



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**TRATAMIENTO DE PREFERMENTACIÓN DEL MOSTO DE UVA POR
FLOTACIÓN: COMPARACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS DE
CLARIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE FERMENTACIONES
MALOLÁCTICAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

P R E S E N T A

VERÓNICA LICEA MORENO



México, D.F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: JOSEFINA ESPERANZA VIADES TREJO
VOCAL: Profesor: ÁNGEL ENRIQUE CHÁVEZ CASTELLANOS
SECRETARIO: Profesor: ALBERTO TECANTE CORONEL
1er. SUPLENTE: Profesor: FRANCISCO RUIZ TERAN
2° SUPLENTE: Profesor: MARICARMEN QUIRASCO BARUCH

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: BODEGA COOPERATIVA
“VIGNERONS DE RABASTENS”, FRANCIA**

ASESOR DEL TEMA:
Dr. Alberto Tecante Coronel

SUSTENTANTE:
Verónica Licea Moreno

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Química.

Al Dr. Alberto Tecante Coronel por su apoyo y ayuda en la realización de este trabajo.

Al Dr. Ángel Enrique Chávez Castellanos por sus consejos y por su valiosa amistad.

Al jurado por sus aportaciones y sugerencia con el fin de mejorar este trabajo.

A la bodega cooperativa “Vignerons de Rabastens”, en donde se realizó este trabajo.

Al personal de la bodega “Vignerons de Rabastens” por su caluroso recibimiento y ayuda en la realización de este trabajo.

A los académicos y trabajadores de la Facultad de Química.

A todos los profesores que han contribuido a mi formación académica y personal.

Dedicatorias

A mi michis que amo profundamente y quien es mi ejemplo a seguir, por su amor, apoyo incondicional y por su puesto porque siempre fue mi patrocinadora oficial.

A mis hermanas a quienes amo con todo mi corazón, por todos los buenos momentos y los no tan buenos pero al final siempre hemos estado unidas, gracias por su apoyo moral y económico Lucila (Lucili), Paty, Francis (Patito), Chabelita y Claudia (Puchi).

A mis angelitos que son un complemento maravilloso en mi vida: Nardita, Luis David, Israel y Claudio.

A mis hermanos y sobrinos: Israel Salazar, Gume, David, Gumarichis, Luis Ángel y Laurita.

A mis amigos entrañables de toda la vida Leopoldo Morales, Adriana Vega, Paty Ponce, Marie de la Cruz, Lizbeth, Juan Carlos, Manuel, Erick, Jorge Luis, Jorge Rojas, Rafael González, Rafita, Héctor, Coyotito, Rafael Echavez, Francisco Manzano, por todos esos momentos maravillosos que hicieron y hacen que mi vida sea una loca aventura cada día.

A Jean-François con todo mi cariño, aunque lejos esta siempre en mi corazón.

A mis compañeros de estudios que hicieron que todo fuera más llevadero

A la UNAM, por sembrar en mí el conocimiento, el espíritu y la fuerza de mi raza que siempre perdurara. ***“Por mi raza hablará el espíritu”***

A Lucila Moreno Rivas

Estados de ánimo

*Unas veces me siento
como pobre colina,
y otras como montaña
de cumbres repetidas,
unas veces me siento
como un acantilado,
y en otras como un cielo
azul pero lejano,
a veces uno es
manantial entre rocas,
y otras veces un árbol
con las últimas hojas,
pero hoy me siento apenas
como laguna insomne,
con un embarcadero
ya sin embarcaciones,
una laguna verde
inmóvil y paciente
conforme con sus algas
sus musgos y sus peces,
serena en mi confianza
confiando en que una tarde,
te acerques y te mires...
te mires al mirarme.*

Mario Benedetti (1920-2009)

Índice General

	Pág.
Índice general	i
Índice de cuadros y figuras	iii
Notación y abreviaturas	iv
Resumen	v
Objetivo	vi
1. Introducción	1
Primera parte: Clarificación	
2. Presentación de la región vitícola	3
2.1. Denominación Gaillac	4
2.1.1. El terruño de Gaillac	4
2.2. Historia de la ciudad de Gaillac	5
2.3. Las cepas tradicionales de la región	5
2.3.1. Selección de cepas blancas tradicionales	6
2.3.2. Selección de cepas rojas tradicionales	7
2.4. Presentación de la empresa	8
2.4.1. El poblado de Rabastens	8
2.5. Historia de la bodega “Vignerons de Rabastens”	8
2.5.1. Cronología de la bodega de Rabastens	8
2.5.2. Vinovalie	9
2.5.3. La vinificación en la bodega cooperativa “Vignerons de Rabastens”	10
3. Vinificación	12
3.1. La vinificación en blanco	12
3.1.1. Operaciones particulares en la vinificación en blanco	12
3.1.1.1. Goteo	12
3.1.1.2. Prensado	13
3.1.1.3. El desfangado	14
3.1.1.4. Elección de la intensidad de desfangado	16
3.1.1.5. Desfangado estático	16
3.1.1.6. Desfangado dinámico	17
3.1.1.7. Centrifugación	17
3.1.1.8. Fuerza centrípeta	17
3.1.1.9. La flotación	17
3.1.1.10. La filtración	18
3.1.1.11. Turbidez	20
3.1.1.12. Sulfitado de la vendimia	22
3.1.1.13. Enzimas	22
4. Flotación	23
4.1. Historia de la flotación	23
4.2. Diversas aplicaciones de la flotación	24

4.3. Cinética de flotación	Pág. 25
4.3.1. Probabilidad de flotación	25
4.4. Mecanismos de formación de agregados	27
5. Materiales y métodos	29
5.1. Materiales	29
5.2. Flotación	29
5.2.1. Preparación del mosto a flotar	29
5.2.2. Flotador de clarificación de los mostos	30
5.3. Desfangado en frío	31
5.4. Filtración al vacío en filtro de tambor rotatorio	32
5.5. Método de análisis	32
5.5.1. Medida de la turbidez	32
5.5.2. Medición de otros indicadores	33
5.6. Características de los productos enológicos	33
5.6.1. Gelatina	33
5.6.2. Sol de sílice	33
5.6.3. Nitrógeno	34
6. Resultados y discusión	35
6.1. Flotación	35
6.1.1. Influencia de la turbidez en el proceso de flotación	35
6.1.2. Influencia del volumen flotado	37
6.2. Desfangado en frío	40
6.3. Comparación de las dos técnicas	42
6.4. Filtración por filtro de tambor rotatorio	42
6.5. Comparación de las tres técnicas	43
Segunda parte: Fermentación Maloláctica	
7. Fermentación maloláctica	46
7.1. Bacterias lácticas	48
7.1.1. <i>Ænococcus œni</i>	49
8. Resultados y discusión FML	53
8.1. Estudio de los procesos de prefermentación	53
8.1.1. Termovinificación	53
8.1.2. Expansión “flash”	55
8.1.3. Comparación de las dos técnicas	56
9. Conclusiones	59
9.1. Clarificación	59
9.2 FML	60
10. Glosario de términos enológicos	62
11. Referencias	64

Índice de Figuras

	Pág.	
Figura 1:	Carta geográfica de la denominación DOC Gaillac	3
Figura 2:	Fotografía de la cepa Mauzac región Gaillac	6
Tabla 1:	Rendimientos DOC Gaillac	7
Figura 3:	Distribución de cepas en la bodega de Rabastens	9
Figura 4:	Fotografía: Recepción de la vendimia	10
Tabla 2:	Productos de filtración	20
Figura 5:	Representación de los principios de flotación	25
Figura 6:	Formación de complejos flotantes	26
Figura 7:	Flotador Eflot-20	30
Figura 8:	Probeta con mosto flotado	31
Figura 9:	Filtro de tambor rotatorio: Mostos rosados y tintos	32
Tabla 3:	Valores obtenidos del proceso de flotación de mostos	35
Figura 10:	Turbidez antes y después del proceso de flotación	36
Tabla 4:	Datos de flotación	37
Figura 11:	Volumen flotado con respecto al tiempo de flotación	38
Tabla 5:	Porcentajes de volumen flotado	39
Figura 12:	Valores de turbidez dependiendo del tiempo de flotación	39
Tabla 6:	Valores de desfangado en frío	40
Figura 13:	Comparación de turbidez: Desfangado en frío	41
Tabla 7:	Relación de volúmenes: Desfangado	41
Figura 14:	Comparación de métodos de desfangado	42
Tabla 8:	Valores: Filtro de tambor rotatorio	43
Tabla 9:	Relación de volúmenes, Filtrado	43
Figura 15:	Comparación: Tres técnicas de clarificación	44
Figura 16:	Fotografía: Bacterias lácticas	50
Tabla 10:	Seguimiento de la FML: Termovinificación	53
Figura 17:	Concentración ácido málico y ácido láctico: Termovinificación	54
Figura 18:	Concentración ácido málico y ácido láctico: Expansión "flash"	55
Tabla 11:	Seguimiento de la FML: Expansión "flash"	56
Figura 19:	Acidez total contra concentración de ácido láctico	57

Notación

DOC	Denominación de Origen Controlado
VDQS	Vino Delimitado de Calidad Superior
FML	Fermentación maloláctica
NTU	Unidad Nefelométrica de Turbidez
pH	Potencial de hidrogeno
T.V.A.	Grado de alcohol (cantidad de alcohol en el vino)
A.T	Acidez total
SO ₂	Anhídrido sulfuroso o dióxido de azufre
SO _{2L}	Anhídrido sulfuroso libre
SO _{2T}	Anhídrido sulfuroso total
FA	Fermentación alcohólica
ATP	Trifosfato de adenosina
Glu + Fru	Glucosa + Fructosa (g/L)
COOH-CHOH-CH ₂ -COOH	Ácido málico
COOH-CHOH-CH ₃ -COOH	Ácido láctico

Resumen

Este estudio está dividido en dos partes; una corresponde a la técnica de flotación y la otra al seguimiento de la fermentación maloláctica. El desfangado es una operación previa a la fermentación que consiste en la eliminación de partículas suspendidas, lo que permite la producción de aromas de fermentación deseables. La flotación es una técnica de clarificación de mostos de uva, en la cuál la separación de partículas sólidas suspendidas en el mosto se lleva a cabo por arrastre con un gas hacia lo alto de la cuba.

Se compararon los valores de turbidez de mostos de uva blanca contenidos en tanques de flotación. El tiempo de residencia del mosto en el tanque de flotación tiene influencia sobre los valores de turbidez del mosto que sirve como referencia de un buen proceso de clarificación. Se comparó la turbidez antes y después del proceso de flotación. En la mayoría de los tanques en donde los mostos fueron sometidos al proceso de flotación, la turbidez fue de alrededor de 30 NTU. La disminución más importante de turbidez ocurrió para un tiempo de flotación de 120 min.

El desfangado en frío mostro rendimiento de volumen claro de 87% comparado con la flotación y el filtro rotatorio que fueron de 95% y 97% respectivamente, así como los valores de turbidez que fueron más altos comparados con las otras dos técnicas de clarificación.

La segunda parte de este trabajo es el seguimiento de la fermentación maloláctica al finalizar la fermentación alcohólica para la cuba 11 y la F-13 sometidas una a la termovinificación y la otra a la expansión "flash" respectivamente, se comparó en los dos procesos de prefermentación: la concentración de ácido málico, ácido láctico, ácido acético y pH con respecto al tiempo. Se encontró un aumento del pH y de la acidez total para las dos técnicas, se observó que una vez que las bacterias lácticas se adaptaron al medio, la fermentación maloláctica transcurrió en un periodo de 3 días para las dos cubas.

Objetivo

Evaluar la efectividad del proceso de flotación de mostos de uva blanca comparándola con los procesos de desfangado en frío y la filtración al vacío en un tambor rotatorio, así como determinar con cuál de estos métodos de clarificación se obtienen los mejores resultados en el mosto, tiempo de operación y rendimiento de volumen claro del mismo.

Seguir el desarrollo de la fermentación maloláctica (FML), mediante mediciones de pH, acidez total y la concentración de ácido málico y láctico para identificar los beneficios de esta fermentación.

1. Introducción

“El vino es el fruto de la viña y del trabajo del hombre”²³. Para los químicos, el vino es una mezcla compleja de un gran número de compuestos en la cuál el agua y el alcohol etílico forman un 95%. El 5% restante hace toda la diferencia ya que determina y condiciona la identidad de un vino y su especificidad comparada con las de otros. Los compuestos químicos como ácidos, sales minerales, vitaminas, proteínas, polisacáridos, poli fenoles y moléculas con aromas variados, participan en la fermentación de la uva. La crianza es responsable del sabor, los aromas, el color y la limpieza del vino, pero también de su estabilidad y de su aptitud para envejecer.²³

La vendimia está sometida a un cierto número de operaciones para ser transformada en vino. La fermentación alcohólica es la más importante de estas operaciones y es seguida por la separación de los sólidos suspendidos en el mosto. Dependiendo de los diferentes tipos de fermentación alcohólica, la separación sólido-líquido puede realizarse de diferentes maneras. En vinos tintos, la eliminación de sólidos tiene lugar después de la fermentación alcohólica. En vinos rosados, la eliminación de sólidos se lleva a cabo antes del inicio de la fermentación alcohólica. En vinos blancos, la clarificación entendida como la eliminación de partículas en suspensión del mosto, siempre se realiza antes de la fermentación alcohólica, para conservar las características organolépticas de la uva.

La clarificación o desfangado de la vendimia se efectúa en diferentes etapas. Una de ellas es la eliminación de las partes sólidas de la uva para recuperar gran parte del jugo extraído al prensar la fruta. La clarificación elimina los materiales coloidales del jugo de uva, así como piel y residuos resultantes del prensado de la fruta no fermentada y los materiales en suspensión. La eliminación de estos materiales en suspensión (piel, semillas, ramas y otras), tiene como propósito asegurar una mejor fermentación alcohólica que garantice los aromas buscados en la vinificación de los vinos blancos.^{8, 11}

Existen métodos para clarificar los mostos de la uva. Uno de ellos es el desfangado en frío. Este método consiste en una decantación estática, i.e. sin agitación mecánica, que hace que la materia en suspensión sedimente en el fondo del tanque. Esta operación depende del tiempo de residencia del mosto en el tanque, el cuál puede ser variable. La

adición de SO₂ y de enzimas pectolíticas acelera el desfangado. Después de un tiempo de residencia de 20 horas como mínimo, se extrae la parte superior clarificada del mosto. Esta clarificación puede hacerse por filtración.¹⁴

Con el propósito de acelerar y hacer más eficiente el desfangado, se han puesto en obra diversas soluciones al problema que representa los largos tiempos de residencia del mosto en la cuba para lograr un buen desfangado. Por ejemplo, la filtración al vacío en un filtro de tambor rotatorio. Esta filtración produce mostos más claros. Sin embargo, las tierras de filtración que se usan en esta operación obstruyen fácilmente los filtros y la cantidad de desechos que contaminan el medio ambiente es muy cuestionada.¹³ Por otra parte, el estudio de la fermentación alcohólica ha demostrado que la eliminación total de partículas en suspensión del mosto, es decir, un desfangado muy eficiente, produce vinos pobres en sustancias aromáticas, así como problemas para iniciar la fermentación alcohólica. Otro método de clarificación es la flotación inicialmente utilizada en la industria metalúrgica. Poco tiempo después fue incluida en los tratamientos de aguas residuales, y hace 15 años, este método comenzó a utilizarse en la clarificación de mostos de uva. En este trabajo, se definirá esta técnica y se comparará con otros métodos habitualmente utilizados en la vinificación en blanco.⁴

La segunda parte de este trabajo aborda aspectos de la fermentación maloláctica (FML). Entre sus beneficios están la desacidificación natural, la disminución de la astringencia, el reforzamiento en el color del vino tinto, así como una estabilidad microbiana. El seguimiento de la FML permite tener un mejor control y desarrollo influyendo en la calidad y las características organolépticas del vino.

Primera parte: Clarificación

2. Presentación de la región vitícola

La denominación Gaillac se encuentra entre los viñedos de Burdeos, Languedoc-Rosellón, la Aquitania y los Pirineos Medios, donde se perpetúa una tradición vinícola ancestral a través de un mosaico de viñedos muy diversos, reagrupado en la denominación de viñedos del Suroeste (Fig. 1).



Figura1: Carta geográfica de la denominación DOC Gaillac.

Los viñedos del Suroeste permiten descubrir la más vasta colección de cepas específicas para la elaboración de vinos y de bebidas destiladas, todas ellas ricas en una gran historia como marcadoras específicas en aromas y sabores variados que dan a conocer la región de Gaillac en toda Francia. El Comité Interprofesional de Vinos del Suroeste creado en 1997 reagrupó 13 denominaciones de las regiones aquitana y Pirineos Medios, con 5 vinos de Denominación de Origen Controlado (DOC): Côtes du Frontonnais, Gaillac, Madiran, Marcillac, Pacherenc du Vic Bilh, y 7 Vinos de Calidad Superior (VDQS): Côtes du Brulhois, Côtes de Millau, Côtes de Saint Mont, Estaing, Entraygues y Fel, Lavilledieu y Tursan.^{9,11}

2.1. Denominación Gaillac

Entre todos estos mosaicos de viñedos muy diversos, a 50 km al Este de Tolosa, en dirección de Albi en el departamento del Tarn, se encuentra el viñedo de Gaillac (Fig. 1). Este viñedo se extiende sobre las dos orillas del Tarn, en dirección Norte hasta la ciudad medieval de Corde. Los viñedos de Gaillac son de las más viejas regiones vitícolas francesas. Situada al Norte del departamento del Tarn, el área de denominación Gaillac cubre 2,500 hectáreas repartidas en 73 comunidades para una producción en DOC (Denominación de Origen Controlado) de más de 165,000 hL por año. Actualmente, la denominación reagrupa una centena de bodegas particulares y 3 bodegas cooperativas. La variedad de los terruños (terroirs) y la antigüedad de los viñedos permiten a Gaillac presentar cepas tradicionales. En sí, esta diversidad de viñedos de la región de Gaillac se traduce en una gran variedad de vinos elaborados que compensan una gama múltiple de vinos blancos: secos, dulces y espumosos y de vinos tintos y rosados.

