado.

Proporcionalmente, ‘Garnacha’ y ‘Cabernet Sauvignon’ muestran una distribución similar de las seis familias (Figura 1.7), a diferencia de ‘Marselan’ que, respecto a las dos anteriores, muestra casi una relación 2:1 entre flavan-3-oles y flavonoles y un contenido sobresaliente de resveratrol (estilbenos), uno de los compuestos con capacidad antioxidante más importante en la uva (Gehm *et al.*, 1997).

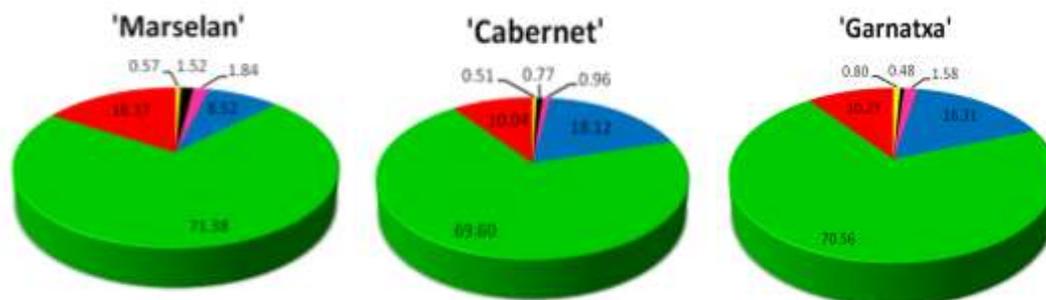


Figura 1.7 Contenido de ácidos hidroxibenzóicos (amarillo), estilbenos (negro), ácido hidroxicinámicos (rosa), flavonoles (azul), antocianos (verde) y flavan-3-oles (rojo) en bayas de los cvs. ‘Marselan’, ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Garnacha’ en la vendimia.

En función del portainjerto, Fercal sobresale por el contenido de ácidos hidroxibenzóicos y de flavan-3-oles (Tabla 1.5). Richter 110 presenta la menor concentración de antocianos aunque destaca en cuanto a flavonoles. El efecto que R-110 pudiera tener sobre la coloración del vino no debe ser evaluado exclusivamente por su contenido de antocianos pues se sabe que éstos forman complejos con los flavonoles que incrementan la coloración del vino (Ojeda, 2007). Finalmente, no se observaron diferencias significativas entre portainjertos para estilbenos ni para ácidos hidroxicinámicos.

En cuanto a la proporción de las familias, 140 Ruggeri, 41 B y Fercal son muy similares (Figura 1.8). Contrasta Richter 110 por, como ya se había mencionado, una mayor cantidad de flavonoles y menor de antocianos.

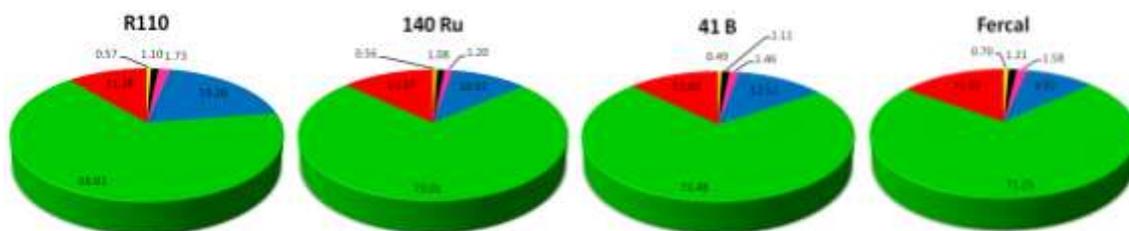


Figura 1.8 Contenido de ácidos hidroxibenzóicos (amarillo), estilbenos (negro), ácidos hidroxicinámicos (rosa), flavonoles (azul), antocianos (verde) y flavan-3-oles (rojo) en la vendimia en función del portainjerto.

c. Perfil fenólico de vinos tintos de ‘Marselan’, ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Garnacha’

En cuanto a los vinos obtenidos con los diferentes cepajes, ‘Marselan’ contiene bajas concentraciones de ácidos hidroxibenzóicos, flavan-3-oles y tirosol (ácidos no carboxílicos), pero la mayor cantidad de estilbenos y antocianos (Tabla 1.6). ‘Garnacha’ tiene los menores valores de estilbenos, flavonoles y antocianos, lo cual es característico de esta variedad (Aleixandre, 2006) pero el mayor de ácidos hidroxicinámicos el cual se potencia en combinación con el portainjerto 140 Ruggeri. Finalmente, ‘Cabernet Sauvignon’ sobresale en cuanto a ácidos hidroxibenzóicos aunque en uva había resultado menor (Tabla 1.5).

Tabla 1.6 Tratamientos sobresalientes en el análisis de varianza para las diferentes familias de polifenoles cuantificadas en vinos tintos.

Familia	Fuente de variación		
	Variedad ¹	Portainjerto	Interacción
Ácidos hidroxibenzóicos	CS MN	NS	NS
Estilbenos	MN GX	NS	NS
Ácidos hidroxicinámicos	GX CS	140R 41B FERCAL	140R X GX
Flavonoles	MN CS GX	R110 140R	NS
Antocianos	MN GX	NS	NS
Flavan-3-oles	CS GX MN	NS	NS
Ácidos No carboxílicos	CS GX MN	NS	NS

¹GX: ‘Garnacha’, MN: ‘Marselan’, CS: ‘Cabernet Sauvignon’. En azul se indican las variedades, portainjertos e interacciones que resultaron significativamente mayores y en rojo las variedades y los portainjertos significativamente menores ($P \leq 0.05$).

Proporcionalmente destaca ‘Cabernet Sauvignon’ por la baja concentración de ácidos hidroxicinámicos y ‘Marselan’ por el menor contenido de ácidos hidroxicinámicos. No hay una similitud evidente en la proporción de las diferentes familias entre cepajes (Figura 1.9).

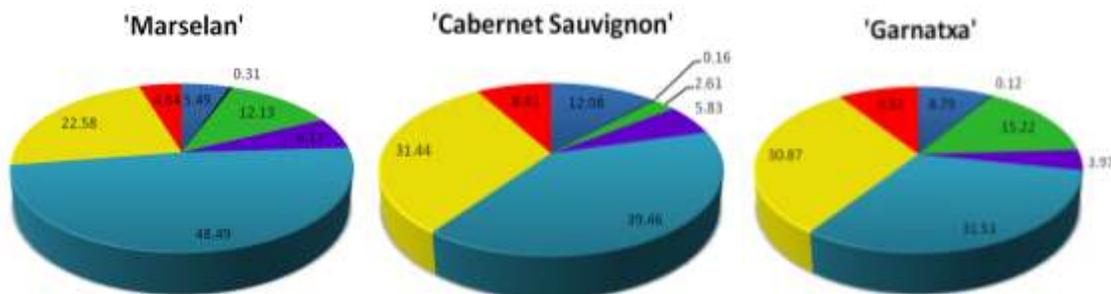


Figura 1.9 Contenido de ácidos hidroxibenzoicos (azul oscuro), estilbenos (negro), ácidos hidroxicinámicos (verde), flavonoles (morado), antocianos (azul claro), flavan-3-oles (amarillo) y tirosol (rojo) en vinos tintos de los cvs. ‘Marselan’, ‘Cabernet Sauvignon’ y ‘Garnacha’.

Respecto a los portainjertos no hubo diferencias salvo en ácidos hidroxicinámicos donde destacan 140 Ruggeri y 41 B y en flavonoles siendo el mejor tratamiento Richter 110 (Tabla 1.7). Proporcionalmente los cuatro portainjertos presentan distribuciones muy similares entre familias (Figura 1.10).