2.1.1. El terruño de Gaillac

En Gaillac, al igual que en Cahors, el Tarn cruza un valle en los terrenos terciarios depositados al pie del Macizo Central a las orillas de Albi, rodeado por dos macizos primarios formados al mismo tiempo que los Pirineos: la Gresigne al Norte, la Montaña Negra al Sur. Compuesto de arcilla y grava (sector de Cunam), de piedras recubiertas de terreno calcáreo lacustre en la célebre región de Cordes; estas formaciones son relativamente móviles. Así el Tarn, como el Vere y el Creon más al Norte, dió origen a un valle mucho más abierto que el del Lot y totalmente asimétrico.⁵ En efecto, a la orilla derecha del Tarn existen una serie de partes calcáreas y de conglomerados duros que forman un medio círculo en Labastide de Levis en Rabastens. Atrás de estas orillas, se encuentran terrenos calcáreos y arcillo-calcáreos en la maleza y en la planicie de Cordes. Este es el límite de los viñedos donde se restringe la producción de vinos blancos y más particularmente, de las cepas locales como Len de l'el, Mouzac y Ondec.⁵ La orilla izquierda del Tarn, expuesta al Norte, forma una serie de terrazas separadas por taludes de 15 a 20 metros de desnivel, donde son conservados los aluviones cuaternarios del Tarn.

El terreno, que no es continuo, es entrecortado por pequeños zonas de erosión perpendiculares al valle principal. Este es el terruño privilegiado de las cepas rojas, especialmente de Fer Servadou. Hacia el sur del valle se presenta la misma asimetría, comparable con otros efluentes de la región. Esta diferencia se explica por el hecho de que las orillas del Tarn están expuestas al sol y por lo tanto se calientan más rápidamente durante el invierno, siendo más sensibles a la erosión que la parte que se encuentra expuesta al Norte.^{5,9}

2.2. Historia de la ciudad de Gaillac

Gaillac es uno de los más antiguos viñedos de Francia. La viña fue llevada a la Provincia de Gaillac alrededor del año 600 A.C. por los fenicios y fue creciendo en dirección de Narbona, después con los romanos en el año 125 A.C., en dirección de la Aquitania. Gaillac nace como ciudad en el año 972 D.C. a partir del momento en el que los viñedos toman su esplendor con la fundación de la Abadía de Saint-Michel. Gracias al espíritu de las congregaciones religiosas, a la acumulación de recursos, a la juiciosa y paciente selección de las cepas, los monjes benedictinos perseverando obtuvieron vinos destinados a los ritos eucarísticos, al rey y a los grandes personajes del reino. Después, la comercialización de los vinos de Gaillac se extiende en dirección del Este tomando las vías principales de comunicación del Tarn. En 1922 se publicó la delimitación del área de denominación Gaillac en el Diario Oficial. En 1938 se expidió el Decreto de la Denominación de Origen Controlado, obtenido para los vinos blancos de Gaillac y en 1970 se obtiene el Decreto de Denominación de Origen Controlado para los vinos rosados y tintos de Gaillac.

2.3. Las cepas tradicionales de la región

Desde siempre los viñedos de Gaillac han tenido problemas de selección de cepas que se adapten al terreno y a la exposición solar. Es por esta razón que se han seleccionado las mejores cepas de la región vitícola conjugando tradición y gusto del consumidor, ellas son típicas, específicas y de un gran carácter.

2.3.1. Selección de cepas blancas tradicionales

- Mauzac: Es una cepa tradicional de la región de Gaillac de múltiples facetas, es utilizada en la elaboración de numerosos vinos blancos: seco, dulce y efervescente. Esta cepa se caracteriza principalmente por aromas que recuerdan a la manzana y a la pera. Produce vinos tiernos con baja acidez, existen verdaderas maravillas cuando la cepa Mauzac (Fig. 2) es pura. Esta cepa no se encuentra solamente en la región de Gaillac y en Limoux, sino que se implantó en otros viñedos franceses por su efecto y aptitud especial en la elaboración de vinos espumoso.⁹
- Len de l'el: Su nombre viene de la traducción loin del l'oeil (lejos del ojo). Los ancianos lo llamaron así porque la grapa tiene un largo pedúnculo y la uva esta "lejos del ojo", con respecto al brote que le dio origen. Esta cepa es muy anciana y no se encuentra más que en esta región. Produce vinos finos, típicos de aromas florales, de cítricos, aportándoles frescura y ligereza.
- Sauvignon Muscadelle completan las cepas tradicionales de la denominación Gaillac.^{2,5}



Figura 2: Fotografía de la cepa Mauzac de la región de Gaillac

2.3.2. Selección de las cepas rojas tradicionales

- Duras: Es una de las cepas más antiguas rehabilitada en los años 20. Esta cepa procude al mismo tiempo color, ligereza y finura a los vinos. Se caracteriza principalmente por los aromas que recuerdan la pimienta y las especias.
- Braucol: Llamado también Fer Servadou, esta cepa da a los vinos color, carnosidad y un aspecto rústico. Sus aromas muy característicos y originales evocan la grosella (Casis), la frambuesa, las hojas secas y el pimienta verde.
- Syrah: De origen mediterráneo, esta cepa se adapta a terrenos que se encuentran expuestos al sol. Utilizado con precaución, aporta a los vinos de la región la estructura y una bella complejidad aromática.
- Gamay: Es la única cepa apta para la elaboración de los “Gaillac Primeur”. Este se implantó muy bien en la región de Gaillac y después de varios años ha permitido a los vinos “Gaillac Primeur” obtener un reconocimiento nacional; 4 veces ha estado entre los primeros lugares en el Concurso Nacional de Vinos “Primeur”.^{9, 11}

En la Tabla 1 se muestran los rendimientos máximos de la denominación Gaillac cosechados por hectárea dependiendo del tipo de uva y de la calidad del vino.

Tabla 1: Rendimientos DOC Gaillac

Vino	Vol. hL/ha
Rodado y Rojo	55
Blanco seco	63
Blanco dorado	49
Vino de país tinto, blanco y rosado	120

2.4. Presentación de la empresa

Este trabajo se realizó en la bodega cooperativa de “Vignerons de Rabastens”. La bodega de Rabastens se encuentra en la comunidad francesa del mismo nombre en el departamento del Tarn y la región de los Pirineos Medios.

2.4.1. El poblado de Rabastens

Desde la antigüedad, las laderas de Rabastens estuvieron pobladas, de esto quedan vestigios de ciudades galo-romanas.

2.5. Historia de la bodega de “Vignerons de Rabastens”

La bodega de Rabastens fue creada en 1953 por 129 adherentes que suscribieron 10,200 partes sociales. La bodega comenzó a funcionar realmente en septiembre de 1955, fecha de la primera cosecha de uva con un volumen de 10,000 hL vinificados y su comercialización se hizo en cisternas. La primera bodega tenía una capacidad de 20,000 hL, cada viticultor había aportado su cosecha.

2.5.1 Cronología de la bodega de Rabastens

- 1981: Programa de renovación y modernización de las instalaciones para la distribución de vinos DOC Gaillac y de país de las costas del Tarn.
- 1993: La bodega maneja un dominio vitícola de 55 ha, el castillo de Escabes y el de Lapeyre.
- 1999: Instalación y funcionamiento de un equipo de expansión “flash”.
- 2000: Inversión para la instalación de tuberías de vinificación exterior y por una estación de depuración de aguas residuales vitícolas.
- 2002: Se otorga la certificación Agri-confiance, que es una norma europea que regula las buenas formas de cultivo.
- 2006: Creación de la unión de bodegas cooperativas vitícolas Vinovalie.

2.5.2. Vivalie

La creación de Vivalie dio a la bodega un gran giro. Al unirse con las bodegas Tècou, Cahors y Fronton, la bodega de Rabastens se unió a una fuerza comercial para combatir la crisis. Esta estructura comercial interviene solamente para la venta de producto terminado. Su objetivo es compartir el trabajo y con esto bajar los costos de producción, estructurar mejor las ofertas comerciales y tener un impacto en los clientes potenciales o ya existentes. Cada una de las 4 bodegas toma un segmento de ventas y los equipos comerciales se distribuyen en función de esta selección.

- Tècou: Sector tradicional
- Vignerons de Rabastens: Gran distribución
- Cahors: Cisternas, venta de líquido sin embotellar
- Fronton: Exportación

La Figura 3 muestra la variedad de cepas que se encuentran en la bodega de “Vignerons de Rabastens”

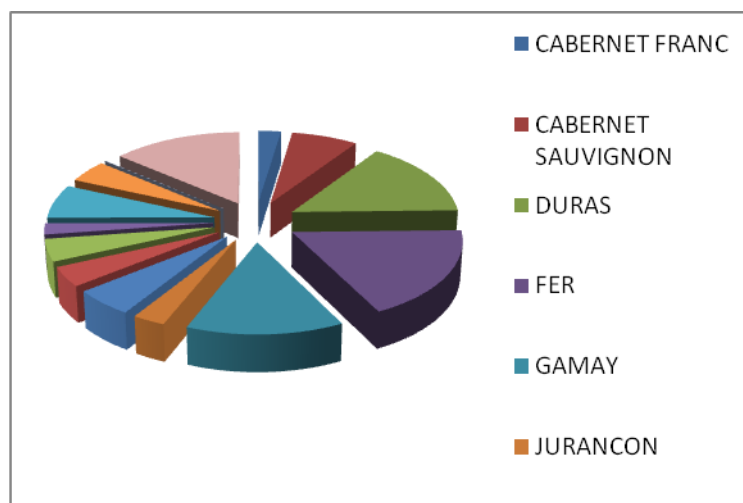


Figura 3: Distribución de cepas en la bodega de Rabastens

2.5.3. La vinificación en la bodega cooperativa “Vignerons de Rabastens”

La bodega cooperativa está equipada con 300 tanques o cubas para recepción, procesos de prefermentación, fermentación alcohólica y maloláctica así como para la crianza de los vinos, para hacer las operaciones de vinificación. En la recepción de la vendimia hay dos bodegas de almacenamiento donde están todos los equipos de tratamientos de prefermentación y una tercera donde se realizan los procesos de vinificación como la fermentación alcohólica y la crianza de los vinos. La bodega dispone de una torre de recepción de vendimia, el cuál es un puesto avanzado donde se toman los datos del viticultor y de su aporte. En esta torre se encuentra un equipo que toma las muestras de la uva, y que proporciona algunos criterios como el pH, acidez total y volátil, el peso de la vendimia y grado alcohólico potencial. De ahí la vendimia es llevada a la recepción. La recepción (Fig. 4) está dispuesta en 3 partes: una que corresponde a las cepas de uva roja, otra para la cepa de uva blanca y la última para la uva roja que es destinada a la elaboración de vinos de país o de mesa. La recepción, está compuesta por una banda transportadora que desplaza la uva eliminando al mismo tiempo hojas y restos herbáceos. Esta uva es transportada a 4 grandes tanques de almacenamiento ya sea para recuperar el jugo para el vino rosado o ser llevada para continuar uno de los procesos de prefermentación: termovinificación o expansión “flash”. La uva blanca pasa directamente a la prensa, la bodega cuenta con dos, para la extracción del mosto.



Figura 4: Fotografía: Recepción de la vendimia.

En la bodega de vinificación se encuentran dos prensas conectadas a tanques de concreto para el mosto de uva blanca, dos equipos de prefermentación de uva roja: expansión “flash” y termovinificación. Los otros equipos son un flotador para el mosto blanco y 3 filtros de tambor rotatorios ya sea para clarificar el jugo destinado al vino rosado o para filtrar los jugos que salen del equipo de termovinificación y que serán enviados a los tanques para comenzar la fermentación alcohólica. Los mostos blancos clarificados son enviados a la bodega de almacenamiento en la cuál se lleva a cabo la fermentación alcohólica. La bodega cuenta con equipo sofisticado de alto nivel como un filtro tangencial y todo el equipo para el buen desarrollo de las prácticas enológicas. En el sótano, se encuentran las barricas para la crianza del vino tinto.

La bodega cuenta con tanques especiales de acero inoxidable destinados a la multiplicación de las levaduras, para después ser incorporadas a los tanques en donde se lleva acabo la fermentación alcohólica. Un laboratorio de análisis equipado con aparatos de tecnología de punta para los diferentes análisis del vino: espectrofotómetro IRTF de la sociedad Microdom, titulador de SO_2 , equipo de destilación, así como aparatos más simples utilizados habitualmente en un laboratorio vitícola. También cuenta con una estación de depuración que trata todos los efluentes vitícolas eliminados por los procesos de vinificación y finalmente con una cadena de embotellado.

3. Vinificación

La vinificación es el conjunto de operaciones que permiten al mosto transformarse en vino. Los múltiples métodos utilizados para este fin son naturales y eficientes. Aunados al saber hacer del hombre, ellos compensan los defectos naturales del vino. La fermentación alcohólica es la operación más importante de la vinificación. Ella comienza con la recepción de la uva en la bodega para ser enviada a la prensa donde se obtiene el mosto y continua hasta su venta en el mercado. A lo largo de la vinificación, existen diversos procesos que permiten afinar las características organolépticas del vino.^{1, 20}

3.1. La vinificación en blanco

La diferencia entre la vinificación en blanco y la vinificación en rojo no es solamente por el color del vino sino también por la composición de los productos que se obtienen al finalizar la fermentación alcohólica. Y esto se logra por la separación de los materiales sólidos del jugo de uva antes de comenzar toda fermentación. Si bien no hay ningún intercambio entre los materiales sólidos y el jugo mismo, el vino obtenido tendrá menos color y será menos rico en taninos y otros elementos disueltos en el curso de la maceración: en si la combinación alcohol/extracto seco será diferente para los vinos tintos, los blancos y los rosados.⁴

3.1.1. Operaciones particulares en la vinificación en blanco

3.1.1.1. Goteo

El goteo es una operación que consiste en la separación sin ninguna, o una ligera presión para eliminar los materiales sólidos de vendimias previamente deshojadas y desgranadas. Es necesario precisar que este deshojado debe hacerse justo antes del goteo con el fin de evitar la maceración de las partes solidas de la uva al mosto inhibiendo el inicio de la fermentación, y la oxidación de éste.¹⁴ Esta operación libera lo esencial del mosto blanco y una fracción importante en los vinos tintos, como los taninos. Su aparente

simplicidad esconde la extrema diversidad de la composición del jugo a lo largo de su liberación. El prensado concluye la extracción fraccionaria del mosto, y debe liberar la totalidad de jugo de la uva para asegurar la materia prima y así elaborar el vino, es decir, los compuestos aromáticos y fenólicos de calidad sin extraer los compuestos con olores y sabores herbáceos o el aceite de la película, de las ramas o de la semilla. El goteo es utilizado en la vinificación en blanco como un sistema continuo sin contra presión.^{2, 18} El objetivo del goteo es disminuir el volumen por prensar y puede hacerse en los equipos de:

-Goteo estático: El jugo se derrama, gotea simplemente por gravedad, las ramas, la piel y fragmentos de tierra son retenidos por una malla. Es el principio de la cámara o cuba de goteo especialmente colocada para esta operación. Los rendimientos son bajos y sólo se recupera en promedio 50% del jugo. La duración de la operación es larga y los riesgos de oxidación del jugo son grandes. La malla de una prensa puede igualmente servir de caja de goteo. Este método presenta el inconveniente de inmovilizar el equipo un cierto tiempo, y puede a veces ocasionar problemas en la recuperación del jugo de gota.

-Goteo dinámico: Se utiliza un equipo de goteo que consiste en un cilindro rotatorio que gira muy lentamente, la rotación es forzada para obtener rendimientos de jugo que puedan ser del orden de 60% con poca materia sólida suspendida para obtener un mosto de buena calidad.^{1, 10} Se utilizan también cilindros de gota fija, el principio de éstos es el mismo que el de una prensa continua pero con una presión mucho menor. El cilindro toma una posición inclinada aproximadamente de 45 grados. El rendimiento es de 70% pero el jugo contiene una mayor cantidad de partículas suspendidas.

3.1.1.2. Prensado

Hay todavía de 30 a 40% de jugo en la vendimia que sale de la cámara de los equipos de goteo. El resto del jugo se extrae por prensado. El jugo restante en la vendimia es muy rico en azúcares y muy viscoso; por ello el goteo es difícil. Este prensado constituye la verdadera separación del jugo con las partes sólidas de la vendimia: El prensado debe ser suficientemente poderoso para sacar todo el jugo, sin ser tan fuerte para evitar que se aplasten las ramas y la piel, lo que podría producir compuestos no deseados.