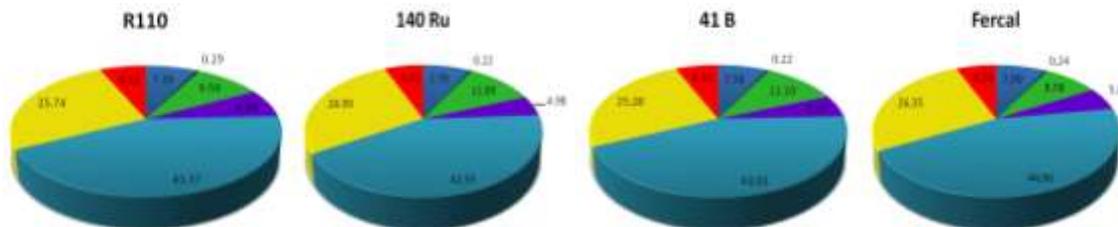


Figura 1.10 Contenido de ácidos hidroxibenzoicos (azul oscuro), estilbenos (negro), ácidos hidroxicinámicos (verde), flavonoles (morado), antocianos (azul claro), flavan-3-oles (amarillo) y tirosol (rojo) en vinos tintos en función del portainjerto.

Conclusiones

El deshoje permite incrementar la concentración de ácidos hidroxicinámicos pero disminuye el contenido de resveratrol (estilbenos). El portainjerto R110 produjo la mayor cantidad de polifenoles en la piel durante el ciclo 2012-2013 en la maduración de la variedad ‘Marselan’, igualmente, al momento de la vendimia es, junto con Fercal, uno de los portainjertos que más se destacan por el incremento en la concentración de diversas familias de polifenoles.

En conjunto con ‘Marselan’ y ‘Garnacha’, los portainjertos antes mencionados pueden presentar un efecto sinérgico para algunas de las familias de polifenoles evaluadas. En vino,

'Garnacha' presenta los menores contenidos de antocianos y hay diferencias asociadas al portainjerto R110 en cuanto a flavonoles.

Finalmente, debido a sus características agronómicas como elevado vigor y tolerancia a sequía, así como el efecto que tiene sobre el incremento en la síntesis de polifenoles, el portainjerto Richter 110 podría ser prometedor para su empleo en la zona mediterránea de Cataluña para la elaboración de vinos tintos de guarda.

Bibliografía

Aleixandre J. 2006. La cultura del vino: cata y degustación. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 345 p.

Brull A. 2014. Comunicación personal. Correo-e: anna.brull@vitec.cat

De Freitas V. and Glories Y. 1999. Concentration and compositional changes of procyanidins in grape seeds and skin of White *Vitis vinifera* varieties. *Journal of Science of Food and Agriculture* 79(12):1601-1606.

Fernández B., Hernández T., Estrella I. and Gómez-Cordobés C. 1992. Variation in Phenol Content in Grapes during Ripening: Low-molecular-weight Phenols. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung* 194(4): 351-354.

Gehm B., McAndrews J., Chien P. and Jameson L. 1997. Resveratrol, a polyphenolic compound found in grapes and wine, is an agonist for the estrogen receptor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94:14138-14143.

Giorgi F. and Lionello P. 2008. Climate Change Projections for the Mediterranean Region. *Global and Planetary Change* 63:90-104.

Gómez-Alonso S., García-Romero E. and Herмосín-Gutiérrez I. 2007. HPLC Analysis of Diverse Grape and Wine Phenolics Using Direct Injection and Multidetector by DAD and Fluorescence. *Journal of Food Composition and Analysis* 20:618-626.

Iacono F., Buccella A. and Peterlunger E. Water Stress and Rootstock Influence on Leaf Gas Exchange of Grafted and Ungrafted Vines. *Scientia Horticulturae* 75(1-2): 27-39.

Kennedy J., Matthews M. and Waterhouse L. Effect of Maturity and Vine Water Status on Grape Skin and Wine Flavonoids. *American Journal of Enology and Viticulture* 53(4): 268-274.

Koundouras S., Hatzidimitriou E., Karamolegkou M., Dimopoulou E., Kallinthraka S., Tsialtas J., Zioziou E., Nikolaou N. and Kotseridis Y. 2009. Irrigation and Rootstock Effects

on the Phenolic Concentration and Aroma Potential of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon Grapes. *Journal of Food and Agricultural Chemistry* 57:7805-7813.

Mattila P., Hellström J. and Törrönen R. 2006. Phenolic Acids in Berries, Fruits and Beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(19): 7193-7199.

Mira de Orduña, R. 2010. Climate Change Associated Effects on Grape and Wine Quality and Production. *Food Research International* 43(7): 1844-1855.

Monagas M., Bartolomé B. and Gómez-Cordobés C. 2005. Updated Knowledge About the Presence of Phenolic Compounds in Wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45(2): 85-118.

Ojeda H. 2007. Los compuestos fenólicos de la uva. *Revista Enología* 4(IV): 1-11.

Ojeda H., Andary C., Kraeva E., Carbonneau A. and Deloire A. 2002. Influence of Pre- and Postveraison Water Deficit on Synthesis and Concentration of Skin Phenolic Compounds during Berry Growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Viticulture and Enology* 53(4):261-267.

Parker R. 2008. *Parker's Wine Buyer's Guide*. 7th ed. Simon and Schuster Eds. New York, USA. 1536 p.

Reynier A. 2012. *Manuel de Viticulture*. 11^e ed. Lavoisier. Paris, France. 592 p.

Savé, R., Nadal, M., Pla, E., Lopez-Bustins, J.A., & de Herralde, F. 2010. Global change influence on vine physiology and wine quality in Priorat and Montsant (NE Spain). 2nd EcoSostenible Wine. 15-16th June, 2010. Vilafranca del Penedès, Barcelona, Spain.

II. Experiencia en viticultura

a) Visita a Vilafranca del Penedès (16 de mayo de 2014, visita guiada en catalán).

Se realizó una visita a los viñedos del “Aula de la vinya i el vi” en Vilafranca del Penedès. En el lugar se cuenta con diversos cepajes tanto para la elaboración de vinos de mesa tales como ‘Pinot noir’ y ‘Merlot’ para tintos y ‘Xarel·lo’, ‘Chardonnay’ y ‘Moscatel de Alejandría’ para blancos o para cava en función de sus cualidades; además se cuenta con algunas plantas de híbridos productores directos propagados mediante injerto de corona y en “T” leñoso (Figura 2.1).



Figura 2.1 Cepa de un híbrido productor directo (izq.) y detalle del injerto (der.).

En la visita se resaltaron aquellos factores que afectan la calidad de la uva y en función de los cuales se decide si su destino es un vino blanco común o un vino base para cava; en general se acepta que ‘Xarel·lo’ tiene mejor aptitud para cava, se maneja con poda corta, poco vigor y en medio emparrado (Figura 2.2). El empleo de ‘Chardonnay’ dependerá de la conducción, la edad del viñedo y el estado de maduración, en la región este cepaje madura de manera muy irregular; por su parte, ‘Moscatel de Alejandría’ se maneja en cordón unilateral con un rendimiento de mil kg ha⁻¹ y recientemente ha habido un incremento en la demanda de este cultivar (Figura 2.3).



Figura 2.2 Cepas de la variedad blanca ‘Xarel·lo’ (izq.) y detalle de la hoja (der.).



Figura 2.3 Líneas de ‘Chardonnay’ (izq.) y de ‘Moscatel de Alejandría’ (der.).

Para tintos ‘Pinot noir’ se tiene establecido a 2.0 X 1.4 m; así como ‘Merlot’ que en la zona tiene bajo rendimiento pero esto garantiza una mayor calidad, alcanzando sus vinos 14 °GL, graduación sobresaliente en la región; de este último la empresa cuenta con 6 ha, tres de las cuales se tienen para la elaboración de vinos jóvenes y la otra parte para vinos de crianza (Figura 2.4).



Figura 2.4 Plantas de ‘Pinot noir’ (izq.) y ‘Merlot’ (der.).

Finalmente se hizo un recorrido por una colina donde se han identificado dos microclimas, hacia el lado sur, de frente al mar, una zona cálida que permite el cultivo de cepajes tintos para vinos de guarda y hacia el lado norte una zona fresca que se piensa tiene potencial para el desarrollo de variedades para vinos blancos ligeramente ácidos como el caso de ‘Monastrell’ (Figura 2.5).