Los aparatos más utilizados son:

- Las prensas hidráulicas de gran diámetro que ejercen una presión moderada; la más apropiada es la utilizada en la región de Champagne.
- Las prensas continuas de gran flujo forman a veces muchos lodos.
- Las prensas horizontales mecánicas que se llenan automáticamente, o las neumáticas que producen excelentes resultados.^{2, 14}

3.1.1.3. El desfangado

El desfangado es un proceso físico de limpieza de mostos que consiste en la separación de los materiales sólidos procedentes del prensado y goteo del jugo de uva. El mosto recién obtenido contiene una gran cantidad de fangos, formados por restos sólidos de pulpa, piel, semillas, partículas terrosas, levaduras, bacterias y coloides parcial o totalmente floculados. Estas burbas además de contener elementos nutritivos como factores de supervivencia de la flora microbiana, dan al mosto un efecto de soporte que le permite funcionar como reserva de O₂. Para la elaboración de los vinos tintos las partes sólidas de la uva son extraídas al término de la fermentación alcohólica pues de ellas se extraerán el color y los taninos. Estas partes sólidas son extraídas de los mostos blancos y rosados que serán utilizados para la elaboración de vinos blancos, rosados y claretes. La cantidad de estas sustancias debe ser limitada antes de comenzar la vinificación de éstos mostos, pues pueden producir aromas y sabores no deseados.^{2, 20} La cantidad de impurezas en el mosto dependerá del tipo de equipo con el que se extraerá el jugo, de la madurez de la uva y del estado sanitario de la vendimia.¹⁴ El desfangado es una operación de prefermentación determinante para la calidad final del vino. La eliminación de los lodos modifica la velocidad de fermentación de los mostos y favorece la producción de aromas fermentarios positivos, así como la disminución de otros compuestos volátiles generalmente considerados como negativos.¹⁹ El desfangado elimina:

- Lodos

- Levaduras
- Pesticidas
- Alcoholes superiores
- Compuestos azufrados
- Tierra

La eliminación de los lodos favorece la formación de aromas y sabores que le darán al vino características organolépticas deseadas y se reducen otras no buscadas que disminuyen la calidad de éste.

La eliminación por una parte de levaduras, por debajo de 100,000 levaduras/mL después de un buen desfangado, retarda el inicio de la fermentación alcohólica por las levaduras indígenas presentes en la uva. La introducción de levaduras comerciales es una práctica común, desarrollándose mejor sin concurrencia de levaduras indígenas no deseadas.

La eliminación de la piel de la uva reduce la rapidez de fermentación del mosto privándolo de ácidos grasos, fuente de “factores de supervivencia” necesarios al final de la fermentación. Esta eliminación explicaría al mismo tiempo la disminución de olores y “sabores en descomposición” que se encuentran en la piel de la uva provocados posiblemente por el estado sanitario de la vendimia, en este caso se aplican desfangados severos.^{4, 22}

De igual forma una fracción importante de residuos de pesticidas que se encuentran en la superficie de la uva son eliminados con el desfangado. Así como la disminución de alcoholes superiores que producen olores herbáceos y olores pesados (compuestos en C₆), pero más ricos en ésteres etílicos de ácidos grasos con aromas agradables.

La mayoría de los compuestos azufrados son eliminados con el desfangado pues producen olores desagradables (moléculas en su estado reducido, caucho, ajo, etc.), pesados (méтанотил) y ligeros (méтанотіoles) producto del metabolismo de las levaduras, pero no deseados en el vino.

La separación de desechos terrosos reduce fuertemente la concentración en Fe y Ca en los vinos.^{2, 19}

3.1.1.4. Elección de la intensidad de desfangado

La intensidad de desfangados se puede cuantificar midiendo el volumen o el peso de los lodos separados por centrifugación. Es más simple, rápido y económico medir la “turbidez” con la ayuda de un turbidímetro, método llamado también nefelometría. La lectura de la turbidez se puede obtener de manera instantánea en la bodega a un costo moderado; este valor está dado en NTU. Puede variar de 0-0.2 (agua-vino “brillante”) a 1000-3000 NTU. La turbidez de las muestras es comparada con otra conocida, la precisión del equipo es suficiente para tener la información necesaria como un parámetro del desfangado requerido. Los valores de turbidez que se consideran buenos actualmente se encuentran entre 100-250 NTU, para obtener mostos claros.^{1, 20}

Por debajo de 50 NTU, los riesgos de fermentación son muy elevados; por arriba de 250-300 NTU, los sabores desagradables son frecuentes. En todos los casos el desfangado debe intervenir inmediatamente después de la extracción de jugo para reducir la solubilidad de partículas y de transformaciones fisicoquímicas perjudicial para el producto final.^{2, 17}

3.1.1.5. Desfangado estático

El desfangado estático consiste en dejar los desechos depositarse por la acción de la gravedad. Después del prensado, el mosto se deja reposar en una cuba o tanque inerte. Las partículas en suspensión sedimentan en el fondo de la cuba. Esta operación es facilitada agregando enzimas pectolíticas; las enzimas rompen las largas cadenas de carbono cortándolas en cadenas más cortas, acelerando su sedimentación. Es necesario enfriar los mostos: si la fermentación comienza, la liberación de burbujas de dióxido de carbono arrastra a las partículas al seno de la cuba impidiendo que se depositen en el fondo. Cuando el mosto está clarificado, es trasladado a otra cuba para ser fermentado.¹⁹

Para realizar el desfangado estático se puede simplemente esperar a que las partículas más grandes y pesadas, que están en suspensión, se depositen espontáneamente, pero también se puede practicar el desfangado dinámico.¹⁴ Para que las partículas suspendidas del mosto se depositen por gravedad hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Sulfitar correctamente para evitar el inicio de una fermentación no deseada.
- Utilizar las cubas de desfangado lo más bajas posible.
- Evitar las variaciones de temperatura que pueden provocar corrientes convectivas.
- El frío retarda el desarrollo de las levaduras pero frena también la acción de clarificación de las enzimas agregadas al mosto.¹⁶

3.1.1.6. Desfangado dinámico

El desfangado dinámico se hace con máquinas que aceleran el proceso de separación mosto-lodos.

3.1.1.7. Centrifugación

La centrifugación es una forma de decantación en la cuál la rapidez de separación de partículas aumenta por aceleración de 1000 a 10,000 g. Esta técnica elimina rápidamente una gran proporción de partículas pesadas, aunque puede suceder que quede una pequeña cantidad de partículas diminutas y coloides dispersos en el medio. La turbidez residual correspondiente no puede ser eliminada más que por decantación, floculación ó filtración.² La centrifuga retira los lodos más grandes pero no se puede esperar un alto nivel de claridad en los mostos.¹⁹

3.1.1.8. Fuerza centrípeta

Esta fuerza envía los lodos hacia el centro de un tanque cilíndrico-cónico en el que el mosto es inyectado tangencialmente a gran velocidad. El sistema es simple, apto para desfangados ligeros prensados con delicadeza. Desafortunadamente es poco utilizado en enología sin importar su simplicidad y su rapidez.

3.1.1.9. La flotación

La flotación consiste en llevar las partículas de abajo hacia arriba mediante un flujo de burbujas de gas, nitrógeno en general. Estas partículas son eliminadas ya sea por desbordamiento o por corte. Este sistema es bien conocido en la industria alimentaria para el desfangado de mostos. Se retomó en diferentes países vitícolas por ser un tratamiento rápido en la limpieza de los mostos. Si la flotación no es suficiente ésta puede complementarse con un desfangado estático.²

3.1.1.10 La filtración

La filtración es un proceso físico de separación de mezclas sólido-líquido a través de un medio poroso que retiene las partículas sólidas y deja pasar los líquidos. Este proceso está destinado a clarificar líquidos que contienen materia en suspensión, haciéndola pasar a través de un medio poroso constituido de material granular. Las partículas finas que quedan después de la decantación se dirigen hacia la superficie y ahí son retenidas. La fijación de estas partículas a los poros dependerá del tipo de material utilizado para la malla y las condiciones de utilización del filtro. La filtración permite la eliminación de bacterias, color, e indirectamente la eliminación de ciertos sabores u olores contenidos en la materia en suspensión de tamaño pequeño.¹³ La retención de las partículas ocurre principalmente por dos mecanismos:

- El tamizado retiene las grandes partículas en la parte superior.
- Adsorción, efecto de porosidad, a diferentes niveles al interior de la membrana para las partículas más finas.

Las partículas son retenidas por un soporte en función de sus diámetros. Se utilizan filtros continuos sobre tierra, pero con más frecuencia los filtros rotatorios. Los filtros prensa o los filtros tangenciales están más adaptado al tratamiento de mostos lechosos o también de lodos que puedan tener de 30 a 50% de materia sólida en suspensión. El principal problema enológico es el riesgo de clarificar demasiado, obteniendo turbideces

inferiores a un intervalo de 5-20 NTU que se debe corregir antes del inicio de la fermentación. Estos aparatos son costosos pero aseguran una excelente rentabilidad para la obtención de volúmenes importantes de jugo, de mosto y de vino de alta calidad. En casos frecuentes después de la extracción del mosto filtrado, se debe intervenir para evitar la maceración de los lodos no importando si se encuentran a bajas temperaturas.² La filtración en filtro de tambor rotatorio al vacío es relativamente lenta pero eficiente. Permite recuperar mostos claros de lodos que salen de la centrifugación. El filtro de tambor rotatorio al vacío consiste en 1 o 2 bombas “a anillo líquido” que aseguran un vacío constante al interior del tambor. La depresión creada provoca la aspiración del líquido a través de la capa que funciona como coadyuvante. El tambor es cilíndrico, recubierto de una tela filtrante de acero inoxidable, gira alrededor de un eje horizontal, a una velocidad que puede ser modificada. El tambor está sumergido en un recipiente rectangular en constante agitación.^{8, 19} Existen dos tipos de tambor:

- Tambor de secciones: Este tambor está dividido en secciones que no se comunican entre sí. El líquido filtrado es evacuado con la ayuda de bombas de vacío hasta un colector independiente que asegura la separación aire-líquido.
- Tambor a vacío total: Este tambor es continuo y está completamente al vacío y el filtrado es transferido directamente a la cuba de almacenamiento con una bomba de extracción sumergida en la parte inferior del tambor. En este caso, hay una separación entre el vacío provocado en el tambor y la extracción del líquido filtrado, limitando la oxidación del filtrado.¹⁰

Formación de la torta: Después de haber llenado el recipiente con el material filtrante, se adiciona un coadyuvante de filtración, e.g. perlitas o diatomeas, con agua. Para asegurar una perfecta hidratación y tener una mezcla homogénea, la cantidad de producto filtrante no debe exceder 5% del volumen total del recipiente. Es importante la agitación de la mezcla de filtración con el agua sobre mallas resistentes. Para obtener una capa filtrante estable, es necesario mantener el nivel de líquido óptimo en el canal, y

mantener una velocidad de rotación constante. El líquido filtrado es llevado al canal de filtración por una bomba de alimentación. Sobre la acción del vacío, el líquido a filtrar atraviesa la torta formando una película más o menos fina. Cuando esta capa se seca, la torta es eliminada por medio de un cuchillo. Su objetivo es evacuar permanentemente los productos indeseables depositados en la torta, así como una ínfima parte de la capa del coadyuvante. Esta regeneración del medio filtrante disminuye el taponamiento.^{8, 10} Es difícil establecer una regla general sobre la correlación de los parámetros citados anteriormente. La Tabla 2 muestra los valores de productos filtrantes que se deben utilizar dependiendo del tipo de mosto, del vino, de los fangos o restos de piel que pueden ser utilizadas más adelante para darle estructura al vino.

Tabla 2: Productos de filtración.

Producto a filtrar	Flux hL/h·m ²	Cantidad de adyuvante kg/hL
Mosto blanco, rosado, vino de prensa	4.0-6	0.5-0.7
Lodos de decantación en frío	3.5-4	0.8-1
Lodos de mutes	3.0-4	0.8-1.2
Vino tinto bruto, primeros	6.0-8	0.3-0.4
Vino tinto extraído	10.0-12	0.15-0.25
Líes fermentados	1.0-2	1.5-1.7

3.1.1.11. Turbidez

La turbidez de los mostos es provocada por los restos sólidos de la uva, tierra, así como por flora microbiana y enzimas, especialmente oxidasas. Esta turbidez está ligada a la naturaleza, la concentración y el tamaño de las partículas en suspensión. La turbidez se produce por la dispersión de la luz en el medio, se puede medir evaluando la cantidad de luz transmitida, o la que se refracta en otras direcciones.^{3, 19} La calidad de los lodos formados en el curso de la extracción del jugo y la rapidez de su formación depende de la cepa, del estado sanitario de la uva, de su madurez, y de las condiciones de trabajo de la vendimia como: deshojado, goteo y prensado. Generalmente en condiciones normales la turbidez de los mostos extraídos de vendimias en curso de madurez, da como resultado la hidrólisis de constituyentes pépticos por las enzimas peptolíticas que se encuentran en la

uva. Sin embargo, en situaciones de sequía, por falta de actividad peptolítica, hay un aumento de la viscosidad al interior de la uva y el jugo es más difícil de extraer y de clarificar. La evolución de la concentración de polisacáridos, ácidos solubles, pectinas, de los mostos, al final de la maduración, es generalmente paralela al aumento de la turbidez del jugo.^{6, 13}

Los procesos de extracción de mostos presentan una influencia primordial sobre la formación de lodos; los mostos más claros se obtienen por prensado lento ó discontinuo y contienen una cantidad mínima de fangos que contribuyen a la turbidez del jugo. La estructura física de los lodos y su composición química son poco conocidas. Se admite que están formadas por partículas de tamaños muy heterogéneos inferiores a 2 mm. Se ha encontrado que estos lodos contienen en su mayoría polisacáridos insolubles como celulosa, hemicelulosa, compuestos pépticos, y que son relativamente pobres en compuestos nitrogenados, esencialmente de proteínas insolubles inutilizables por las levaduras. Contienen también sales minerales y una proporción nada despreciable de lípidos, provenientes visiblemente de las membranas celulares. Esta fracción lipídica contiene una proporción un poco más elevada de ácidos grasos insaturados que de ácidos grasos saturados.¹⁸ Cuando se toman muestras del prensado o del jugo de uva presentan medidas de turbidez altas, esto se ratifica en la degustación en donde se percibe un mosto más azucarado. Al dejarlo en reposo en una probeta, este mosto turbio forma un depósito muy viscoso, que contiene los desechos de la uva (fragmentos de piel, semillas, etc.). En la parte superior de estos elementos identificables se encuentra una fase turbia más o menos compacta dependiendo de la duración de la sedimentación y compuesta por elementos en suspensión de tamaños muy finos. La fase sobrenadante, aun sin ser clara esta poco cargada de partículas en suspensión y constituyen el mosto que se fermentará para obtener el vino blanco. Finalmente, en la superficie se encuentran trazas de “espuma”, que después de sufrir una humidificación por el líquido, puede unirse a la fase turbia.

Las macromoléculas en la solución coloidal o en curso de sedimentación intervienen también en la turbidez del mosto. Entre ellas, las sustancias pécticas de la uva, que juegan

un papel esencial. En el caso de vendimias atacadas por la putrefacción, la turbidez del mosto se ve afectada por la presencia de polisacáridos producidos por *Botrytis cinérea* en el grano, en particular el glucano en el que algunos mg/L son suficientes para provocar serias dificultades en la clarificación. Estas macromoléculas glucídicas influyen en la turbidez del mosto⁴ ya que se comportan como coloides protectores, y actúan también sobre la clarificación limitando o impidiendo la floculación y la sedimentación de las partículas, igualmente obstruyendo las superficies filtrantes.¹⁷

3.1.1.12. Sulfitado de la vendimia

El sulfitado de la vendimia tiene lugar en el momento de la recepción en bodega. Consiste en agregar anhídrido sulfuroso para obtener SO₂, es introducido en forma líquida con una probeta. Las dosis utilizadas dependen del estado sanitario de la vendimia. El sulfitado permite prevenir la oxidación del jugo y tiene un rol antiséptico, en el caso de desfangado en frío, ayuda a las partículas en suspensión a depositarse en el fondo del tanque.⁴

3.1.1.13. Enzimas

Las enzimas son macromoléculas biológicas de naturaleza peptídica. Las enzimas comerciales refuerzan la acción de las enzimas naturales presentes en la uva. Ellas son destinadas a degradar selectivamente las sustancias pécticas moleculares en partículas de menor tamaño. La pectina forma parte de la constitución de materiales estructurales y protectores de los vegetales. Están localizadas en la membrana y forman un lazo entre las células, obstaculizando el paso del jugo, de materias colorantes, y de precursores de aromas. Antes de que el mosto entre al flotador es necesario aplicar un tratamiento enzimático que permita disminuir su viscosidad; las enzimas modifican el proceso de separación y mejoran su velocidad y rendimiento. En el curso de la flotación, la incorporación de enzimas de extracción se hace a razón de 3 g/hL.^{4, 16}

4. Flotación

La flotación es un proceso de separación sólido-líquido que se aplica a partículas en cuya densidad es inferior a la del líquido que las contiene. La clarificación por flotación se basa en la propiedad que tienen los fangos del mosto, de unirse a burbujas de gas de determinado tamaño y de menor peso específico que es inyectado al mosto. Así, el conjunto partícula-gas se concentra por movimientos ascendentes en la superficie del líquido.^{3, 12}

4.1. Historia de la flotación

La flotación es un proceso utilizado originalmente en la industria minera. Desde hace un siglo aproximadamente estuvo particularmente desarrollada esta técnica para obtener una separación selectiva de minerales-ganga. La idea se extendió para la aplicación de esta técnica en los tratamientos de aguas que contenían materiales ligeros, como coloides, para resolver problemas de separación difícil y eventualmente la recuperación de productos que estuvieran en suspensión. Su campo de aplicación continuó expandiéndose a otro tipo de aguas residuales provenientes de diferentes industrias, antes y después de la Segunda Guerra Mundial, en particular por los efluentes de la industria petrolera (Francia y Estados Unidos) y en el dominio de la industria agroalimentaria. También se consideró para el tratamiento de efluentes urbanos.¹⁰ Paralelamente, la flotación tuvo otro desarrollo en Escandinavia para el tratamiento de aguas naturales de uso alimentario o industrial. Las aguas duras están en general en esos países en forma de: aguas de lagos, dulces, frías, coloreadas y poco cargadas de minerales en suspensión; su tratamiento por decantación convencional cada día era más difícil, particularmente en el invierno; las aguas fueron tratadas con más frecuencia por flotación a partir de 1960. La flotación se volvió un procedimiento normal en todos los tratamientos de aguas. Así, la flotación es utilizada para la clarificación de jugos de frutas y recientemente en el reciclado de papel. Las aplicaciones de la flotación se han desarrollado porque permite obtener altas velocidades de separación de fases comparada con la decantación natural; en el mosto da como resultado fangos generalmente más

concentrados.^{7, 23} En enología, recientemente la técnica de flotación es utilizada para clarificar mostos usando flujos de clarificación muy elevados. Esta técnica podría ser en el futuro una alternativa al proceso de filtros rotatorios y aportar una respuesta parcial a los problemas de desechos de tierras de filtración.^{3, 10}

4.2. Diversas aplicaciones de la flotación

Se pueden distinguir tres tipos principales de flotación:

La flotación natural: Se basa en la diferencia de densidades que existe entre el líquido y las partículas en suspensión que son menos densas lo que facilita su ascensión. Si en el seno del mosto existen pequeñas burbujas de gas producidas por la fermentación contribuirán a la velocidad de la separación de fases. Por otra parte entre las partículas existen fuerzas de repulsión electrostáticas que dificultan la separación de fases, dándoles una mayor estabilidad en el medio y limitando la flotación natural.