Figura 2.5 Colina donde se presentan dos microclimas (izq.), en el ala norte los cepajes para vinos blancos con acidez ligera (centro) y en el ala sur los cepajes tintos para vinos de guarda (der.).

b) Manejo cultural del viñedo

Se asistió a una clase y a una práctica sobre poda en verde con los alumnos de la Lic. en Enología (13 de mayo de 2014, clase en catalán). Durante la clase se mencionó que la poda en verde consiste en seis pasos, primero una eliminación de brotes y rebrotes, posteriormente la “escavallada” o eliminación de brotes laterales provenientes de yemas axilares (caballos), como tercer paso se tiene la recogida de sarmientos en el emparrado seguido por el despunte, el despampanado y el aclareo de racimos. Estos procedimientos se realizan durante diferentes etapas, por ejemplo, el despampanado es después de la floración en tanto que el aclareo se hace dos semanas antes de la vendimia y la uva eliminada puede, aún inmadura, utilizarse con fines de destilación.

En general los objetivos de la poda en verde son favorecer la aireación, la entrada de luz, eliminar brotes mal situados y regular la producción asegurando un equilibrio entre el desarrollo vegetativo y la cantidad de fruto. Se mencionó que a mayor favorecimiento del crecimiento vegetativo debido a diversos factores como la fertilidad del suelo y la densidad de plantación, entre otros, más necesaria es la poda en verde. Esta práctica evita podas severas en la época de reposo cuando es realizada teniendo el cuidado de distribuir de manera equidistante los brotes que se dejarán desarrollar. Dentro de este mismo tópico se observó en viñedos jóvenes la protección de las plantas mediante redes de plástico y la implementación de riego por goteo en viñedos en Vilaseca ante la disminución de las precipitaciones asociada al cambio climático (Figura 2.6).



Figura 2.6 Uso de mallas plásticas para la protección del ataque por roedores en plantas pequeñas (izq.) y riego por goteo en viñedos en Vilafranca (der.).

c) Medición de variables en el viñedo con fines de investigación

Durante la estancia se realizó trabajo de campo en el viñedo experimental ubicado en Mas dels Frares, Constantí. Dicho trabajo forma parte de un proyecto de doctorado en el cual se evalúan las variedades, portainjertos y poda mencionados en el punto 1 de este reporte. Entre las mediciones se realizó la determinación del potencial hídrico de la planta en dos horas del día, una temprano por la mañana y otra a medio día. La medición se realizó con una cámara tipo Scholander, para ello, dos hojas de cada tratamiento de la variedad ‘Marselan’ fueron colectadas, conservadas en ambiente de humedad relativa saturada para su transporte al laboratorio y sometidas a presión en la cámara. El procedimiento se detalla en la figura 2.7.



Figura 2.7 Cámara tipo Scholander (izq.), corte del peciolo para refrescar la herida (centro izq.), colocación de la hoja dentro de la cámara y cierre hermético (centro der.), incremento de la presión y registro al momento de aparecer la primera gota en el peciolo (der.).

Además de esto se realizaron prácticas de despampanado, deshoje (Figura 2.8) y aclareo de racimos, se colocaron medidores de radiación (Figura 2.9) y se midió temperatura de la hoja en diferentes horas del día. A partir del envero y en diferentes estados de

maduración se colectaron bayas que fueron separadas para estudios posteriores, unas para análisis de polifenoles mediante HPLC, otras para análisis de rutina de °Baumé, acidez total titulable, pH, antocianos y polifenoles totales.

Se hicieron mediciones de porcentaje de pulpa, jugo, semillas y piel, peso húmedo y seco de hojas y de racimos y porcentaje de envero identificando tres estados: bayas verdes, bayas en coloración intermedia y bayas con coloración total. Se extrajo jugo y se almacenó una parte para el posterior análisis de ácido málico, a la otra fracción se le determinó en el momento pH (potenciometría), °Baumé (refractometría) y acidez total titulable (titulación con NaOH).



Figura 2.8 Parras de ‘Marselan’ antes (izq.) y después (der.) del deshoje en la zona de los racimos.