La flotación mecánica: Se aplica en los flotadores a aire disperso en los que el aporte de burbujas de gas de 0.1 a 2 mm de diámetro se combina con el empleo de reactivos coloidales, tensoactivos, destinados a retener la hidrofobicidad de partículas y correlativamente a su afinidad por el aire portador (o más generalmente el gas) y eventualmente los productos que producen “espuma”.

Flotación a microburbujas: Con diámetros de burbujas de gas de 40 a 80 μm , esta flotación se divide en dos subcategorías.

Flotación con aire disuelto: Consiste en saturar el líquido con un gas bajo presión (3 a 8 bar). Enseguida esta agua se relaja bruscamente y cuando regresa a la presión atmosférica, provoca la aparición espontánea de burbujas de gas muy finas y numerosas en el seno del tanque de flotador, dando como resultado una emulsión gas-líquido que se mezcla con los materiales en suspensión. Esta presurización puede ser practicada en aguas duras, presurización directa de la totalidad o de una fracción del flujo que entra en el flotador, o por una fracción reciclada del agua tratada, presurización indirecta.

Electroflotación: Se trata de efectuar una electrolisis en el agua para producir una liberación gaseosa constituida de hidrógeno y de oxígeno; la finura de las burbujas

depende de la presión y de la intensidad aplicada, así como la forma y la naturaleza de los electrodos. Este procedimiento se desarrolló en los años 60 siguiendo dos sistemas dependiendo del lugar de los electrodos:¹

- Electrodo de flotación a contracorriente
- Electrodo de flotación a corriente paralela

4.3. Cinética de flotación

La flotación en enología es una operación de separación sólido-líquido, basada en los principios de separación de sólidos que utilizan la adherencia preferencial de las partículas que enturbian el mosto, procedentes de las partes sólidas de la uva a las burbujas de gas. Esta adhesión forma un conjunto sólido-gas (Fig. 5) de tal manera que la densidad de este complejo es inferior a la del mosto y tiende a subir a la superficie. Para que exista la flotación es necesario que las partículas en suspensión puedan unirse a un número suficiente de burbujas de gas.^{15, 20}

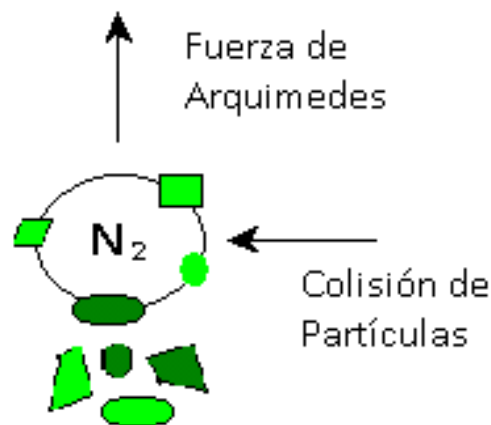


Figura 5: Representación de los principios de flotación.

4.3.1. Probabilidad de flotación

La probabilidad de que las partículas floten depende de que las burbujas tengan una gran superficie para poder adherirse a las partículas en suspensión. Asimismo, de la

interacción de las partículas con los coadyuvantes y de que la colisión con las burbujas provoque una adherencia con éstas. También depende de la acción de fuerzas de separación, de las condiciones de formación y de destrucción de los agregados sólido-gas. Estos procesos se muestran en la Figura 5.¹³

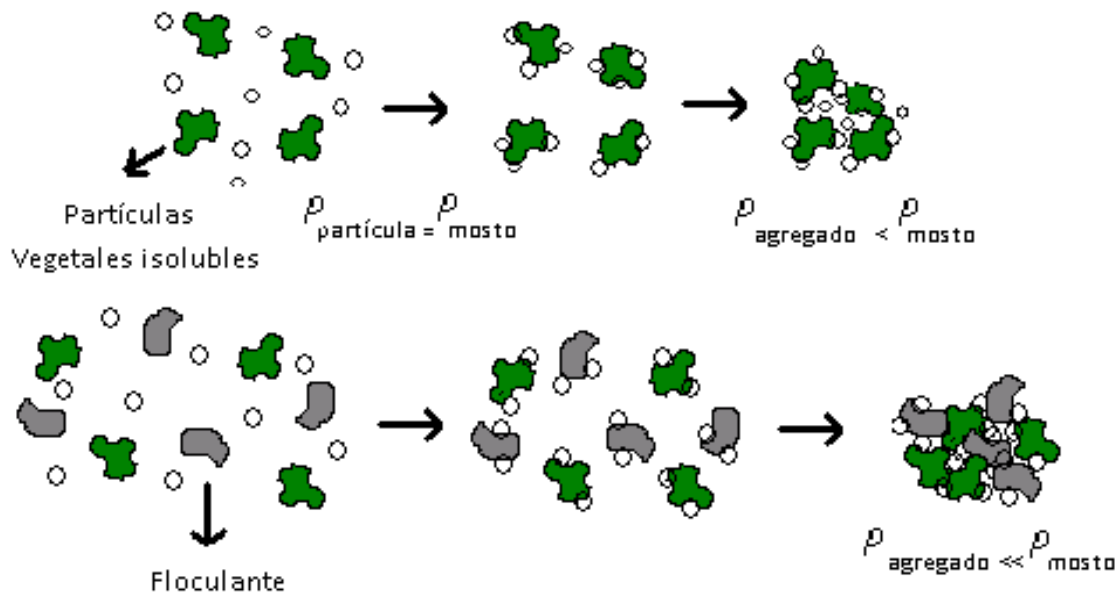


Figura 6: Formación de complejos flotables.

Algunos autores piensan que las microburbujas se forman sobre las partículas y crecen posteriormente. La mayoría de los autores proponen modelos que se apoyan en la teoría de la colisión de burbujas con las partículas suspendidas.^{3, 19} Las burbujas de gas, atraviesan la suspensión, entran en colisión con las partículas y se adheridas a ellas si las condiciones de la superficie son apropiadas. Saharaoui¹⁹ menciona en su trabajo que Sutherland indicó que la tasa de flotación global es igual al producto de tres factores; la tasa de colisión entre partículas y burbujas; la probabilidad de adherencia después de la colisión y la probabilidad de que esta colisión se deshaga. Suponiendo que las burbujas y las partículas son esferas rígidas, se puede definir un radio de colisión R, tal que toda partícula que se encuentre en este campo de radio R sea susceptible de hacer contacto con la burbuja seleccionada como referencia. En el seno de la suspensión, de una manera

general, la probabilidad de que se encuentre y se forme el complejo sólido-gas depende de:

- La cantidad de burbujas
- Al tiempo de residencia de las burbujas en el medio
- A la turbulencia reinante en el medio

La capacidad de las burbujas de fijarse sobre las partículas depende igualmente de su tamaño y de la tensión superficial que conlleva comportamientos diferentes según la curvatura de la superficie. La adhesión de burbujas al sólido se facilita por efecto de la tensión interfacial, en la que la energía de mojado y la tensión interfacial disminuyen cuando el ángulo de contacto entre el gas y el sólido aumenta.^{8, 19} Si el ángulo de contacto entre el sólido y el líquido es igual a cero la adherencia sólido-gas es imposible, pero si el ángulo de contacto entre el sólido y el líquido es igual a 180 la adherencia sólido-gas es óptima, estos valores nunca se dan en la realidad. La hidrofobicidad de las partículas y el diámetro de las burbujas son los parámetros fundamentales de la flotación.

4.4. Mecanismos de formación de agregados

El mecanismo de formación de agregados burbujas-partículas es considerado como la base de la cinética de flotación, los criterios son:

- Formación y coalescencia de las burbujas de aire
- Interacción de los coadyuvantes con las partículas
- La agregación de las burbujas
- Cambio de las propiedades superficiales de la suspensión
- Procesos de desestabilización de las burbujas de aire
- Cambio de la tasa y de la selectividad de la flotación^{3, 13}

Hay tres causas principalmente que provocan efectos desfavorables del desfangado sobre el desarrollo de la fermentación alcohólica:

- Eliminación de una parte de la microflora indígena
- Eliminación de las partes sólidas que sirven de soporte al oxígeno y facilitan el desprendimiento de CO₂
- Empobrecimiento del mosto en nutrientes que favorecen y facilitan su desarrollo de las levaduras.

Otra parte importante a considerar es la adición de enzimas pectolíticas antes de que el mosto entre en flotación, pues permite disminuir su viscosidad, y tiene como objetivo la ruptura de las cadenas poliméricas que se encuentran en el mosto transformándolas en cadenas cortas que hacen más fácil y rápida la clarificación. La flotabilidad de las partículas en suspensión se mejora notablemente con la adición de coadyuvantes floculantes, que envuelven a las partículas en suspensión, formando complejos en el medio, como la bentonita, gelatina y el sol de sílice. En conclusión, la flotación se sustenta en las diferencias entre la densidad de los sólidos y la del líquido en los que están en suspensión. Este proceso de separación sólido-líquido no se aplica más que a partículas donde la densidad real, flotación natural o aparente, flotación provocada, es inferior a la del líquido que la contiene.^{3, 23}

5. Materiales y métodos

5.1. Materiales

Se usaron dos cepas para el proceso de flotación: Mauzac blanco y Len de L`en, de la denominación DOC Gaillac. Las enzimas pectolíticas fueron grado enológico (Eflot) y se usaron en una concentración de 3 g/hL. Se trabajó con gelatina grado alimentario en solución acuosa al 50% (Grupo AEB, Francia). La solución se diluyó con agua hasta una concentración de 10% y fue dosificada con una bomba peristáltica a un flujo de 100 mL/min o 6 L/h. Se usó sol de sílice grado enológico en solución acuosa al 30% (Spindasol W). La solución se diluyó con agua hasta una concentración de 12%, y fue dosificado con una bomba peristáltica a un flujo de 200 mL/min o 12 L/h. Se usó nitrógeno grado enológico con una pureza de 99% en volumen a una presión de 2 bar y un flujo de 7 L/min.

Para el desfangado en frío se clarificó la cepa Sauvignon blanco (VDP) a una temperatura de desfangado 10 °C y con un sulfitado de 20 g/hL.

Para la filtración al vacío en tambor rotatorio se usó bentonita grado enológico como tierra de filtración en una concentración de 25 kg/m².

5.2. Flotación

5.2.1. Preparación del mosto a flotar

Las cepas Mauzac blanco y Len de L`en blanco utilizadas para la elaboración de DOC Gaillac blanco, fueron cosechadas con una máquina para vendimia. La vendimia se prensó para obtener el mosto de la uva (jugo de gota). Enseguida el mosto se sometió a un tratamiento enzimático en una cuba, con las enzimas pectolíticas a la concentración ya señalada y se dejó reposar una hora antes de iniciar la flotación. Transcurrido este tiempo, se verificó la adecuada acción de las enzimas destinadas a degradar completamente el contenido de pectinas en el mosto. El mosto fue flotado durante una hora. El tanque de residencia de concreto, se preparó adicionando hielo seco (CO₂) para evitar la oxidación de los compuestos aromáticos. El mosto flotado se dejó reposar de 2 a 3 horas antes del descubado. Durante este tiempo, ocurrió la separación sólido-líquido. Se midió la turbidez

antes y después de la flotación y se utilizó como indicadora de una buena o mala clarificación.

5.2.2. Flotador de clarificación de los mostos

Se usó el flotador industrial (Eflot-20) que se muestra en la Figura 7 con un flujo de mosto límpido de 220 hasta 420 hL/h. este equipo tiene un peso de 130 kg, una potencia de 5.75 KW y sus dimensiones son (80 x 65 x 130) cm³. Está construido en acero inoxidable, cuenta con un tablero de control eléctrico y está soportado por un carrito móvil con ruedas giratorias. El flotador permite, entre otros, el control de volumen de gas utilizado, agita el medio con el fin de homogeneizarlo y flocular las partículas con los coadyuvantes; gelatina y sol de sílice.



Figura 7: Flotador Eflot-20.

El equipo comprende un tanque de saturación, una bomba de presurización, un dispositivo de alimentación de gas, dos bombas dosificadoras para el intercambio de los coadyuvantes y una malla de filtración que elimina la piel y las semillas de la uva restante en el mosto. La flotación se efectúa en un cilindro horizontal estándar. El mosto a flotar es bombeado y enviado bajo presión al cilindro junto con los coadyuvantes unidos a las finas burbujas de gas que van a adherirse a los flóculos para llevarlos a la superficie como se muestra en la Figura 8. Después de transcurridos algunos segundos, el mosto flotado es enviado a un tanque de espera. El tiempo de residencia del mosto es de 2 a 3 horas. El

mosto ya flotado y límpido fue llevado al tanque de fermentación alcohólica. El mosto claro fue drenado por la válvula que se encuentra en la parte inferior de la cuba. Los lodos de flotación fueron eliminados al final del descubado por bombeo.²⁰



Figura 8: Probeta con mosto flotado.

5.3. Desfangado en frío

La vendimia fue sulfitada a su llegada a la recepción y bombeada a la prensa donde se extrajo el jugo de uva. Al finalizar el prensado el mosto fue llevado a la cuba de desfangado donde permaneció 32 horas a una temperatura de 10 °C. Al término de este tiempo el mosto fue descubado en dirección de la cuba de fermentación. Este proceso fue el mismo para todas las cubas.

5.4. Filtración al vacío en filtro de tambor rotatorio

El filtro de tambor rotatorio (Fig. 9) se utilizó principalmente para desfangar mostos rosados y rojos después de pasar por el proceso de extracción de color y de taninos que se llevó a cabo en el equipo de expansión “flash” o de termovinificación. Después de esta operación el mosto sale con una gran cantidad de materia sólida y a temperaturas cercanas a 40 °C por lo que la filtración es más eficiente y se lleva a cabo más fácilmente a

esta temperatura. Se preparó la tierra de filtración, la cuál es una mezcla de bentonita y agua. El tiempo de filtración depende del volumen filtrado. Por ejemplo, para un volumen de 350 hL y una superficie de torta de 30 m², el tiempo de filtración fue de 7 horas. Normalmente se usan 25 kg de tierra de filtración por m² de área filtrante, lo que hace que la producción de desechos sea considerable.⁷



Figura 9: Filtro de tambor rotatorio: Mostos rosados y tintos.

5.5. Métodos de análisis

El seguimiento de la turbidez y de otros parámetros característicos de los mostos fue llevado a cabo de la misma manera para tener resultados representativos de los mostos clarificados.

5.5.1. Medida de la turbidez

Los valores de turbidez fueron tomados con un turbidímetro Aqualytic (Fisher Scientific, 0-2000 NTU). La unidad de medida es la Unidad de Turbidez Nefelométrica (NTU) la cuál es una medida de la luz dispersada a $90 \pm 30^\circ$. La turbidez fue medida antes y después de los procesos de clarificación.

5.5.2. Medición de otros indicadores

La determinación de azúcares, grado alcohólico potencial, acidez total (AT), acidez volátil (AV), pH, y concentración de ácidos málico y láctico se hizo después del desfangado mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (IRTF) es un espectrómetro de la sociedad Microdom Cetim (IRTF + UV-Visible), combinando la espectroscopia a doble detector UV-Visible e infrarrojo próximo.