Figura 2.9 Medidores de radiación solar (izq. y centro) y panel solar como fuente de energía para el equipo (der.).

d) Plagas y enfermedades

Durante los recorridos en diferentes viñedos se tuvo la oportunidad de observar síntomas de diversas plagas y enfermedades de la vid en más de un estadio. De destacar es la observación de filoxera en dos viñedos, uno en el de la bodega *Albet i Noya*, en la variedad

‘Belat’, la cual es una variedad antigua recientemente rescatada como parte de un programa de mejoramiento genético y que se cree cuenta entre sus progenitores con alguna vid americana. En dicho cepaje se observaron agallas de fundatrices en hojas jóvenes (Figura 2.10). Un caso más extremo fue detectado en un viñedo ubicado en la comunidad de Vilaseca donde brotes de ‘Cabernet Sauvignon’ han sido fuertemente atacados cubriendo el daño hasta un tercio del sarmiento (Figura 2.11). De este último viñedo se obtuvieron muestras de agallas que fueron disectadas para su observación al microscopio, en las imágenes pueden observarse hembras de filoxera junto a sus huevecillos de forma ovoide y coloración ámbar; aparentemente se encuentran sólo hembras galícolas (Figura 2.12).



Figura 2.10 Agallas de filoxera en hojas jóvenes de la variedad ‘Belat’.



Figura 2.11 Hojas de ‘Cabernet Sauvignon’ deformadas por agallas de filoxera (izq.) y sarmientos de la misma variedad atacados por esta plaga (der.).

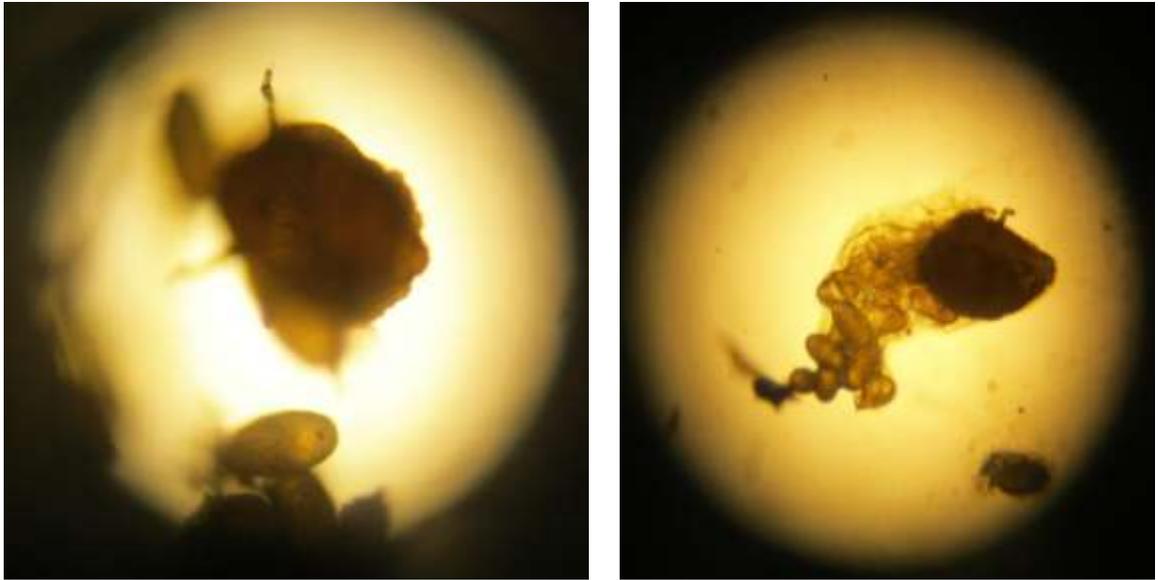


Figura 2.12 Tomas al microscopio de lo que parecieran ser hembras galícolas de filoxera. Se observan los huevecillos en ambas imágenes.

Otra de las plagas observadas fue, en el mismo viñedo en Vilafranca, *Lobecia botrana* en estado de huevecillo (Figura 2.13). Cuando desarrolla, esta palomilla ataca al racimo provocando pudriciones y deshidratación de las bayas.



Figura 2.13 Huevecillo de *Lobecia botrana*.

Entre las diversas enfermedades que se presentan en la región se encuentra la cenicilla u oídio (*Uncinula necator*), el mildiú vellosa (*Peronospora sparsa*) y la yesca (*Stereum hirsutum*), todas de tipo fungoso (Figura 2.14).