5.6. Características de los productos enológicos

5.6.1. Gelatina

La gelatina es una proteína hidrosoluble que forma geles y adsorbe moléculas inestables presentes de manera natural en el mosto. La formación de agregados facilita la flotación. Ésta proteína interacciona con la débil carga de los polifenoles del mosto y permite una floculación completa y rápida. Cuando se encuentra poco hidrolizada, forma rápidamente flóculos de taninos/gelatina/pectinas muy estables. Su bajo grado de hidrolización evita la formación de complejos solubles susceptibles de precipitar posteriormente. La gelatina entra en contacto con los materiales tánicos, amargos y con otras sustancias, por adsorción de los elementos que causan turbidez los cuales son entonces sedimentados y separados fácilmente del mosto.^{17, 20}

5.6.2. Sol de sílice

El sol de sílice, comúnmente llamado gel de silicio, no es considerado como un coloide, sino un coadyuvante de la floculación. Se ha utilizado con una goma proteínica porque permite acelerar la floculación y la clarificación. Permite también estabilizar los vinos. Éste coadyuvante permite reemplazar los taninos de naturaleza coloidal, cargados negativamente, formando micelas de un diámetro del orden de 0.05 μm . Es usado principalmente en vinos blancos y algunos rosados. Gracias a su carga negativa este coadyuvante permite acelerar la floculación formando agregados más pesados que sedimentan más rápidamente. Permite estabilizar los vinos, mejorar la filtración y evitar el sobrefloculado.^{1, 23}

5.4.3. Nitrógeno

Desde hace 30 años, los gases son ampliamente utilizados en enología para proteger o mejorar los productos de la uva durante su transformación en los tanques y cubas, garantizando que estos estén inertes a la llegada del mosto, o para las operaciones de eliminación de gas.^{3, 21} El nitrógeno es un gas incoloro, inodoro e insípido, no inflamable y que no provoca la combustión.¹²

6. Resultados y discusión

6.1. Flotación

6.1.1. Influencia de la turbidez en el proceso de flotación

Se llevó a cabo el proceso de flotación y se midió la turbidez para cada una de las cubas antes y después del tratamiento. Asimismo, se midió el tiempo de residencia del mosto flotado en el tanque. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Valores obtenidos del proceso de flotación de mostos.

Fecha de Flotación	Cuba	Volumen (hL)	Color del vino	TAF* (NTU)	TDF** (NTU)	t (min)
09/09/2009	G1	117	DOC Blanco	856	29	113
10/09/2009	G1 y G3	243	DOC Blanco	711	25	254
10/09/2009	G7	142	DOC Blanco	1020	30	185
11/09/2009	G31	168	DOC Rosado	> 2000	50	60
14/09/2009	G1	119	DOC Blanco	560	30	143
14/09/2009	G7	150	DOC Blanco	550	31	190
15/09/2009	G7	152	DOC Blanco	825	23	150
15/09/2009	G7	96	DOC Blanco	700	26	105
15/09/2009	G1	114	DOC Blanco	550	32	110
17/09/2009	G7	93	DOC Blanco	583	29	100
17/09/2009	G1	110	DOC Blanco	886	28	105
17/09/2009	G1	111	DOC Blanco	1060	33	305
17/09/2009	G5	36	Jugo de prensa	1403	27	75
18/09/2009	G1	132	DOC Blanco	589	33	95
21/09/2009	G1	107	DOC Blanco	1536	73	75
21/09/2009	G3	115	DOC Blanco	1382	67	80
21/09/2009	G1	94	DOC Blanco	836	64	45
23/09/2009	H15	65	DOC Rosado	1956	55	45

*TAF = Turbidez antes de la flotación; ** TDF = Turbidez después de la flotación

En cada uno de los mostos por clarificar el volumen, la turbidez y el tiempo de flotación son diferentes. Para tiempos largos de flotación, la turbidez disminuye sin llegar

a valores verdaderamente importantes. La turbidez depende esencialmente del tipo de uva, de la madurez de la vendimia y de su estado sanitario. La turbidez medida después del proceso de flotación y del tiempo de residencia transcurrido muestra valores entre 23 NTU y 73 NTU lo que confirma lo antes mencionado. Estos valores de turbidez son independientes del color del mosto, y aunque no son representativos proporcionan un punto de referencia. El tiempo de flotación afecta de manera mínima la turbidez, pues finalmente los valores de turbidez son bastante aceptables para cada uno de los tanques flotados. La Figura 10 muestra los valores de turbidez antes y después de la flotación.

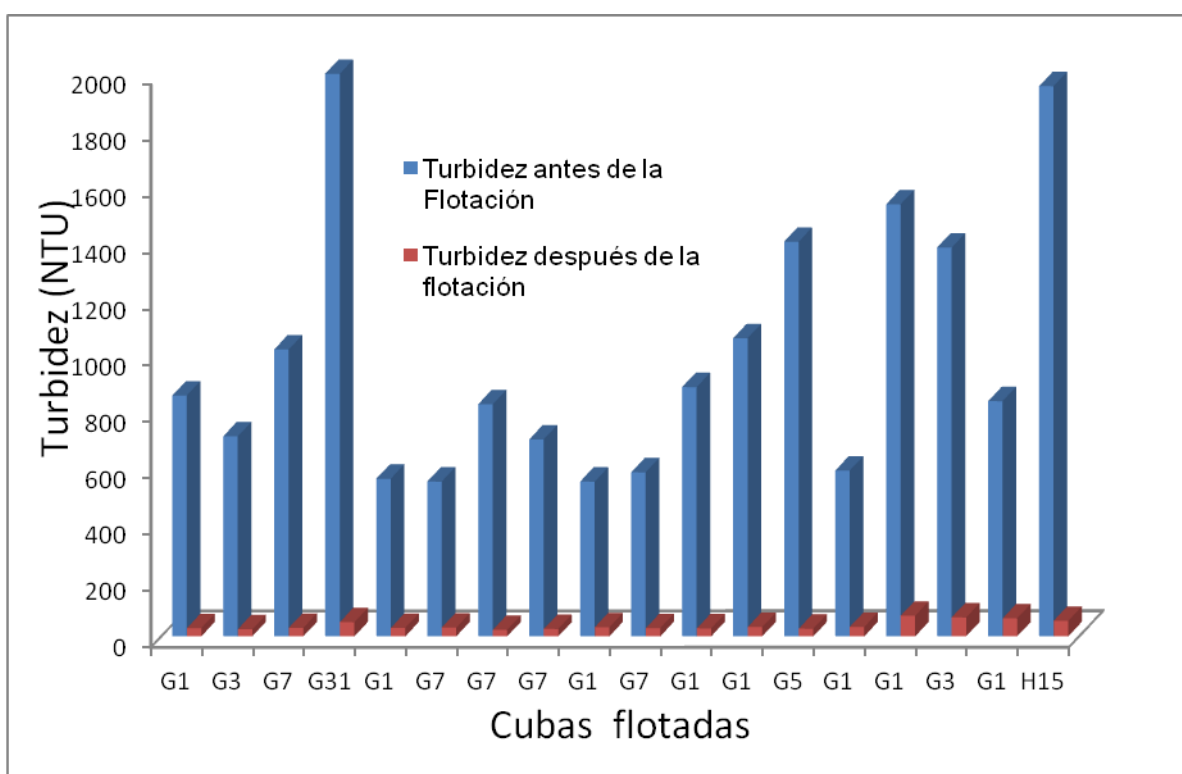


Figura 10: Turbidez antes y después del proceso de flotación.

La turbidez muestra valores relativamente bajos porque el tiempo de residencia del mosto en el flotador fue suficiente para permitir el contacto con las burbujas de N_2 y así favorecer la formación de flóculos que se mueven rápidamente hacia la superficie y hacen más eficiente la limpieza del mosto. De igual manera, el tiempo de residencia en el

flotador permite la acción de los coadyuvantes, gelatina y sol de sílice, y el tiempo de contacto favorece la formación de flóculos en el mosto.

6.1.2. Influencia del volumen flotado

La clarificación de los mostos siempre conlleva la pérdida de volumen al eliminar las partículas suspendidas. Haciendo una relación entre el volumen inicial y el final se encuentra el intervalo de 87 a 95% del mosto inicial, sin importar el tiempo de flotación (Tabla 4).

Tabla 4: Datos de flotación.

Fecha de Flotación	Cuba de flotación	t de espera antes descubado(min)	VC* (hL)	VE** (hL)	Cuba de espera	Cuba de fermentación
09/09/2009	G1	150	108	9	H3	B18
10/09/2009	G1 et G3	150	230	13	H3	A18
10/09/2009	G7	175	131	11	H5	A18
11/09/2009	G31	120	126	42	H15	N3
14/09/2009	G1	180	109	10	H5	B4
14/09/2009	G7	193	135	15	H3	B6
15/09/2009	G7	165	137	15	H5	B22
15/09/2009	G7	156	85	11	H5	B22
15/09/2009	G1	105	103	11	H3	B22
17/09/2009	G7	120	84	9	I5	B6
17/09/2009	G1	110	97	14	I3	A8
17/09/2009	G5	120	32	4	H3	
18/09/2009	G1	120	122	10	H5	A8
21/09/2009	G1	150	97	10	H3	A2
21/09/2009	G3	150	110	5	H3	A2
21/09/2009	G1	135	90	4	H3	A2
23/09/2009	H15	130	48	20	H3	M1

*VC = volumen claro; ** VE = volumen de "espuma"

El tiempo de flotación se ve afectado principalmente por las características del mosto y no por el volumen a flotar. Si se tiene un mosto con mayor cantidad de partículas en suspensión, el proceso será más lento para un mosto con menor cantidad de materia en

suspensión. En la Figura 11 se observa el volumen flotado con respecto al tiempo de flotación, la cuba G1 flotada el 17-sep-2009 muestra el mayor tiempo de flotación de 305 min, para un volumen inicial de 111 hL y turbidez de 1060 NTU y una final de 33 NTU. Por otro lado la cuba G1 flotada el 21-sep-2009, con un volumen inicial de 107 hL, turbidez de 1536 NTU y final de 73 NTU fue flotada en 75 min. El tiempo de flotación es de 230 min menos que la cuba antes mencionada, con valores aproximados de turbidez que permiten observar en los dos casos una buena clarificación.

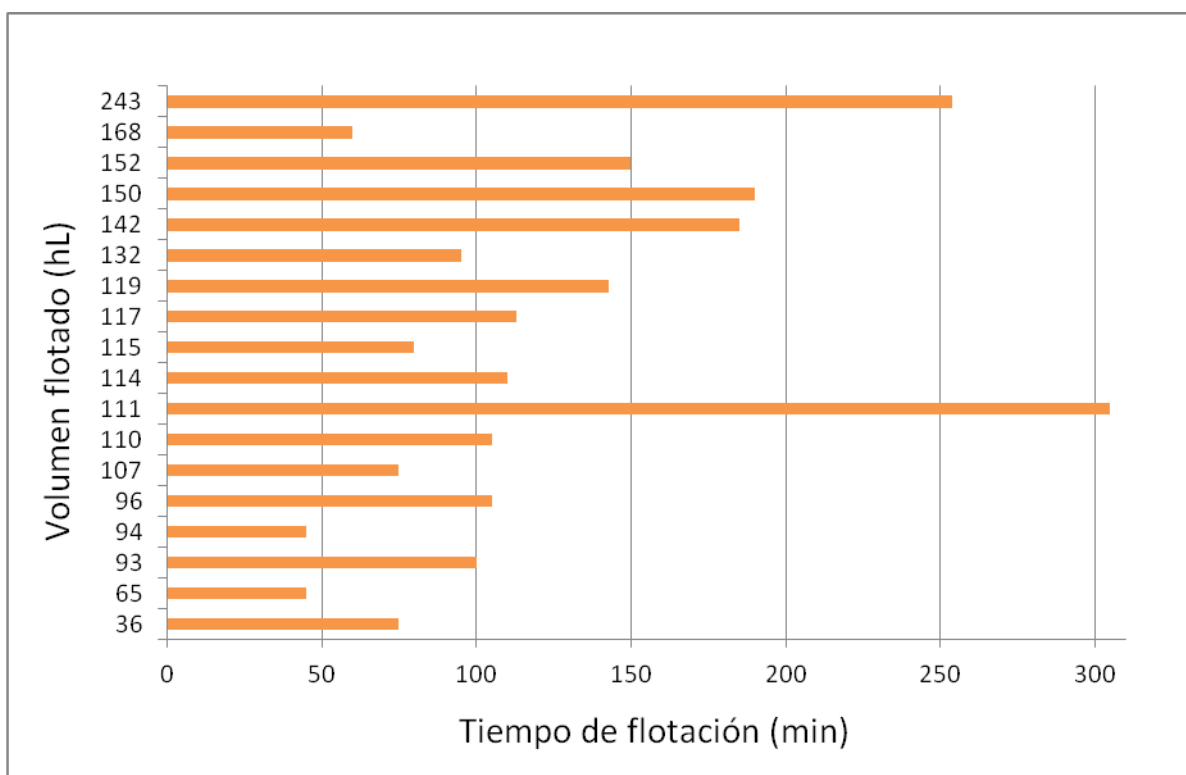


Figura 11: Volumen flotado con respecto al tiempo de flotación.

Para volúmenes iguales y tiempos de flotación diferentes la influencia de la calidad del mosto y del prensado son los dos factores más importantes para un buen desfangado. La Tabla 5 muestra los porcentajes de volumen claro y la Figura 12 los valores de turbidez contra tiempo de flotación. Para tiempos cortos de flotación se obtienen valores de turbidez relativamente grandes comparados con aquellos para tiempos de flotación más largos los cuales producen valores de turbidez menores. Entre 100 y 150 min la turbidez es

prácticamente la misma, sin importar el volumen flotado, es decir, más allá de 150 min la turbidez del mosto no mejora.

Tabla 5: Porcentaje de volumen flotado.

Volumen a flotar (hL)	VC* (hL)	VE** (hL)	Volumen clarificado (%)
117	108	9	92,3
243	230	13	94,7
142	131	11	92,3
168	126	42	75,0
119	109	10	91,6
150	135	15	90,0
152	137	15	90,1
96	85	11	88,5
114	103	11	90,4
93	84	9	90,3
110	100	10	90,9
111	97	14	87,4
36	32	4	88,9
132	122	10	92,4
107	97	10	90,7
115	110	5	95,7
94	90	4	95,7
65	48	20	73,8

*VC = volumen claro; ** VE = volumen de "espuma"

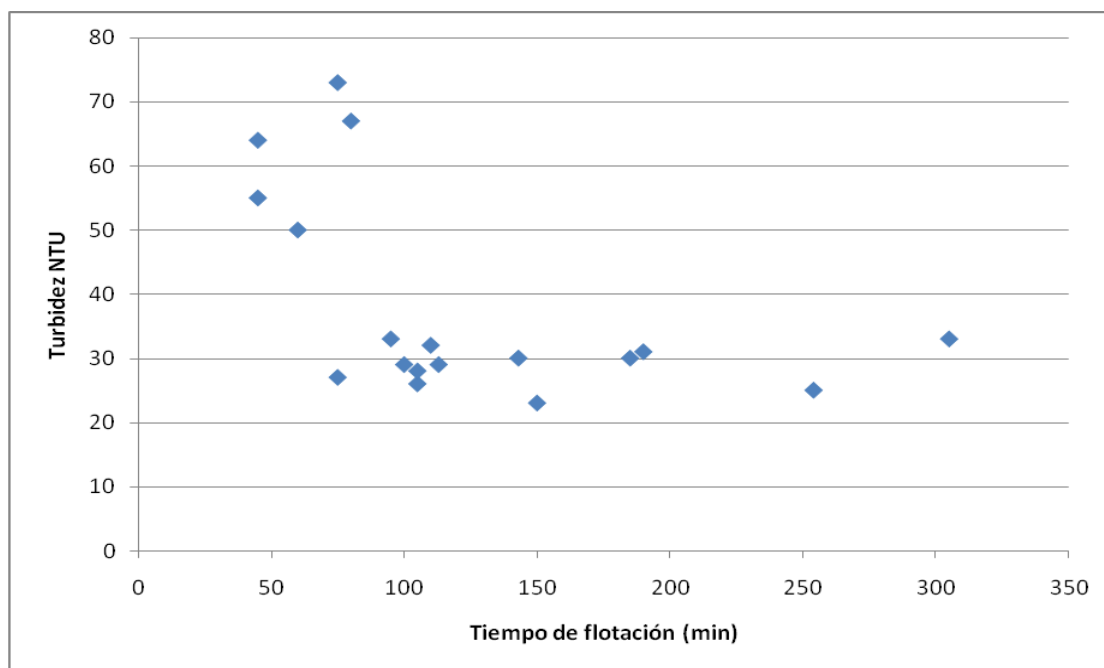


Figura 12: Valores de turbidez dependiendo del tiempo de flotación

En general, la flotación es una técnica innovadora y eficiente porque el desfangado se alcanza en poco tiempo y la cantidad de jugo claro es más importante que en otras técnicas como el desfangado en frío; técnica utilizada en la bodega Cooperativa “Vignerons de Rabastens” para la vinificación en blanco. La flotación puede considerarse como un método interesante de clarificación de mostos, cuando está bien dominada. No obstante, su instalación sigue siendo delicada ya que el buen resultado de la operación depende de numerosos factores así como de la experiencia del operador.³

6.2. Desfangado en frío

Los resultados obtenidos para el desfangado en frío se muestran en la Tabla 6. A diferencia de la técnica de flotación, el tiempo de residencia del mosto en la cuba de desfangado es el mismo, 32 horas, para todas las cubas. La concentración de sulfitos fue de 20 mg/hL. Esta acción de sulfitado fue efectuada para ayudar al desarrollo del desfangado. Otro punto significativo es el volumen de jugo claro. En el caso de la flotación, el rendimiento es más importante que en el desfangado en frío, estos resultados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 6: Valores de desfangado en frío.