Figura 2.14 Daños severos en hoja, tallo y racimo por oídio (izq.), lesiones en hoja por mildiú veloso (centro) y síntomas de yesca (der.).

e) Mejoramiento genético

Se tuvo la oportunidad de participar en el proceso de emasculación y polinización en el marco de un proyecto de mejoramiento genético para la obtención de variedades tolerantes ante oídio y mildiú veloso. El proceso consistió de la selección de racimos y su posterior castración cuando aún se encontraban en forma de botones. Se eliminó el capuchón y las anteras con el polen inmaduro, posteriormente se realizó una polinización con material de interés y se cubrieron los racimos para evitar su contaminación con fuentes de polen no deseadas. En la figura 2.15 se ilustra este método.

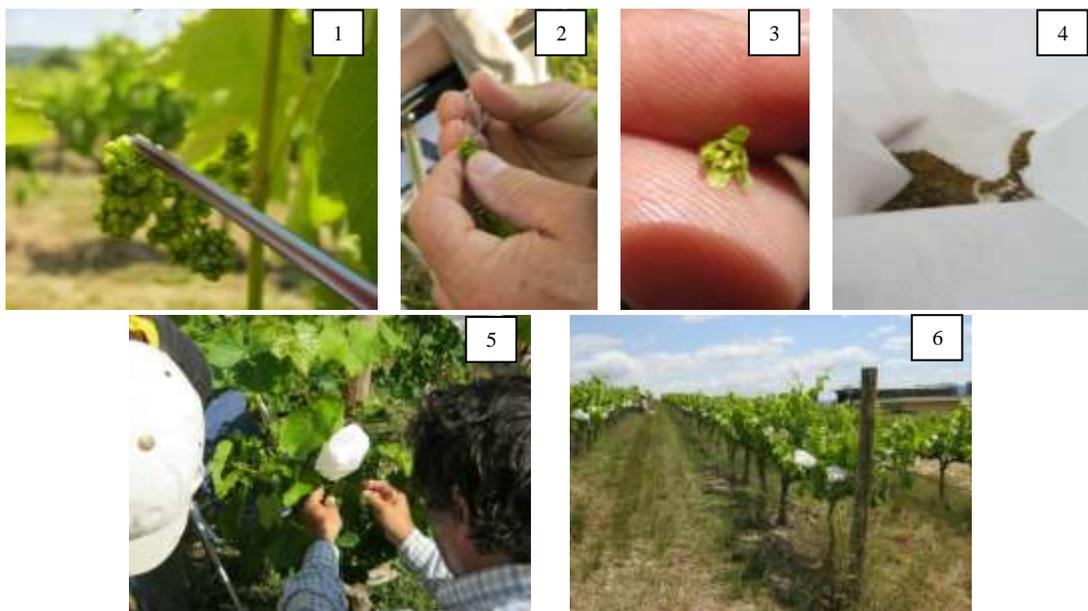


Figura 2.15 Proceso para la obtención de variedades mejoradas. 1. Selección del racimo; 2. Eliminación del capuchón con las anteras; 3. Detalle de las anteras y el capuchón; 4. Polen de interés conservado en bolsa de papel; 5. Polinización; 6. Imagen del viñedo con los racimos polinizados y cubiertos.

f) Visita a la DOC Priorato

Se efectuó una visita a la región del Priorato para el acomodo de sarmientos entre los alambres de la espaldera. Es de destacar que la región se caracteriza por presentar muchas pendientes, suelos muy pobres de tipo laminar y elevadas temperaturas con escasas precipitaciones. Estas características climáticas se ven reflejadas en el bajo porte de las plantas y el escaso crecimiento vegetativo, observándose que los pámpanos del año en ocasiones no superan 20 o 30 cm de longitud. Las principales variedades establecidas en la región son ‘Garnacha’ y ‘Cariñena’, aunque también se encuentran ‘Syrah’ y ‘Cabernet Sauvignon’, entre otras (Figura 2.16).



Figura 2.16 Plantas de ‘Garnacha’ (izq.) y ‘Syrah’ (der.) en la región del Priorato.