Fecha	Desfangado en frío	Volumen mosto (hL)	Cepa	Turbidez antes desfangado (NTU)
03/09/2009	I3	145	Sauvignon	752
04/09/2009	I1	172	Sauvignon	1236
04/09/2009	H5	150	Sauvignon	852
07/09/2009	H3	113	Sauvignon	936
07/09/2009	I5	131	Sauvignon	1110
Turbidez después desfangado (NTU)	Tiempo de desfangado (h)	Volumen de mosto claro (hL)	Volumen fango (hL)	Cuba de fermentación
69	32	125	20	X1
87	32	151	21	X1
92	32	131	19	X1
86	32	97	16	X2
72	32	115	16	X2

En la Figura 13, se observa la diferencia entre la turbidez inicial y la turbidez al final del desfangado en frío. La relación entre el volumen de mosto claro y el volumen al inicio del desfangado muestra que los rendimientos son menores a los obtenidos por flotación. El desfangado en frío toma tiempo en comenzar porque se trata de un desfangado estático. Por el contrario, la flotación es un desfangado dinámico, ayudada por un coadyuvante, lo que permite mayor rapidez de clarificación.

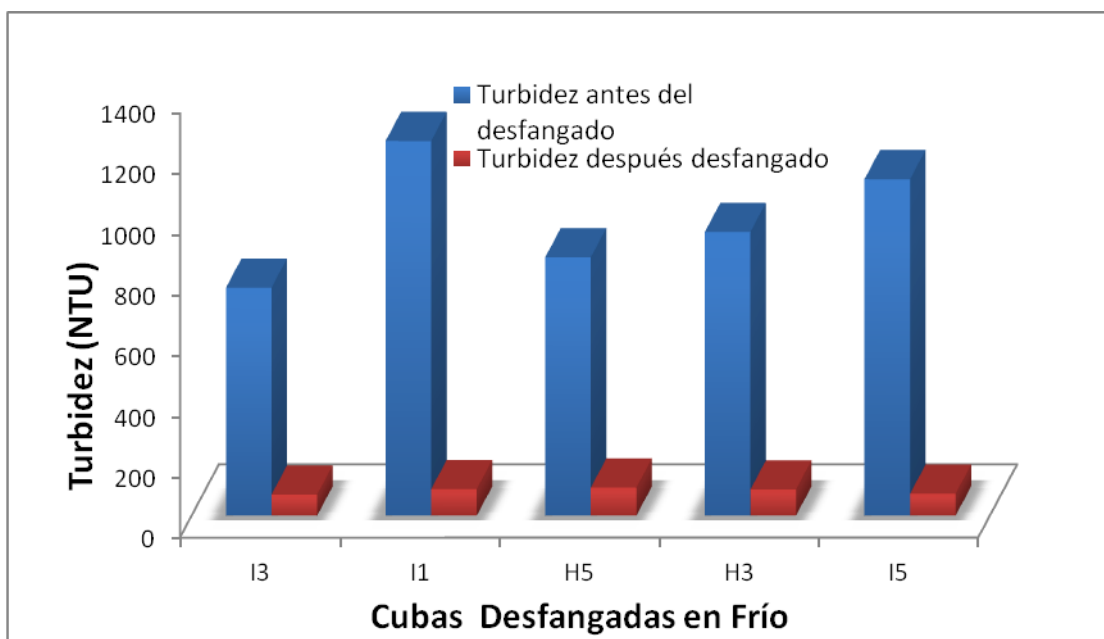


Figura 13: Comparación de turbidez: Desfangado en frío.

La relación entre el volumen claro y el volumen a clarificar se muestra en la Tabla 7, el porcentaje de mosto claro permite visualizar el rendimiento de cada una de las técnicas de desfangado.

Tabla 7: Relación entre volumen claro y volumen a clarificar desfangado.

Volumen de mosto a clarificar (hL)	Volumen de mosto claro (hL)	Mosto clarificado (%)
145	125	86,2
172	151	87,8
150	131	87,3
113	97	85,8
131	115	87,8

6.3. Comparación de las dos técnicas

La Figura 14 muestra los valores de turbidez obtenidos para cada una de las técnicas de clarificación. Los datos más cercanos son los del mosto rosado, lo que significa que la cantidad de partículas en suspensión es mayor comparada con el mosto blanco, la flotación tuvo un tiempo de retención más corto en el flotador. Con base en la diferencia de valores entre el desfangado en frío y la flotación, se puede decir que se trata de dos técnicas aptas para una buena clarificación dado que los valores de desfangado se encuentran en el intervalo de 20 a 250 NTU. Por debajo de estos valores el riesgo de fermentación es muy alto y por se hacen presentes sabores desagradables.^{2, 17}

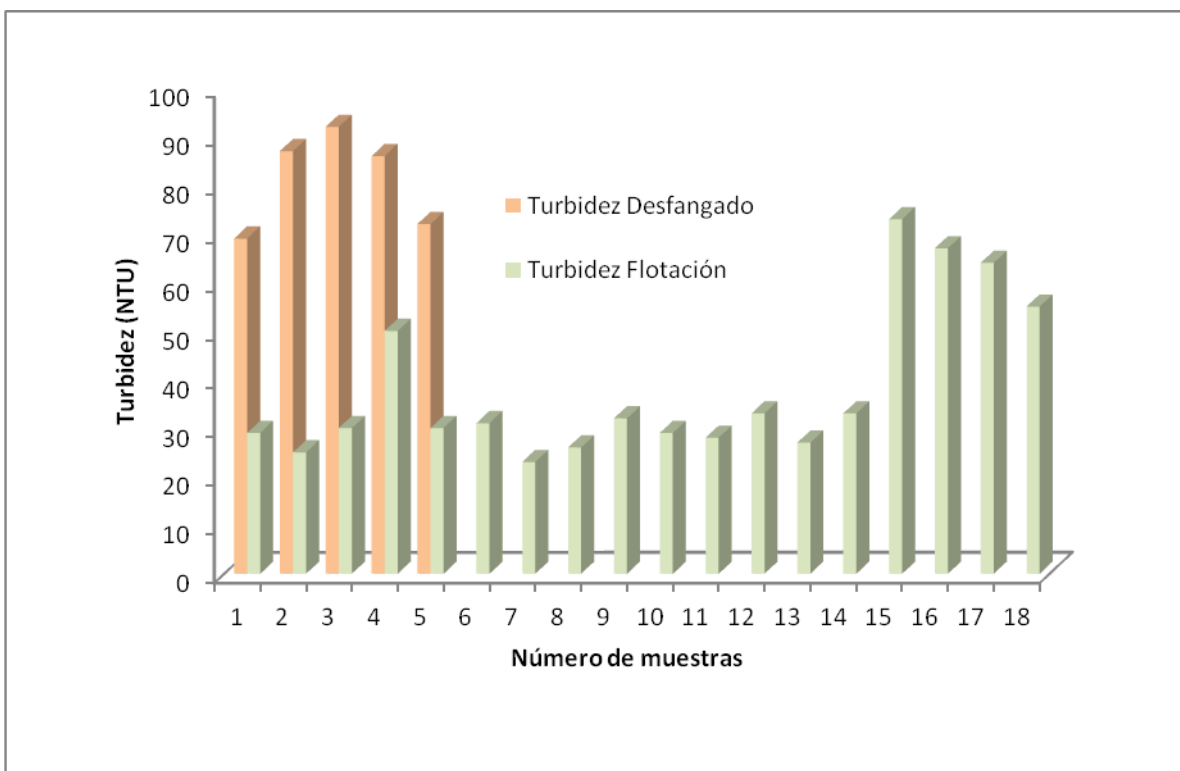


Figura 14: Comparación de métodos de desfangado.

6.4. Filtración por filtro de tambor rotatorio

En la Tabla 8 se muestran los valores de turbidez obtenidos en el filtro de tambor rotatorio. Estos valores son más pequeños que los valores de las otras dos técnicas de clarificación. Una diferencia importante entre las dos técnicas anteriores es que en el

proceso de filtración el desfangado es continuo, a diferencia de la flotación que es una clarificación por lote. Sin embargo, la filtración está expuesta al contacto con el aire, lo que oxidaría los compuestos aromáticos interesantes para la fermentación.

Tabla 8: Valores: filtro de tambor rotatorio.

Fecha	Cuba a flotar	Volumen mosto hL	Color del mosto	Turbidez antes filtración NTU	Turbidez después filtración NTU
24/09/2009	H17	137	DOC Rosado	1235	20
24/09/2009	H21	113	DOC Rosado	1342	23
25/09/2009	G31	150	DOC Rosado	1521	27

En la Tabla 9, se observa el rendimiento en volumen claro del filtrado que es para todos los casos prácticamente 100%, lo que no ocurre con las otras dos técnicas. Se puede decir que la técnica de filtro rotatorio produce los mejores resultados en términos de la cantidad de volumen claro y por lo tanto de turbidez. Por el contrario, el filtro de tambor rotatorio es un equipo complicado de operar, y se tapona fácilmente después de algunas horas de clarificación, sin tomar en cuenta la cantidad de desechos producidos.

Tabla 9: Relación de volúmenes, filtrado.

Fecha	Cuba a filtrar	Volumen de mosto claro (hL)	Volumen lodos (hL)	Cuba de fermentación	Relación volumen claro/inicio
24/09/2009	H17	133	4	M1	97,1
24/09/2009	H21	109	4	M1	96,5
25/09/2009	G31	144	6	M1	96,0

6.5. Comparación de las tres técnicas

La Figura 15 muestra valores de turbidez para las tres técnicas de clarificación. El filtro de tambor rotatorio produce los valores más pequeños de turbidez, seguido por la flotación y finalmente el desfangado en frío el cuál produce los valores más grandes de turbidez. La diferencia entre los valores de turbidez de flotación y del filtro rotatorio son mínimas.

Entonces la debilidad de cada técnica no consiste en su capacidad de clarificar los mostos, sino en otros parámetros a considerar.

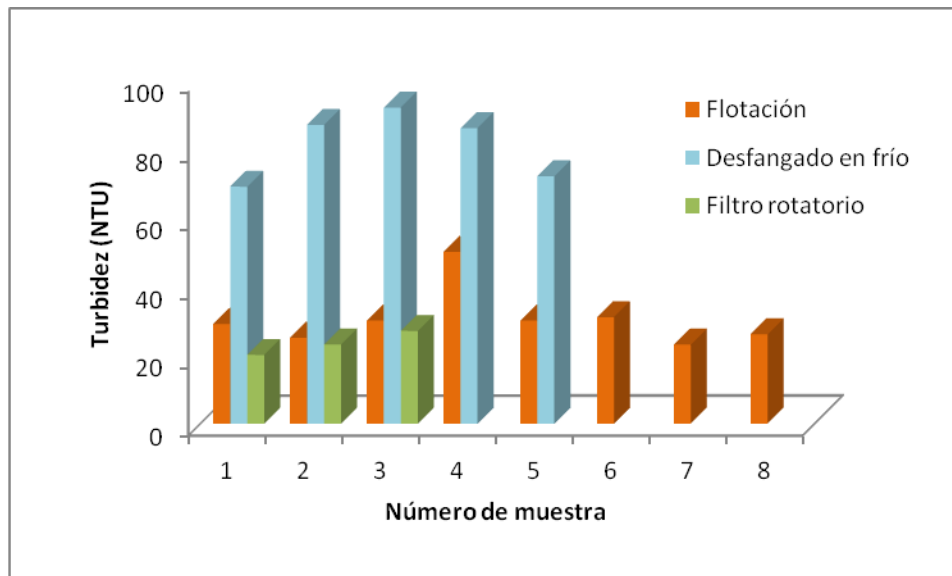


Figura 15: Comparación: Tres técnicas de clarificación

Las tres técnicas producen buenos valores de turbidez, lo que indica que se llevará a cabo una buena fermentación alcohólica, pues hay menos materia sólida que pueda generar olores desagradables en el producto final; el vino. La importancia radica en seleccionar una técnica apta para el proceso de vinificación deseado, tomando en cuenta los siguientes factores:

- Eficiencia del proceso.
- Si es necesario tener más espacios físicos
- Costos de producción e instalación si se trata de un equipo nuevo.
- Facilidad de manejo del equipo.
- Armonía con el medio ambiente.
- Rendimiento de jugo claro deseado.

El éxito de la clarificación de los mostos es esencialmente de la calidad del jugo a desfangar, del tipo de uva, de su estado sanitario y del tipo de prensado utilizado, pues de ello depende la cantidad de partículas suspendidas en el mosto a clarificar.^{7, 13, 16}

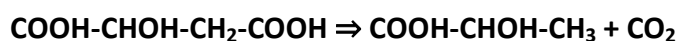
En éste análisis se ha encontrado que los valores de turbidez que es el parámetro que se fija para definir un buen proceso de desfangado, estos se encuentran próximos variando por algunas unidades.

Segunda parte: Fermentación maloláctica

7. Fermentación maloláctica

La conversión del mosto de uva en vino es un complejo proceso bioquímico que implica interacciones entre levaduras y bacterias acéticas y lácticas. Estos microorganismos ya están presentes en el mosto y se seleccionan aquellos que son más competitivos en cada fase de la vinificación. Descubierta en los años 60, la fermentación maloláctica (FML) estaba considerada como una enfermedad del vino. En efecto, esta fermentación no se inicia sistemáticamente como la fermentación alcohólica, sino que es provocada por las bacterias que transforman el ácido málico en ácido láctico el cuál es más agradable al paladar, y gas carbónico (CO₂). Esta fermentación puede comenzar algunos días después de la fermentación alcohólica, pero generalmente, en los dos meses siguientes.⁸

La FML pasó desapercibida por largo tiempo. Fue observada por primera vez en Suiza y Alemania; el microscopio reveló un aumento de la actividad bacteriana, así como de la acidez volátil. La disminución de la acidez fue atribuida a la precipitación de tartrato. La FML parecía degradar al vino y se intentaba a cualquier precio evitarla. Pasteur decía: “las levaduras hacen el vino y las bacterias lo destruyen”. La ecuación química de transformación de ácido málico en ácido láctico establecida por Seifert en 1901 es:^{15, 17}



El proceso de vinificación puede implicar dos etapas principales, la fermentación alcohólica conducida por *Saccharomyces cerevisiae*, ocasionalmente seguida por la fermentación maloláctica llevada a cabo por bacterias lácticas, principalmente *Ænococcus œni*. Esta fermentación secundaria implica la decarboxilación enzimática del ácido málico en ácido láctico y dióxido de carbono, además de disminuir la acidez total, la FML puede incrementar la estabilidad microbiológica y mejorar el sabor y aroma del vino. Sin embargo, este proceso es todavía difícil de controlar debido a los diferentes factores que pueden afectar el crecimiento y actividad de las bacterias lácticas.¹⁶

La FML interviene al finalizar la fermentación alcohólica, una vez que todo el azúcar fue consumido por las levaduras, permitiendo conservar una calidad del vino constante de un año a otro, las bacterias disminuyen la acidez los años en los que la uva tuvo dificultad para llegar a la madurez. El consumo de 1 g/L de ácido málico hace caer la acidez total en 0.4 g/L_{H₂SO₄}.

Esta fermentación lleva generalmente dos aromas lácticos como la mantequilla. En efecto, entre todos los productos secundarios formados por la FML, hay el diacetilo que en pequeñas dosis enriquece la paleta de aromas del vino con un olor a mantequilla más bien agradable. Pero más allá de 4 mg/L el olor comienza a ser dominante y desagradable, recordando a la mantequilla rancia.⁶ Los beneficios de esta fermentación son: desacidificación natural, disminución de la astringencia y reforzamiento del color de los vinos. Aparecen nuevos aromas y otros, como los aromas primarios de la uva se atenúan. La FML permite también estabilizar el vino que estará menos expuesto a alteraciones de origen microbiano, incluyendo las levaduras. En la mayoría de los vinos blancos, se debe preservar una cierta acidez, así como aromas frutales. Para estos vinos, se impide el inicio de la fermentación maloláctica adicionando sulfitos al finalizar la fermentación alcohólica. La FML en los vinos blancos se busca en zonas septentrionales. Ciertas cepas como el Chardonnay realzan sus sabores dándole más valor a esta cepa, otra como el Sauvignon blanco rica en aromas variedad es transformada completamente.^{15, 16} La FML se impone por el conjunto de vinos tintos porque le da ligereza, redondeo y estabilidad microbiana. Esta fermentación en los vinos rosados es muy cuestionada, pues al llevarse a cabo el color cambia de palo de rosa a anaranjado tenue, menos aromáticos y menos apreciados en general.^{6, 22}

Una vez terminada la FML, las bacterias pueden consumir el ácido tartárico, glicerol, o las pentosas y hacer aparecer defectos en el vino. Se puede evitar eliminando las bacterias lácticas por calentamiento, sulfitado, filtración, adición de lisosomas o ácido fumárico.

Aporte de la FML:

- Desacidificación natural: la FML transforma el ácido málico en un ácido más agradable, el ácido láctico que atenúa la astringencia del vino y refuerza el color del vino tinto.