Productores de la región comentan que es difícil aplicar, al menos de manera estricta, el concepto de “terroir” en esta zona pues se cuenta con una gran variedad de microclimas, evidencia de ello son los contrastes en la coloración de la canopia entre cepas establecidas en los valles y las cimas en un mismo viñedo, mostrando las plantas en los valles coloraciones verde oscuro y en las cimas coloraciones verde claro (Figura 2.17).



Figura 2.17 Diferencia en la coloración del follaje en función de su ubicación.

Las plantaciones pueden encontrarse tanto en hileras en el mismo sentido de la pendiente, como en terrazas en sentido perpendicular (Figura 2.18). El método de conducción más empleado es Gobelet con espaldera y la poda en verde es prácticamente nula debido al poco desarrollo vegetativo.



Figura 2.18 Viñedos en hileras paralelas a la pendiente y en terrazas perpendiculares a ésta.

III. Cata y degustación de vinos de la región del Priorato y Montsant

a) Feria de vinos de Falset (4 de mayo de 2014)

Se asistió a la feria de vinos en la población de Falset (Figura 3.1). En dicha feria se presentaron vinos de las DOC Priorat y Montsant, con una gran variedad de productos entre vinos tintos, blancos y rosados, cavas, vinos de producción orgánica y biodinámica. Se contó con la presencia tanto de empresas pertenecientes a un único dueño como con la participación de cavas cooperativas. Asimismo se presencié una muestra y cata de aceites de oliva, especialmente de la variedad ‘arbequina’ y con DOC Siurana.



Figura 3.1 FERIA del vino de Falset.

En la región se visitó la bodega Buil & Giné (Figura 3.2) y se cataron los vinos Giné Rosat y Giné Giné, este último con un fuerte carácter mineral asociado al tipo de suelo de la zona.



Figura 3.2 Bodega Buil &Giné, DOC Priorat.

b) Cata en Vitec (13 de junio de 2014).

Se asistió a una presentación en el Parque Tecnológico del Vino VITEC donde se pudieron catar vinos producto de diferentes experimentos. Entre los tratamientos aplicados se contaba con algunos asociados al manejo del viñedo como el deshoje y tratamientos relacionados con técnicas enológicas como la extracción diferida, en la cual se realiza una maceración estática hasta alcanzar 7 °GL y posteriormente se somete el mosto a agitación en presencia de los orujos, o el sombrero sumergido, el descube temprano y la adición de taninos entre otros. Las variedades con que se trabajó fueron ‘Garnacha’ y ‘Cariñena’. En general todos los vinos presentaban elevadas graduaciones alcohólicas, en un rango de 13.9 a 17 °GL. Los vinos de ‘Garnacha’ solían presentar coloraciones poco intensas, acidez media a baja, aromas afrutados y en ocasiones se encontraban reducidos pero conforme se oxigenaban este defecto se minimizaba. En el caso de ‘Cariñena’ se observó una mayor turbidez que en ‘Garnacha’ pero coloraciones rojo intenso, buen contenido de glicerol y en todos los casos reflejos violáceos. Se encuentran también elevados contenidos de alcohol y mayor acidez que ‘Garnacha’; en cuanto a aromas se detectaba fácilmente la presencia de frutos maduros y compota y en algunos casos carácter mineral. Se tomaron notas de cata para cada vino y se contrastaron con las características señaladas por la persona que dirigió la cata.

AGRADECIMIENTOS

La alumna agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología el financiamiento aportado para la realización de esta estancia y a las facilidades prestadas por la Universidad Autónoma de Querétaro, así como a las personas que hicieron posible esta experiencia y sin cuyo apoyo el presente trabajo no se hubiera logrado

Dr. Ramón Álar Martínez Peniche

Dra. Montserrat Nadal Roquet Jalmar

Dra. Sofía Arvizu Medrano

M. en C. Rocío Aurora Sandoval Chávez

M. en C. Antoni Sánchez Ortiz

Q. Anna Brull

I.Q. Sergi de Lamo Castellví

Sra. María del Carmen Campos

Sandra Mendoza Araujo

Y a todo el equipo de trabajo del grupo de viticultura de la Universitat Rovira i Virgili y del Parque Tecnológico del Vino VITEC