- Modificación aromática: aparecen nuevos aromas, los aromas primarios inherentes a la uva y los secundarios producidos por la fermentación alcohólica disminuyen.
- Estabilidad biológica: al finalizar la FML, el vino está menos expuesto a otros ataques bacterianos, o de levaduras que alterarían sus características organolépticas.
- Estos beneficios son solo aprovechados por ciertos vinos: se inhibe el inicio de la FML a un gran número de vinos blancos (los vinos blancos deben preservar una cierta acidez, soporte de su frescura, y conservar sus aromas primarios y secundarios) adicionando azufre después de la fermentación alcohólica.^{6, 18}

La FML no es un proceso fácil de controlar, incluso si todas las condiciones son favorables, e.g. temperatura aproximadamente entre 17 y 20 °C, pH entre 3.0 y 3.6. Al final de la FML se sulfita el vino para evitar todo desarrollo de bacterias y levaduras indeseables y protegerlo de la oxidación. Estudios de los efectos individuales o sinérgicos de diferentes factores fisicoquímicos sobre la FML indican que la inhibición de esta fermentación se correlaciona con la alta concentración de etanol, bajo pH, temperatura, falta de nutrientes, y metabólicos inhibidores producidos por las levaduras como SO₂, ácidos grasos de cadena media y proteínas o péptidos antibacterianos.^{16, 18}

7.1. Bacterias lácticas

Las bacterias lácticas responsables de la FML están presentes en el mosto de manera naturalmente. Durante toda la fermentación alcohólica, las levaduras responsables de la degradación de azúcares, aportan azufre al medio, inhibiendo la acción de las bacterias lácticas, para eliminar las cepas de levaduras indeseables. Si las bacterias lácticas se desarrollan en presencia de azúcar, forman ácidos volátiles en exceso. Al término de la fermentación alcohólica, las levaduras mueren y las bacterias lácticas pueden desarrollarse; se multiplican, consumiendo el ácido málico y expulsando ácido láctico.⁸ Las bacterias lácticas están presentes en el mosto de la uva y en el vino. Según el estado de elaboración del vino, las condiciones del medio permiten o no su multiplicación. Mientras se desarrollan metabolizan numerosas sustancias. Las bacterias lácticas toman parte de manera importante en la transformación del mosto en vino. Su incidencia sobre la calidad

del vino depende de factores ambientales reaccionando a nivel celular, pero también seleccionan especies y cepas las más adaptadas al medio. La organización celular de estas cepas es parecida, pero en el plano fisiológico, difieren entre sí, lo que les da una especificidad más o menos grande en el impacto de la calidad del vino. Sus características morfológicas, genéticas y bioquímicas permiten establecer su clasificación.¹⁸ La estructura de todas las bacterias es muy similar. Puede estar dividida en tres elementos principales:

La envoltura celular, que comprende la pared y membrana. La célula está delimitada por la membrana citoplásmica doble en dirección al exterior de la pared. Entre pared y membrana, el espacio periplasmático es un gel con más concentración de ácido málico-ácido láctico o menos fluido donde se desplazan las proteínas, los otros dos elementos son: el citoplasma y el núcleo. Las bacterias son células procariotes, en las cuales la organización es muy simple. Se distinguen de los eucariotes (levaduras), por su tamaño pequeño y ausencia de membrana nuclear. Al observarlas en el microscopio no se puede distinguir las bacterias tan diferentes en realidad que *Escherichia coli* y *Ænococcus œni* (nueva denominación de *Leuconostoc oenos*; *Æ. œni* reemplaza *L. œnos*).¹⁵ Las bacterias lácticas de mostos y de vinos pertenecen al género *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Ænococcus* y *Peiococcus*. Su morfología, es de conos o bastones, su clasificación hace intervenir el carácter homofermentativo o heterofermentativo. Las bacterias homofermentativas producen 85% de ácido láctico a partir de glucosa. Las heterofermentativas producen además del ácido láctico gas carbónico, etanol y ácido acético.^{2, 15, 17}

7.1.1. *Ænococcus œni*

Ænococcus œni forma parte de la familia de bacterias lácticas (Fig. 9) y es uno de los microorganismos más meticulosos. Es un organismo heterofermentativo, poco eficiente para metabolizar los azúcares. Debido a esto su desarrollo en el mosto no comienza sino hasta el final de la fermentación alcohólica, esta bacteria láctica fue separada de la taxonomía de los grupos de *Leuconostoc* en 1995. *Æ. œni* se distingue de la especie *Leuconostoc* por ser capaz de desarrollarse a altos niveles de concentración de etanol. Cuando el pH disminuye, el rendimiento del metabolismo de azúcares disminuye,

utilizando principalmente el de los ácidos orgánicos para producir energía. La actividad de conversión maloláctica de *C. oeni* transforma el ácido málico en ácido láctico así como el gas carbónico, proporcionando energía a la célula.



Figura 16: Fotografía: Bacteria láctica. ** (p. 65)

La producción de energía a partir de ácido málico requiere la totalidad de la pared celular, la membrana celular es destruida para la mayoría de las bacterias lácticas, por la concentración de alcohol y el pH del vino. *C. oeni* es capaz de mantener un gradiente de pH importante a través de su pared celular, notablemente a pH bajos, inferiores a 3, produciendo trifosfato de adenosina (ATP) a partir de ácido málico. Las bacterias lácticas completan la FML más rápidamente en el medio sin fermentar en relación con los caldos fermentados por la levadura. Sin embargo, se observa un incremento de la velocidad específica de utilización del ácido orgánico por *C. oeni* inoculado en los medios fermentados por *S. cerevisiae*. Este comportamiento podría estar relacionado con un incremento en la permeabilidad de la membrana de *C. oeni*. Se ha observado que la inhibición de su crecimiento debido a interacciones con *S. cerevisiae* no necesariamente inhibe la FML. Se ha encontrado que algunas cepas de *S. cerevisiae* incrementan la cinética de degradación de ácido málico por *C. oeni* aun cuando son capaces de ejercer efecto inhibitorio sobre el crecimiento de la bacteria. Cada cepa de *C. oeni* muestra una tolerancia específica al pH, exigiendo una cantidad importante de aminoácidos, ácidos

aminos libres, o ligados en su forma de peptinas.^{6, 18} Varias vías de catabolismo pueden también aportar energía a la célula. *C. œni* parece ser más eficaz utilizando aminoácidos libres, comparada con las otras bacterias lácticas. Las proteínas y las grandes fracciones peptídicas son fuentes pobres de energía, el ácido málico y el cítrico modifican la dependencia de las células en aminoácidos. Uno de los puntos más importantes de búsqueda del metabolismo de aminoácidos en *C. œni* fue el catabolismo de la arginina y la formación de biógenos. La importancia de estas últimas reside en su toxicidad y su presencia en el vino. La arginina es utilizada en el catabolismo para casi todas las cepas de *C. œni*. Las aminas biógenas son un grupo de compuestos que pueden tener efectos sobre la salud humana, estas pueden provocar reacciones alérgicas.⁶

Las cepas de levaduras *S. saccharomyces* ejercen mayoritariamente efecto antagónico sobre el crecimiento de las bacterias lácticas, sin embargo, hay cepas que estimulan el crecimiento de *C. œni*. Se destaca la importancia de examinar las interacciones que se establecen entre levaduras y bacterias lácticas implicadas en vinificación para controlar la FML y evitar el deterioro bacteriano del producto fermentado.¹⁴ En *C. œni* la toxicidad del etanol se asocia con el aumento de la permeabilidad de la membrana celular debido a modificaciones en la composición lipídica, este aumento supone el transporte pasivo de protones hacia el interior de la célula provocando una acidificación del medio interno, además de pérdida de material intracelular. Así pues, los mecanismos que contribuyen a la respuesta al pH ácido estarían también relacionados con la tolerancia al etanol.¹⁵

Las células nacientes en presencia de etanol presentan adaptación a este estrés y pueden disminuir la permeabilidad celular manteniendo la integridad de la membrana. Las células adaptada al etanol presentan cambios de composición, aumentando los ácidos grasos insaturados y disminuyendo la cantidad total de lípidos celulares con lo cuál puede disminuir la fluidez de la membrana y por tanto su permeabilidad. En cuanto a la variación de la composición en lípidos la membrana de *œnococcus* en presencia de etanol, uno de los efectos que se ha comprobado es el aumento de ácido lactobacílico.

La elección de la cepa de levadura a utilizar para la fermentación alcohólica es un factor determinante para el desarrollo de la FML. Las levaduras han sido caracterizadas de

acuerdo a su producción de SO_2 , a sus necesidades de nitrógeno y a los resultados de los numerosos ensayos efectuados en bodega con el fin de clasificar según una escala de compatibilidad con la FML. La nutrición de las levaduras y bacterias es también un parámetro esencial para el buen desarrollo de las fermentaciones. Durante los periodos de crecimiento las bacterias utilizan los sustratos del vino para su desarrollo, estos sustratos dan lugar a productos finales que pueden modificar las características organolépticas del vino. De todas las actividades metabólicas que pueden llevar a cabo las bacterias lácticas la única deseable es la FML, benéfica por eliminar la excesiva acidez del vino, el resto de las actividades conducen a alteraciones del vino no deseadas.¹⁶

8. Resultados y discusión FML

8.1. Estudio de los procesos de fermentación

Los procedimientos de fermentación de la bodega de Rabastens para los mostos tintos son dos, expansión “flash” y termovinificación.

8.1.1. Termovinificación

La Tabla 10 muestra el seguimiento de la FML durante su desarrollo, en la que se lleva a cabo el proceso de fermentación con la técnica de termovinificación, la información relevante de esta cuba es la disminución de la concentración de los ácidos totales, el aumento del pH y la acidez volátil.

Tabla 10: Seguimiento de la FML: Termovinificación.

Fecha	Ácido málico (g/L)	Ácido láctico (g/L)	T (°C)	T.A.V.	A.T.	pH	A.V.	Glu + Fru	SO _{2L}	SO _{2T}
30-sept	1,9	0,3		10,42	4,15	3,5	0,1	18,2		
01-oct	2	0,4		12,01	3,48	3,56	0,12	1,5	24	73
02-oct	1,8	0,5	18,5	12,08	3,31	3,59	0,13	0	26	69
02-oct	1,9	0,4		12,12	3,29	3,58	0,11	0,2	27	76
03-oct	1,8	0,4		12,01	3,38	3,55	0,11	0,2	23	68
05-oct	1,8	0,5		12,09	3,37	3,59	0,08	0,2	25	69
06-oct	1,7	0,6		12,1	3,45	3,61	0,11	0		
07-oct	1,7	0,7		12,13	3,52	3,59	0,17	0,5		
08-oct	1,7	0,6	25	12,07	3,55	3,6	0,23	0		
09-oct	1,3	0,7		12,21	3,15	3,62	0,13	0		
12-oct	1	0,9		12,18	3,17	3,61	0,13	0		
13-oct	0,6	1,2		12,26	3,01	3,61	0,16	0		

Fecha	Ácido málico (g/L)	Ácido láctico (g/L)	T (°C)	T.A.V.	A.T.	pH	A.V.	Glu + Fru	SO _{2L}	SO _{2T}
14-oct	0,1	1,2		12,25	2,93	3,62	0,13	0	26	67
15-oct	0	1,4		12,24	2,65	3,64	0,18	0	22	67
15-oct	0	1,4		12,25	2,68	3,65	0,16	0	25	70
16-oct	0	1,2		12,29	2,61	3,66	0,13	0	24	60

SO_{2L}: Anhídrido sulfuroso libre SO_{2T}: Anhídrido sulfuroso total

En el momento en que las bacterias lácticas son activadas la FML termina rápidamente. Para tener la total certeza de que el ácido málico se transformó totalmente en ácido láctico, se hace una cromatografía en papel, que confirma la ausencia de ácido málico. En seguida el vino es descubado y sulfitado para evitar una reproducción microbiana.

La Figura 17 muestra los resultados de esta cuba. Se observa la disminución de la concentración de ácido málico y el aumento de la del ácido láctico. Asimismo, se alcanza una cierta concentración como producto de la transformación total del ácido málico que se realiza en un tiempo muy corto.

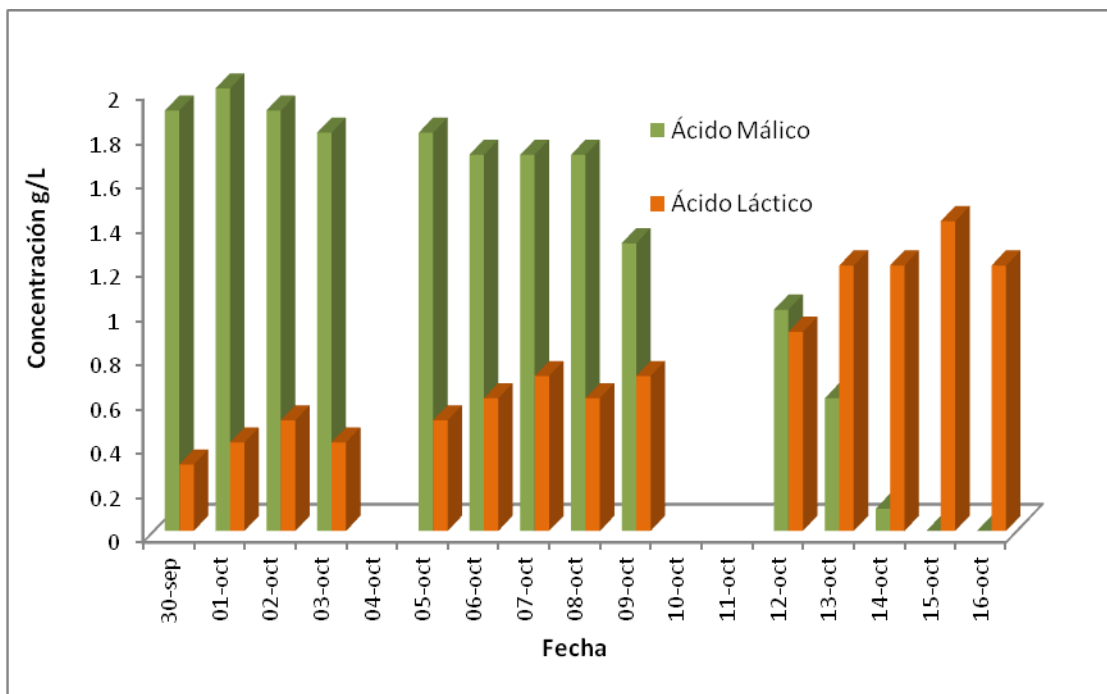


Figura 17: Concentración ácido málico y ácido láctico: Termovinificación

8.1.2. Expansión “flash”

En este caso la cuba analizada fue sometida al proceso de fermentación por expansión “flash”. Los valores obtenidos se encuentran en la Tabla 11. Estos son similares a los obtenidos en termovinificación, con la disminución de la concentración de la acidez total, el aumento de pH y de la acidez volátil. En esta cuba la adición de O₂, para realizar la microoxigenación, muestra tiempos diferentes para la FML llevándose a cabo en un periodo más corto con la técnica de expansión “flash”. La FML de la cuba 11, termovinificación, tomó 17 días en ocurrir, y la cuba F-13 tan solo 13 días. La Figura 18 muestra el desarrollo de la FML para la cuba F-13. La concentración de ácido láctico es constante durante un cierto tiempo, alcanzándose la concentración final en un tiempo corto.

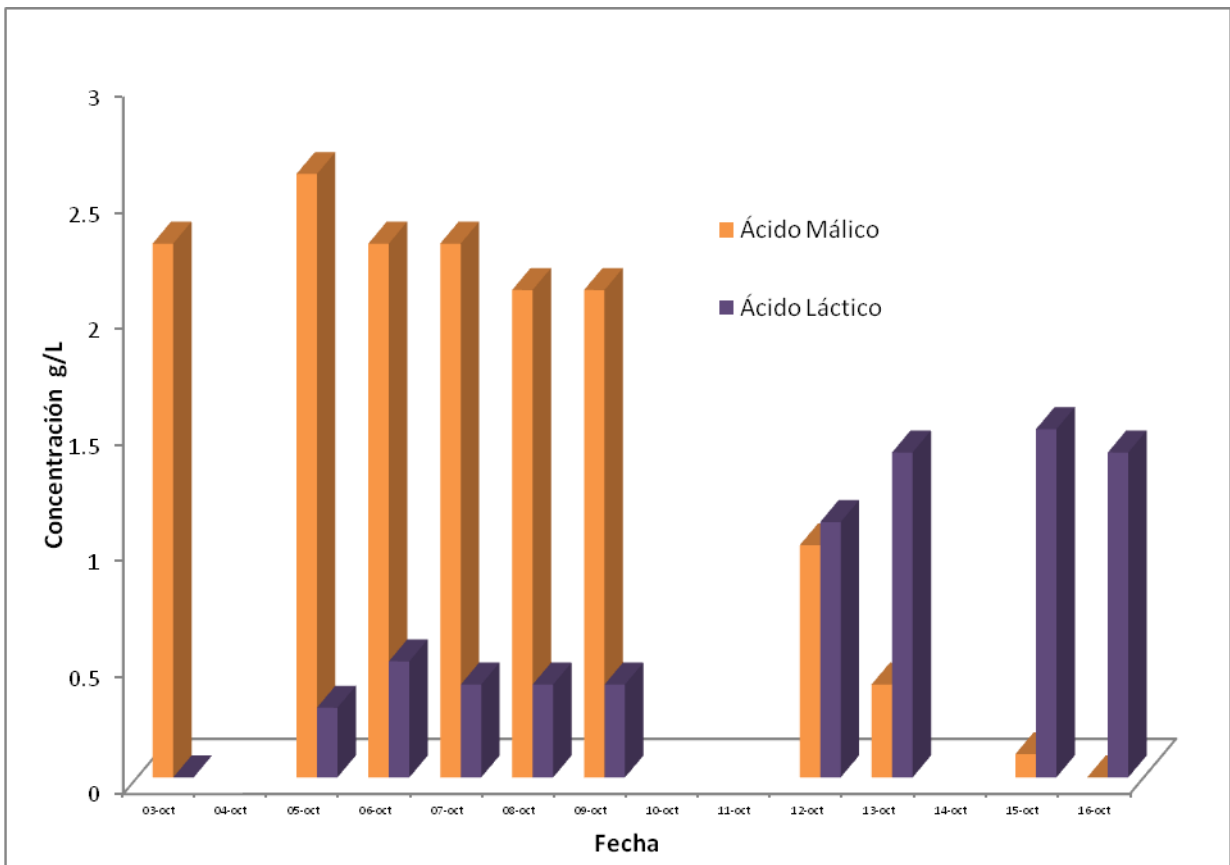


Figura 18: Concentración de ácido málico y láctico: Expansión “flash”

Tabla 11: Seguimiento de la FML: Expansión "flash".

Fecha	Ácido málico (g/L)	Ácido láctico (g/L)	T°C	O ₂ Disuelto	T.A.V.	A.T.	pH	A.V.	SO ₂ L	SO ₂ T
03-oct	2,3	0			10,41	4,8	3,45	0,08		
05-oct	2,6	0,3			10,44	4,8	3,5	0,11		
06-oct	2,3	0,5			10,45	4,75	3,47	0,08	11	26
07-oct	2,3	0,4	19,8	0,27	10,41	4,75	3,46	0,11		
08-oct	2,1	0,4	19,8	0,23	10,49	4,74	3,49	0,07	11	23
09-oct	2,1	0,4	19,4	0,23	10,43	4,66	3,47	0,07		
12-oct	1	1,1	19,4	0,27	10,53	4,2	3,54	0,1		
13-oct	0,4	1,4			10,45	3,9	3,54	0,06	11	23
15-oct	0,1	1,5			10,48	3,89	3,56	0,15	11	21
16-oct	0	1,4			10,53	3,74	3,54	0,14	7	22

SO_{2L}: Anhídrido sulfuroso libre SO_{2T}: Anhídrido sulfuroso total

8.1.3. Comparación de las dos técnicas

La Figura 19 muestra una comparación entre la acidez total y la concentración del ácido láctico para las dos cubas. Se observa la disminución de la concentración de acidez total, que sigue a la formación de ácido láctico. Comparando las dos técnicas, la FML termina 3 días antes en la expansión "flash". Esto se puede explicar, ya que el proceso de prefermentación de termovinificación es sometido a un cambio brusco de temperatura, lo que provoca la muerte de gran parte de la flora microbiana que se encuentra en el mosto, tomando en cuenta que la presencia de las levaduras y el alto contenido de alcohol, impiden el crecimiento de las bacterias lácticas, siendo este un factor limitante. Del mismo modo ocurre con la acidez total, ésta disminuye en ambas técnicas pero en la termovinificación los valores iniciales de la acidez total fueron menores. Otro punto importante es que la acidez total disminuye con la descomposición de ácido málico transformándose en ácido láctico pues éste es un ácido más débil, considerando que las

bacterias lácticas pueden atacar a otros ácidos presentes en el vino, como el ácido cítrico. Sin embargo, esto no ha sido corroborado, y es por eso que es muy importante tomar las medidas necesarias para el buen desarrollo de esta fermentación.

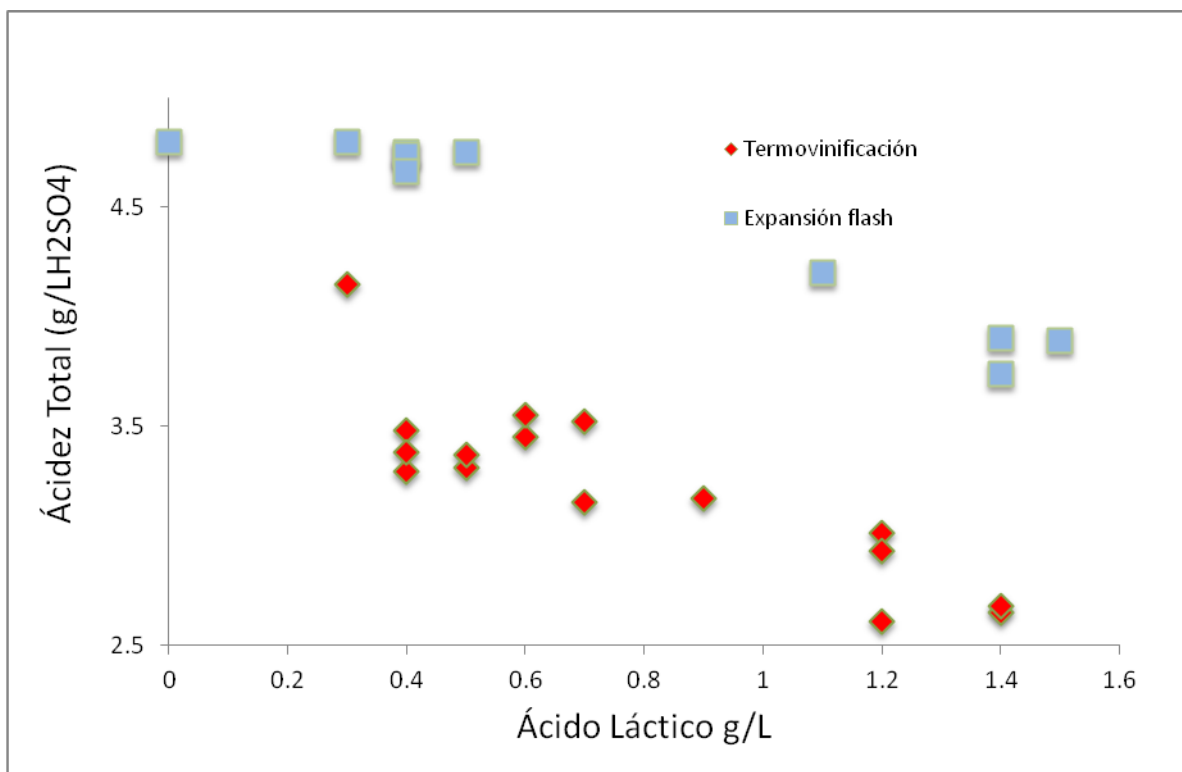


Figura 19: Acidez total contra concentración de ácido láctico.

El crecimiento y la actividad de las bacterias lácticas dependen principalmente la concentración de etanol en el medio, el pH, la presencia de levaduras y los nutrientes. Si la concentración de etanol es alta, la membrana de las bacterias lácticas está sujeta a estrés debido a su sensibilidad ante el medio. Entonces para poder llevar a cabo la FML, las bacterias lácticas necesitan un tiempo de adaptación. Cuando este tiempo ha transcurrido la transformación de ácido málico en ácido láctico es casi inmediata. Esta adaptación depende del tipo de proceso de prefermentación utilizado, si fue la termovinificación la adaptación será más lenta debido al cambio de temperatura que afectará a la flora microbiana. Por otro lado, la falta de nutrientes será un factor limitante para su crecimiento. La FML transcurrió ligeramente más rápido en el proceso de prefermentación

por expansión “flash”. Esto se puede explicar ya que la vendimia sufre un cambio de presión instantánea, afectando solamente a la uva, sin afectar a la flora microbiana.^{15, 16}

9. Conclusiones

9.1. Clarificación

La comparación de las 3 técnicas de flotación mostró que los rendimientos en volumen claro son mayores en la filtración al vacío; 97%, en el desfangado en frío 87% y en la flotación 95%. La flotación y la filtración al vacío presentan valores similares.

En el mosto claro la filtración produjo los resultados más bajos en turbidez, seguida de la flotación y el desfangado en frío. Si solo se tomaran en cuenta estos valores para determinar cuál de las tres técnicas es la más adecuada, sería la filtración al vacío. Sin embargo, hay que tomar en cuenta otros parámetros, que es importante considerar durante el periodo de vendimia, no se dispone siempre de suficiente personal así como equipo. Al mismo tiempo los tanques o cubas representan un factor limitante para responder a las exigencias de regulación de temperatura para la clarificación de los mostos por desfangado en frío. El objetivo es usar sistemas de clarificación que permitan mantener una elevada productividad acoplada con una alta calidad del jugo, tomando en cuenta la exposición del mosto al aire, la facilidad para operar el equipo, el tiempo de operación (horas/hombre), armonía con el medio ambiente, costos de producción e instalación de equipo nuevo.

Los factores que influyen en la calidad de la clarificación son: la variedad de la uva, el grado de madurez de la vendimia, el estado sanitario de la vendimia, el tratamiento mecánico de extracción del jugo de uva.

Si se toman en cuenta estos factores el filtro de tambor rotatorio al vacío es difícil de operar ya que se requiere de una persona calificada, el equipo se tapa constantemente si la tierra de filtración no está bien hidratada, hay una gran cantidad de desechos indeseables, el jugo está expuesto al contacto con el aire oxidando los compuestos aromáticos deseados.

Por el contrario la flotación es una técnica relativamente nueva, es eficiente en la separación sólido-líquido, se realiza sin ningún contacto con el aire, no hay desechos al medio ambiente, el rendimiento de jugo claro es equivalente a los otros métodos de clarificación, elimina los pesticidas, se liberan tanques de almacenamiento

Los beneficios de la flotación son la eliminación de partículas vegetales, menor concentración de poli fenoles, menor concentración de enzimas catalizadoras de reacciones oxidativas, menor cantidad de materia mineral (Fe), más esteroides, más aromas florales y frutales, reducción de la flora microbiana, disminución de la fermentación espontánea y la eliminación de aromas indeseables.

La flotación en enología es una técnica relativamente nueva que permite clarificar rápidamente los mostos de uva blanca, con un tiempo de contacto relativamente corto comparado con el desfangado en frío. Puede aplicarse a mostos que contienen mayor materia en suspensión como los mostos destinados al vino rosado, así como los jugos de prensa.

9.2 Fermentación maloláctica

La FML es la transformación de ácido málico en ácido láctico efectuada por las bacterias lácticas que se encuentran de forma natural en la uva o inoculadas, el interés de esta fermentación es disminuir la acidez total, así como aumentar la paleta organoléptica, i.e. nuevos aromas y sabores. Este organismo comienza a desarrollarse al finalizar la fermentación alcohólica, ya que sus funciones son inhibidas por la presencia de las levaduras y la concentración de alcohol en el medio.

Los resultados obtenidos del seguimiento de la FML muestran la disminución de la acidez total, que es el objetivo de esta fermentación. Se observó que los procesos de prefermentación del mosto no influyen de manera determinante en la actividad de las bacterias lácticas, sino en la adaptación al medio no favorable para su desarrollo, durante este periodo de adaptación las bacterias lácticas produjeron ácido láctico, y cuando las bacterias se adaptaron por completo la FML terminó en muy poco tiempo.

La expansión "flash" terminó la FML 3 días antes que la termovinificación, esto es porque el mosto sufre en la termovinificación es calentado instantáneo a una temperatura de 70 C lo que provoca una disminución de la flora microbiana, combinándose con la adaptación de las bacterias lácticas.

Los beneficios de la FML son: una desacidificación natural, aportación de nuevos aromas, estabilidad biológica y estabilidad en el color.

10. Glosario de términos enológicos

Acidez total (A.T.): Es la suma de la concentración de los ácidos titulables, tartárico, málico, cítrico, cuando se lleva al vino a pH 7.

Acidez volátil (A.V.): Es el conjunto de ácidos grasos de la serie acética que se encuentran en el vino, principalmente el ácido acético y en menor concentración los ácidos fórmico, propiónico y butírico, disociados o no, ya sea en su estado libre o combinados en forma de sales.

Burbas: Conjunto de materia sólida contenida en el mosto como: piel, semilla, hojas, entre otros.

Desfangado: Proceso de eliminación de material sólido de los mostos de frutas.

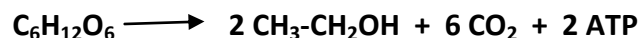
Descube: Operación que consiste en la separación del vino fermentado o en proceso de fermentación de sus hollejos.

DOC: Denominación de Origen controlado, es la denominación de un país, de una región o de una localidad que sirve para designar un producto que es originario y en donde la calidad y las características se deben al medio geográfico, comprendiendo los factores naturales y los humanos, así mismo garantiza que el producto esté ligado a una tipicidad al terruño.

Estado sanitario de la vendimia: Es el porcentaje de hongos que se desarrollaron en la uva durante su maduración.

Expansión “flash”: Proceso que permite la extracción casi instantánea del color y los taninos, la temperatura de la vendimia se aumenta hasta 90 °C, por 4 o 6 min, con vapor de agua. La temperatura desciende inmediatamente hasta 30-32 °C por aplicación de vacío (40 – 70 hPa). La caída brusca de la presión y la formación de vapor, provocan la explosión y la liberación de compuestos fenólicos.⁷

Fermentación alcohólica: Proceso bioquímico de transformación del azúcar en alcohol etílico a lo largo de una serie de reacciones en cadena catalizadas por las enzimas contenidas en el citoplasma de las levaduras.



Jugo de gota: Jugo de la uva que más maduro que cae por gravedad.

Lodos: Sedimentos que contienen las impurezas y residuos de la vendimia.

SO₂: Compuesto químico de olor muy desagradable que tiene propiedades que favorecen una buena vinificación. Se puede encontrar libre o combinado, el pH tiene una influencia importante; si aumenta hay menor anhídrido sulfuroso libre, que es el disponible para proteger a los compuestos aromáticos.¹⁴

Sulfitado: Práctica que consiste en aplicar anhídrido sulfuroso a los mostos.

Termovinificación: Proceso que permite extraer el color y los taninos de la uva roja, calentando la vendimia durante algunas horas a 70-90 °C para extraer los compuestos fenólicos y las antocianinas responsables del color del vino tinto.

Terruño (Terroir): Es la combinación geológica y climática con el saber hacer del hombre que da a un producto una tipicidad.

T.A.V. (Titre Alcoométrique Volumique): Unidad que expresa la concentración de alcohol (% alcohol etílico/L).

Vendimia: Periodo de recolección de la uva. Las uvas producidas durante ese periodo.

11. Referencias

1. Araya-Farias, M., Mondor, M., Lamarche, F., Tajchakavit, S., Makhoul, J. Clarification of apple juice by electroflotation, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2008, 9, 320-327.
2. Blouin, J., Peynaud, E. *Connaissance et travail du vin*, Editions La vigne, 3^e édition, 2001.
3. Desseigne, J.M. Flottation et remontage par diffusion de gaz: deux exemples d'applications technologique des gaz en œnologie. *Revue Française d'Oenologie*, N° 186, janvier-février 2001.
4. Desseigne, J.M., Caboule, D. Conséquences de quelques techniques sur le traitement des moûts. *Génie Œnologique et matériel*. En Flanzly, C. *Œnologie: Fondements Scientifiques et Technologiques, Sciences et Techniques Agroalimentaires*. Lavoisier, 1998.
5. Fanet, J. *Les Terroirs du Vin*, Nouvelle édition, Edition Hachette Pratique, 2008.
6. Flanzly, C. *Œnologie: Fondements Scientifiques et Technologiques, Sciences et Techniques Agroalimentaires*. Lavoisier, 1998.
7. Gilles, M. Le débourage, une clef de la réussite, Centre de Recherche et d'Expérimentation sur le vin rosé, 3^{ème} Soirée du Rosé.
8. Hidalgo Togados, J. *Tratado de Enología*, Madrid, Editorial Mundi-Prensa, 2003.
9. Lichine, A. *Encyclopédie des vins & des alcools*, Bouquins "Robert Laffont", 1980.
10. Lozano, J.E., Separation and Clarification, *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, Editorial Elsevier, London, 2003, 5187-5196.
11. Malnic, E., *Bien Connaître et Déguster le Vin*, Editions Solar, Paris, 2004.
12. Marchal, R., Lallement, A., Jeandet, P., Gérard E. Clarification of Muscat must using wheat proteins and the flotation technique, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51, 2040-2048.
13. Molina Úbeda, R. *Teoría de la clarificación de mostos, vinos y sus aplicaciones practicas*, 1^a Edición, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 2000.
14. Navarre, J. P. *Manuel d'œnologie*, Collection d'enseignement agricole, Editions J.B. Bailliére, 2e édition, 1975.

15. Osborne, J.P., Edwards, C.G., Inhibition of malolactic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* during the alcoholic fermentation under low and high nitrogen conditions: a study in synthetic media, Australian Journal of Grape and wine Research, April 2006, 12, 69-78.
16. Pardo, I. Metabolismo de sustratos del mosto y vinos por bacterias lácticas y sus implicaciones en la calidad del vino, ENOLAB: Laboratorio de Microbiología Enológica, ACE Revista de Enología, Agosto, Revistas en línea, 2003.
17. Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourbieu, D. Traité d'œnologie 2. Chimie du vin Stabilisation et traitements, Edit Dunod, 1998.
18. Ribéreau-Gayon, P., Dubourbieu, D., Donèche, B., Londaud, A. Traité d'œnologie 1. Microbiologie du vin Vinifications, Edit Dunod, 1998.
19. Saharaoui, A. Étude de la flottation par détente de liquide saturé sous pression. Application à la clarification des moûts, Thèse, Institut National Polytechnique de Toulouse, 1991.
20. Santamaría, P., López, R., Gutiérrez, A. R. Epifanio S., Fermentación alcohólica de vinos blancos y rosados, Ed. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural: Gobierno de la Rioja, 1998.
21. Taillandier, P., Bonnet, J., Le vin : composition et transformations chimiques, Ed. Paris, 2005.
22. Usseglio-Tomasset, L. Chimie œnologique, 2^e édition.
23. Yianatos, J. B., Fluid flow and kinetic modelling in flotation related processes, Chemical Engineering Research and Design, 2007, 87(A12), 1591-1603.

Sitios de internet consultados

**Institut Français de la vigne et du vin (IFV) (marzo a mayo 2010).

Manuel et conseils d'utilisation du flottateur Eflot-20 (www.aeb-group.com) (marzo a mayo 2010).

Matevi-france.com (marzo a mayo 2010).

Viticulture-Oenologie-formation.fr (marzo a mayo 2010).